



(10) **DE 10 2016 206 922 A1 2016.11.10**

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2016 206 922.5**

(51) Int Cl.: **G06F 3/044 (2006.01)**

(22) Anmeldetag: **25.04.2016**

(43) Offenlegungstag: **10.11.2016**

(30) Unionspriorität:

2015-095796	08.05.2015	JP
2015-095745	08.05.2015	JP

(74) Vertreter:

Grünecker Patent- und Rechtsanwälte PartG
mbB, 80802 München, DE

(71) Anmelder:

SEMICONDUCTOR ENERGY LABORATORY CO.,
LTD., Atsugi-shi, Kanagawa-ken, JP

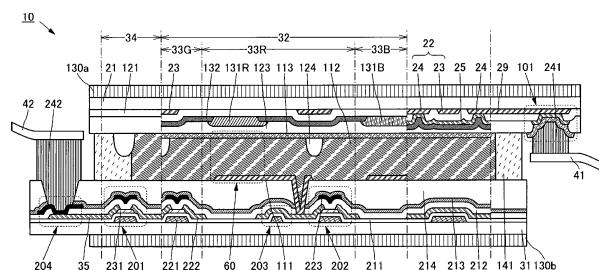
(72) Erfinder:

Shishido, Hideaki, Atsugi-shi, Kanagawa-ken, JP;
Hirakata, Yoshiharu, Atsugi-shi, Kanagawa-ken,
JP; Kubota, Daisuke, Atsugi-shi, Kanagawa-ken,
JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Touchscreen**

(57) Zusammenfassung: Es wird ein dünner Touchscreen, ein Touchscreen mit hoher Sichtbarkeit, ein leichter Touchscreen oder ein Touchscreen mit niedrigem Stromverbrauch bereitgestellt. Ein Paar von leitfähigen Schichten ist in einem kapazitiven Berührungssensor enthalten. Die zwei leitfähigen Schichten weisen eine Netzform auf, die eine Vielzahl von Öffnungen umfasst. Des Weiteren sind die leitfähigen Schichten derart bereitgestellt, dass sie sich in einer Draufsicht mit einem Bereich zwischen zwei Anzeigeelementen überlappen. Des Weiteren sind die leitfähigen Schichten, die in dem Berührungssensor enthalten sind, zwischen zwei Substraten bereitgestellt, die in dem Touchscreen enthalten sind, und eine leitfähige Schicht, die in der Lage ist, ein konstantes Potential zuzuführen, ist zwischen einer Schaltung, die ein Anzeigeelement betreibt, und dem Paar von leitfähigen Schichten bereitgestellt.



Beschreibung

Hintergrund der Erfindung

1. Gebiet der Erfindung

[0001] Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung betrifft eine Eingabevorrichtung. Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung betrifft eine Anzeigevorrichtung. Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung betrifft eine Eingabe-/Ausgabevorrichtung. Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung betrifft einen Touchscreen.

[0002] Es sei angemerkt, dass eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung nicht auf das vorstehende technische Gebiet beschränkt ist. Eine Ausführungsform der Erfindung, die in dieser Beschreibung und dergleichen offenbart wird, betrifft einen Gegenstand, ein Verfahren oder ein Herstellungsverfahren. Beispiele für das technische Gebiet einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, die in dieser Beschreibung offenbart wird, umfassen eine Halbleitervorrichtung, eine Anzeigevorrichtung, eine Licht emittierende Vorrichtung, eine Energiespeicher Vorrichtung, eine Speichervorrichtung, ein elektronisches Gerät, eine Beleuchtungsvorrichtung, eine Eingabevorrichtung, eine Eingabe-/Ausgabevorrichtung, ein Betriebsverfahren dafür und ein Herstellungsverfahren dafür.

[0003] In dieser Beschreibung und dergleichen bezeichnet eine Halbleitervorrichtung im Allgemeinen eine Vorrichtung, die durch Anwenden von Halbleitereigenschaften arbeiten kann. Bei einem Halbleiterelement, wie z. B. einem Transistor, einer Halbleiterschaltung, einer arithmetischen Vorrichtung und einer Speichervorrichtung, handelt es sich jeweils um eine Ausführungsform einer Halbleitervorrichtung. Eine Abbildungsvorrichtung, eine Anzeigevorrichtung, eine Flüssigkristallanzeigevorrichtung, eine Licht emittierende Vorrichtung, eine Eingabevorrichtung, eine Eingabe-/Ausgabevorrichtung, eine elektro-optische Vorrichtung, eine Energieerzeugungsvorrichtung (einschließlich einer Dünnschichtsolarzelle, einer organischen Dünnschichtsolarzelle und dergleichen) und ein elektronisches Gerät können jeweils eine Halbleitervorrichtung umfassen.

2. Beschreibung des Standes der Technik

[0004] In den letzten Jahren kam eine Anzeigevorrichtung, die mit einem Berührungssensor als Positionseingabevorrichtung bereitgestellt ist, in der Praxis zur Anwendung. Eine Anzeigevorrichtung, die mit einem Berührungssensor bereitgestellt ist, wird als Touchscreen, Berührungs Bildschirm oder dergleichen bezeichnet (im Folgenden einfach nur als Touchscreen bezeichnet). Beispielsweise sind ein Smartphone und ein Tablet-Computer Beispiele für

ein tragbares Informationsendgerät, das mit einem Touchscreen bereitgestellt ist.

[0005] Bei einer der Anzeigevorrichtungen handelt es sich um eine Flüssigkristallanzeigevorrichtung, die mit einem Flüssigkristallelement bereitgestellt ist. Beispielsweise hat eine Flüssigkristall-Aktivmatrixanzeigevorrichtung, bei der Pixel-Elektroden in einer Matrix angeordnet sind und Transistoren als Schaltelemente verwendet werden, die mit den entsprechenden Pixel-Elektroden verbunden sind, Aufmerksamkeit auf sich gezogen.

[0006] Beispielsweise ist bereits eine Flüssigkristall-Aktivmatrixanzeigevorrichtung bekannt, die Transistoren, bei denen ein Metalloxid für einen Kanalbildungsbereich verwendet wird, als Schaltelemente umfasst, die mit entsprechenden Pixel-Elektroden verbunden sind (Patentdokumente 1 und 2).

[0007] Es ist bekannt, dass eine Flüssigkristall-Aktivmatrixanzeigevorrichtung in zwei Haupttypen unterteilt wird: einen transmissiven Typ und einen reflektiven Typ.

[0008] Bei einer transmissiven Flüssigkristallanzeigevorrichtung wird eine Hintergrundbeleuchtung, wie z. B. eine Kaltkathoden-Leuchtstofflampe, verwendet, und ein Zustand, in dem Licht von der Hintergrundbeleuchtung durch einen Flüssigkristall geleitet und zur Außenseite der Flüssigkristallanzeigevorrichtung ausgegeben wird, oder ein Zustand, in dem Licht nicht ausgegeben wird, wird unter Verwendung einer optischen Modulationsaktion des Flüssigkristalls ausgewählt, wodurch helle und dunkle Bilder angezeigt werden. Des Weiteren werden diese Anzeigen kombiniert, um ein Bild anzuzeigen.

[0009] Bei einer reflektiven Flüssigkristallanzeigevorrichtung wird ein Zustand, in dem Außenlicht, d. h. einfallendes Licht, an einer Pixel-Elektrode reflektiert und zur Außenseite der Vorrichtung ausgegeben wird, oder ein Zustand, in dem einfallendes Licht nicht zur Außenseite der Vorrichtung ausgegeben wird, unter Verwendung einer optischen Modulationsaktion des Flüssigkristalls ausgewählt, wodurch helle und dunkle Bilder angezeigt werden. Des Weiteren werden diese Anzeigen kombiniert, um ein Bild anzuzeigen. Im Vergleich zu der transmissiven Flüssigkristallanzeigevorrichtung ist die reflektive Flüssigkristallanzeigevorrichtung insofern vorteilhaft, dass ihr Stromverbrauch gering ist, da die Hintergrundbeleuchtung nicht verwendet wird.

[Referenz]

[Patentdokument]

[0010]

[Patentdokument 1] Japanische Patentoffenlegungsschrift Nr. 2007-123861
 [Patentdokument 2] Japanische Patentoffenlegungsschrift Nr. 2007-096055

Zusammenfassung der Erfindung

[0011] Ein Touchscreen ist wünschenswert, bei dem ein Anzeigefeld mit einer Funktion bereitgestellt ist, Daten mit einem Finger, einem Stift oder dergleichen einzugeben, die als Benutzerschnittstelle einen Bildschirm berühren.

[0012] Des Weiteren wird gefordert, dass die Dicke und das Gewicht eines elektronischen Geräts, bei dem ein Touchscreen verwendet wird, verringert werden. Deshalb ist es erforderlich, dass die Dicke und das Gewicht eines Touchscreens an sich verringert werden.

[0013] Bei einem Touchscreen kann beispielsweise ein Berührungssensor auf der Seite des Betrachters (der Anzeigeoberflächenseite) eines Anzeigefeldes bereitgestellt sein.

[0014] Bei einem Touchscreen, bei dem ein kapazitiver Berührungssensor derart bereitgestellt ist, dass er sich mit der Anzeigeoberflächenseite eines Anzeigefeldes überlappt, ist die Wahrscheinlichkeit groß, dass der Berührungssensor durch Rauschen beeinflusst wird, das beim Betrieb des Anzeigefeldes durch den Berührungssensor verursacht wird, wenn der Abstand zwischen einem Pixel oder einer Leitung des Anzeigefeldes und einer Elektrode oder einer Leitung des Berührungssensors verringert wird. Dies führt in einigen Fällen zu einer Verringerung der Erfassungsempfindlichkeit des Touchscreens.

[0015] Eine Aufgabe einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, einen dünnen Touchscreen bereitzustellen. Eine weitere Aufgabe ist, einen Touchscreen mit hoher Sichtbarkeit bereitzustellen. Eine weitere Aufgabe ist, einen leichten Touchscreen bereitzustellen. Eine weitere Aufgabe ist, einen Touchscreen mit niedrigem Stromverbrauch bereitzustellen.

[0016] Eine weitere Aufgabe ist, eine neuartige Eingabevorrichtung bereitzustellen. Eine weitere Aufgabe ist, eine neuartige Eingabe-/Ausgabevorrichtung bereitzustellen.

[0017] Es sei angemerkt, dass die Beschreibungen dieser Aufgaben das Vorhandensein weiterer Aufgaben nicht beeinträchtigen. Bei einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist es unnötig, sämtliche Aufgaben zu erfüllen. Weitere Aufgaben können aus der Erläuterung der Beschreibung, der Zeichnungen, der Patentansprüche und dergleichen abgeleitet werden.

[0018] Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist ein Touchscreen, der ein erstes Substrat, eine erste leitfähige Schicht, eine zweite leitfähige Schicht, eine dritte leitfähige Schicht, eine vierte leitfähige Schicht und eine Flüssigkristallschicht umfasst. Die dritte leitfähige Schicht befindet sich über dem ersten Substrat. Die vierte leitfähige Schicht befindet sich entfernt von der dritten leitfähigen Schicht auf der gleichen Ebene. Die Flüssigkristallschicht ist über der dritten leitfähigen Schicht positioniert. Die zweite leitfähige Schicht ist über der Flüssigkristallschicht positioniert. Die erste leitfähige Schicht ist über der zweiten leitfähigen Schicht positioniert. Die erste leitfähige Schicht weist eine Netzform auf, die eine Vielzahl von Öffnungen aufweist. Die zweite leitfähige Schicht weist eine Funktion zum Durchlassen von sichtbarem Licht auf und umfasst einen Abschnitt, der sich mit der dritten leitfähigen Schicht überlappt, und einen Abschnitt, der sich mit der vierten leitfähigen Schicht überlappt. Die dritte leitfähige Schicht und die vierte leitfähige Schicht weisen jeweils eine Funktion zum Durchlassen von sichtbarem Licht auf. Die dritte leitfähige Schicht umfasst einen Bereich, der sich mit einer der Öffnungen überlappt. Die vierte leitfähige Schicht umfasst einen Bereich, der sich mit einer anderen der Öffnungen überlappt. Ein Teil der ersten leitfähigen Schicht befindet sich in einer Draufsicht zwischen der dritten leitfähigen Schicht und der vierten leitfähigen Schicht.

[0019] Bei dem Vorstehenden dient die zweite leitfähige Schicht vorzugsweise als gemeinsame Elektrode, und die dritte leitfähige Schicht und die vierte leitfähige Schicht dienen vorzugsweise jeweils als Pixel-Elektrode.

[0020] Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist ein Touchscreen, der ein erstes Substrat, eine erste leitfähige Schicht, eine zweite leitfähige Schicht, eine dritte leitfähige Schicht, eine vierte leitfähige Schicht, eine fünfte leitfähige Schicht und eine Flüssigkristallschicht umfasst. Die fünfte leitfähige Schicht befindet sich über dem ersten Substrat. Die fünfte leitfähige Schicht umfasst einen Bereich, der sich mit der dritten leitfähigen Schicht überlappt, und einen Bereich der sich mit der vierten leitfähigen Schicht überlappt. Die vierte leitfähige Schicht befindet sich entfernt von der dritten leitfähigen Schicht auf der gleichen Ebene. Die Flüssigkristallschicht ist über der dritten leitfähigen Schicht und der fünften leitfähigen Schicht positioniert. Die zweite leitfähige Schicht ist über der Flüssigkristallschicht positioniert. Die erste leitfähige Schicht ist über der zweiten leitfähigen Schicht positioniert. Die erste leitfähige Schicht weist eine Netzform auf, die eine Vielzahl von Öffnungen umfasst. Die zweite leitfähige Schicht weist eine Funktion zum Durchlassen von sichtbarem Licht auf und umfasst einen Abschnitt, der sich mit der dritten leitfähigen Schicht überlappt, und einen Abschnitt, der sich mit der vierten leitfähigen Schicht überlappt.

higen Schicht überlappt. Die dritte leitfähige Schicht umfasst einen Abschnitt, der sich mit einer der Öffnungen überlappt. Die vierte leitfähige Schicht umfasst einen Abschnitt, der sich mit einer anderen der Öffnungen überlappt. Die dritte leitfähige Schicht und die vierte leitfähige Schicht oder die fünfte leitfähige Schicht weisen/weist eine Funktion zum Durchlassen von sichtbarem Licht auf. Mindestens ein Teil der ersten leitfähigen Schicht befindet sich in einer Draufsicht zwischen der dritten leitfähigen Schicht und der vierten leitfähigen Schicht. Die dritte leitfähige Schicht oder die fünfte leitfähige Schicht weist eine kammartige Form auf oder umfasst einen Schlitz. Die eine der Öffnungen, die dritte leitfähige Schicht und die fünfte leitfähige Schicht überlappen einander in einem Bereich. In einem Bereich überlappt sich die eine der Öffnungen mit der dritten leitfähigen Schicht oder der fünften leitfähigen Schicht, jedoch nicht mit der anderen davon.

[0021] Bei dem Vorstehenden dienen die dritte leitfähige Schicht und die vierte leitfähige Schicht vorzugsweise jeweils als Pixel-Elektrode, und die fünfte leitfähige Schicht dient als gemeinsame Elektrode.

[0022] Bei dem Vorstehenden befindet sich die fünfte leitfähige Schicht vorzugsweise unter der dritten leitfähigen Schicht und der vierten leitfähigen Schicht.

[0023] Bei dem Vorstehenden ist die zweite leitfähige Schicht vorzugsweise elektrisch mit einem Anschluss verbunden, dem ein konstantes Potential zugeführt wird.

[0024] Bei dem Vorstehenden ist ein zweites Substrat vorzugsweise über der ersten leitfähigen Schicht bereitgestellt, und die erste leitfähige Schicht und die zweite leitfähige Schicht werden über dem zweiten Substrat ausgebildet.

[0025] Bei dem Vorstehenden ist eine lichtundurchlässige Schicht vorzugsweise über der ersten leitfähigen Schicht bereitgestellt, und ein Abschnitt, in dem die lichtundurchlässige Schicht und die erste leitfähige Schicht einander überlappen, ist bereitgestellt.

[0026] Bei dem Vorstehenden ist eine zirkular polarisierende Platte vorzugsweise über der ersten leitfähigen Schicht bereitgestellt.

[0027] Bei dem Vorstehenden sind eine erste Farbschicht und eine zweite Farbschicht vorzugsweise über der dritten leitfähigen Schicht positioniert, umfasst die erste Farbschicht einen Bereich, der sich mit der einen der Öffnungen überlappt, und umfasst die zweite Farbschicht einen Bereich, der sich mit der anderen der Öffnungen überlappt. In diesem Fall umfasst die erste leitfähige Schicht vorzugsweise einen Abschnitt, der sich mit mindestens einer der ersten Farbschicht und der zweiten Farbschicht überlappt.

[0028] Bei dem Vorstehenden ist ein Abstandhalter vorzugsweise über der dritten leitfähigen Schicht und unter der zweiten leitfähigen Schicht bereitgestellt, und er umfasst einen Abschnitt, der sich mit der ersten leitfähigen Schicht überlappt.

[0029] Bei dem Vorstehenden befindet sich ein Transistor vorzugsweise zwischen der Flüssigkristallschicht und dem ersten Substrat, ist eine Source oder ein Drain des Transistors elektrisch mit der dritten leitfähigen Schicht verbunden und umfasst der Transistor eine Halbleiterschicht, die einen Oxidhalbleiter enthält. Vorzugsweise umfasst der Transistor eine erste Gate-Elektrode und eine zweite Gate-Elektrode, ist die erste Gate-Elektrode unter der Halbleiterschicht positioniert, ist die zweite Gate-Elektrode über der Halbleiterschicht positioniert und überlappen die zweite Gate-Elektrode, die Halbleiterschicht und die dritte leitfähige Schicht einander in einem Bereich. Außerdem enthalten die zweite Gate-Elektrode und die Halbleiterschicht vorzugsweise das gleiche Metallelement.

[0030] Alternativ befindet sich ein Transistor bei dem Vorstehenden vorzugsweise zwischen der Flüssigkristallschicht und dem ersten Substrat, ist eine Source oder ein Drain des Transistors elektrisch mit der dritten leitfähigen Schicht verbunden und umfasst der Transistor eine Halbleiterschicht, die amorphes Silizium, polykristallines Silizium oder einkristallines Silizium enthält. In diesem Fall umfasst der Transistor vorzugsweise eine erste Gate-Elektrode und eine zweite Gate-Elektrode, ist die erste Gate-Elektrode unter der Halbleiterschicht positioniert, ist die zweite Gate-Elektrode über der Halbleiterschicht positioniert und überlappen die zweite Gate-Elektrode, die Halbleiterschicht und die dritte leitfähige Schicht einander in einem Bereich.

[0031] Nach einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann ein dünner Touchscreen bereitgestellt werden. Alternativ kann ein Touchscreen mit hoher Sichtbarkeit bereitgestellt werden. Alternativ kann ein leichter Touchscreen bereitgestellt werden. Alternativ kann ein Touchscreen mit niedrigem Stromverbrauch bereitgestellt werden.

[0032] Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung muss nicht notwendigerweise alle vorstehend aufgeführten Effekte erzielen. Weitere Effekte werden aus der Erläuterung der Beschreibung, der Zeichnungen, der Patentansprüche und dergleichen ersichtlich und können davon abgeleitet werden.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0033] **Fig. 1A** und **Fig. 1B** zeigen ein Strukturbeispiel eines Touchscreen-Moduls einer Ausführungsform.

[0034] **Fig. 2** zeigt ein Strukturbispiel eines Touchscreen-Moduls einer Ausführungsform.

[0035] **Fig. 3** zeigt ein Strukturbispiel eines Touchscreen-Moduls einer Ausführungsform.

[0036] **Fig. 4** zeigt ein Strukturbispiel eines Touchscreen-Moduls einer Ausführungsform.

[0037] **Fig. 5** zeigt ein Strukturbispiel eines Touchscreen-Moduls einer Ausführungsform.

[0038] **Fig. 6** zeigt ein Strukturbispiel eines Touchscreen-Moduls einer Ausführungsform.

[0039] **Fig. 7** zeigt ein Strukturbispiel eines Touchscreen-Moduls einer Ausführungsform.

[0040] **Fig. 8** zeigt ein Strukturbispiel eines Touchscreen-Moduls einer Ausführungsform.

[0041] **Fig. 9** zeigt ein Strukturbispiel eines Touchscreen-Moduls einer Ausführungsform.

[0042] **Fig. 10** zeigt ein Strukturbispiel eines Touchscreen-Moduls einer Ausführungsform.

[0043] **Fig. 11** zeigt ein Strukturbispiel eines Touchscreen-Moduls einer Ausführungsform.

[0044] **Fig. 12** zeigt ein Strukturbispiel eines Touchscreen-Moduls einer Ausführungsform.

[0045] **Fig. 13** zeigt ein Strukturbispiel eines Touchscreen-Moduls einer Ausführungsform.

[0046] **Fig. 14** zeigt ein Strukturbispiel eines Touchscreen-Moduls einer Ausführungsform.

[0047] **Fig. 15** zeigt ein Strukturbispiel eines Touchscreen-Moduls einer Ausführungsform.

[0048] **Fig. 16** zeigt ein Strukturbispiel eines Touchscreen-Moduls einer Ausführungsform.

[0049] **Fig. 17** zeigt ein Strukturbispiel eines Touchscreen-Moduls einer Ausführungsform.

[0050] **Fig. 18** zeigt ein Strukturbispiel eines Touchscreen-Moduls einer Ausführungsform.

[0051] **Fig. 19** zeigt ein Strukturbispiel eines Touchscreen-Moduls einer Ausführungsform.

[0052] **Fig. 20** zeigt ein Strukturbispiel eines Touchscreen-Moduls einer Ausführungsform.

[0053] **Fig. 21** zeigt ein Strukturbispiel eines Touchscreen-Moduls einer Ausführungsform.

[0054] **Fig. 22** zeigt ein Strukturbispiel eines Touchscreen-Moduls einer Ausführungsform.

[0055] **Fig. 23** zeigt ein Strukturbispiel eines Touchscreen-Moduls einer Ausführungsform.

[0056] **Fig. 24** zeigt ein Strukturbispiel eines Touchscreen-Moduls einer Ausführungsform.

[0057] **Fig. 25A** bis **Fig. 25C** zeigen Strukturbispiele eines Berührungssensors einer Ausführungsform.

[0058] **Fig. 26A** bis **Fig. 26C** zeigen Strukturbispiele eines Berührungssensors einer Ausführungsform.

[0059] **Fig. 27A** und **Fig. 27B** zeigen ein Strukturbispiel eines Berührungssensors einer Ausführungsform.

[0060] **Fig. 28A** bis **Fig. 28G** zeigen Strukturbispiele eines Touchscreens einer Ausführungsform.

[0061] **Fig. 29A** bis **Fig. 29G** zeigen Strukturbispiele eines Touchscreens einer Ausführungsform.

[0062] **Fig. 30A** und **Fig. 30B** sind ein Schaltplan und ein Ablaufplan eines Berührungssensors einer Ausführungsform.

[0063] **Fig. 31A** und **Fig. 31B** stellen Pixel dar, die mit einem Berührungssensor einer Ausführungsform bereitgestellt sind.

[0064] **Fig. 32A** und **Fig. 32B** stellen die Funktionsweisen von einem Berührungssensor und von Pixeln einer Ausführungsform dar.

[0065] **Fig. 33A1**, **Fig. 33A2**, **Fig. 33B1**, **Fig. 33B2**, **Fig. 33C1** und **Fig. 33C2** sind Querschnittsansichten, die jeweils eine Ausführungsform eines Transistors darstellen.

[0066] **Fig. 34A1**, **Fig. 34A2**, **Fig. 34A3**, **Fig. 34B1** und **Fig. 34B2** sind Querschnittsansichten, die jeweils eine Ausführungsform eines Transistors darstellen.

[0067] **Fig. 35A1**, **Fig. 35A2**, **Fig. 35A3**, **Fig. 35B1**, **Fig. 35B2**, **Fig. 35C1** und **Fig. 35C2** sind Querschnittsansichten, die jeweils eine Ausführungsform eines Transistors darstellen.

[0068] **Fig. 36A** bis **Fig. 36C** sind eine Draufsicht und Querschnittsansichten, die eine Ausführungsform eines Transistors darstellen.

[0069] **Fig. 37A** bis **Fig. 37C** sind eine Draufsicht und Querschnittsansichten, die eine Ausführungsform eines Transistors darstellen.

[0070] **Fig. 38A** bis **Fig. 38C** sind eine Draufsicht und Querschnittsansichten, die eine Ausführungsform eines Transistors darstellen.

[0071] **Fig. 39A** bis **Fig. 39C** sind eine Draufsicht und Querschnittsansichten, die eine Ausführungsform eines Transistors darstellen.

[0072] **Fig. 40A** bis **Fig. 40C** sind eine Draufsicht und Querschnittsansichten, die eine Ausführungsform eines Transistors darstellen.

[0073] **Fig. 41A** und **Fig. 41B** zeigen eine Energiebandstruktur.

[0074] **Fig. 42A** bis **Fig. 42C** sind eine Draufsicht und Querschnittsansichten, die eine Ausführungsform eines Transistors darstellen.

[0075] **Fig. 43A** bis **Fig. 43C** sind eine Draufsicht und Querschnittsansichten, die eine Ausführungsform eines Transistors darstellen.

[0076] **Fig. 44A** bis **Fig. 44C** sind eine Draufsicht und Querschnittsansichten, die eine Ausführungsform eines Transistors darstellen.

[0077] **Fig. 45A** bis **Fig. 45C** sind eine Draufsicht und Querschnittsansichten, die eine Ausführungsform eines Transistors darstellen.

[0078] **Fig. 46A** bis **Fig. 46C** sind eine Draufsicht und Querschnittsansichten, die eine Ausführungsform eines Transistors darstellen.

[0079] **Fig. 47A** und **Fig. 47B** sind Querschnittsansichten, die jeweils eine Ausführungsform eines Transistors darstellen.

[0080] **Fig. 48A** bis **Fig. 48C** sind eine Draufsicht und Querschnittsansichten, die eine Ausführungsform eines Transistors darstellen.

[0081] **Fig. 49A** bis **Fig. 49C** sind eine Draufsicht und Querschnittsansichten, die eine Ausführungsform eines Transistors darstellen.

[0082] **Fig. 50** ist ein Blockdiagramm eines Touchscreen-Moduls einer Ausführungsform.

[0083] **Fig. 51A** bis **Fig. 51C** stellen Strukturbeispiele eines Touchscreen-Moduls einer Ausführungsform dar.

[0084] **Fig. 52** stellt ein Anzeigemodul einer Ausführungsform dar.

[0085] **Fig. 53A** bis **Fig. 53H** stellen jeweils ein elektronisches Gerät einer Ausführungsform dar.

[0086] **Fig. 54A** und **Fig. 54B** stellen jeweils ein elektronisches Gerät einer Ausführungsform dar.

Detaillierte Beschreibung der Erfindung

[0087] Ausführungsformen werden anhand von Zeichnungen detailliert beschrieben. Es sei angemerkt, dass die vorliegende Erfindung nicht auf die nachfolgende Beschreibung beschränkt ist, und es erschließt sich einem Fachmann ohne Weiteres, dass verschiedene Änderungen und Modifikationen vorgenommen werden können, ohne dabei von dem Erfindungsgedanken und Schutzbereich der vorliegenden Erfindung abzuweichen. Dementsprechend sollte die vorliegende Erfindung nicht als auf den Inhalt der folgenden Ausführungsformen beschränkt angesehen werden.

[0088] Es sei angemerkt, dass bei den Strukturen der im Folgenden beschriebenen Erfindung gleiche Abschnitte oder Abschnitte mit ähnlichen Funktionen in unterschiedlichen Zeichnungen mit den gleichen Bezugszeichen versehen sind und dass die Beschreibung derartiger Abschnitte nicht wiederholt wird. Des Weiteren wird das gleiche Schraffurmuster bei Abschnitten mit ähnlichen Funktionen verwendet, und in einigen Fällen sind die Abschnitte nicht eigens mit Bezugszeichen versehen.

[0089] Es sei angemerkt, dass in jeder Zeichnung, die in dieser Beschreibung beschrieben wird, die Größe, die Schichtdicke oder der Bereich jeder Komponente in einigen Fällen zum besseren Verständnis übertrieben dargestellt wird. Deshalb sind Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung nicht auf ein derartiges Größenverhältnis beschränkt.

[0090] Es sei angemerkt, dass in dieser Beschreibung und dergleichen Ordnungszahlen, wie z. B. „erstes“, „zweites“ und dergleichen, verwendet werden, um eine Verwechslung zwischen Komponenten zu vermeiden, und sie schränken die Anzahl nicht ein.

[0091] Es sei angemerkt, dass die Begriffe „Film“ und „Schicht“ in einigen Fällen untereinander ausgetauscht werden können. Beispielsweise kann in einigen Fällen der Begriff „leitfähiger Film“ anstelle des Begriffs „leitfähige Schicht“ verwendet werden, und der Begriff „Isolierschicht“ kann anstelle des Begriffs „Isolierfilm“ verwendet werden.

(Ausführungsform 1)

[0092] Bei dieser Ausführungsform werden ein Strukturbeispiel einer Eingabevorrichtung (eines Berührungssensors) einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, ein Strukturbeispiel einer Eingabe-/Ausgabevorrichtung (eines Touchscreens), die die Eingabevorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst, und eine Anzeige-

vorrichtung (ein Anzeigefeld) anhand der Zeichnungen beschrieben.

[0093] Bei der nachfolgenden Beschreibung wird ein kapazitiver Berührungssensor als Berührungssensor einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet.

[0094] Es sei angemerkt, dass in dieser Beschreibung und dergleichen ein Touchscreen eine Funktion zum Anzeigen oder Ausgeben eines Bildes oder dergleichen auf einer oder an eine Anzeigeoberfläche sowie eine Funktion eines Berührungssensors aufweist, der in der Lage ist, einen Kontakt oder die Nähe eines Objektes, wie z. B. eines Fingers oder eines Stiftes, an der oder zu der Anzeigeoberfläche zu erfassen. Der Touchscreen ist demzufolge eine Ausführungsform einer Eingabe-/Ausgabevorrichtung.

[0095] In dieser Beschreibung und dergleichen wird in einigen Fällen eine Struktur, bei der ein Verbinder, wie z. B. eine flexible gedruckte Schaltung (flexible printed circuit, FPC) oder ein Tape Carrier Package (TCP), an einem Substrat eines Touchscreens angebracht ist, oder eine Struktur, bei der eine integrierte Schaltung (integrated circuit, IC) durch ein Chip-on-Glass-(COG-)Verfahren direkt auf einem Substrat montiert ist, als Touchscreen-Modul oder einfach nur als Touchscreen bezeichnet.

[0096] Ein kapazitiver Berührungssensor, der für eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet werden kann, umfasst ein Paar von leitfähigen Schichten. Kapazitive Kopplung wird zwischen den leitfähigen Schichten erzeugt. Die Kapazität des Paares von leitfähigen Schichten ändert sich, wenn ein Objekt das Paar von leitfähigen Schichten berührt oder sich diesem nähert. Unter Ausnutzung dieses Effekts kann eine Erfassung durchgeführt werden.

[0097] Beispiele für den kapazitiven Berührungssensor sind ein oberflächenkapazitiver Berührungssensor und ein projiziert-kapazitiver Berührungssensor. Beispiele für einen projiziert-kapazitiven Berührungssensor sind ein eigenkapazitiver (self-capacitive) Berührungssensor und ein gegenseitig kapazitiver (mutual capacitive) Berührungssensor, die sich hauptsächlich im Betriebsverfahren voneinander unterscheiden. Die Verwendung eines gegenseitig kapazitiven Berührungssensors wird bevorzugt, da mehrere Punkte simultan erfasst werden können.

[0098] Ein Paar von leitfähigen Schichten ist in dem Berührungssensor enthalten. Vorzugsweise weisen die leitfähigen Schichten, die in dem Berührungssensor enthalten sind, jeweils eine Öffnung auf. Es wird stärker bevorzugt, dass die leitfähigen Schichten eine Netzform aufweisen, die eine Vielzahl von Öffnungen aufweist. Vorzugsweise überlappen die Öffnung und ein Anzeigeelement einander. Eine derarti-

ge Struktur ermöglicht, dass Licht, das von dem Anzeigeelement emittiert wird, durch die Öffnung nach außen extrahiert wird; deshalb weisen die leitfähigen Schichten, die in dem Berührungssensor enthalten sind, nicht notwendigerweise eine Lichtdurchlässigkeitseigenschaft auf. Das heißt: Ein Material, wie z. B. ein Metall oder eine Legierung, das einen niedrigeren Widerstand aufweist als ein lichtdurchlässiges leitfähiges Material, kann als Material für das Paar von leitfähigen Schichten, das in dem Berührungssensor enthalten ist, verwendet werden. Dies verringert den Einfluss der Verzögerung eines Erfassungssignals oder dergleichen und erhöht die Erfassungsempfindlichkeit des Touchscreens. Des Weiteren kann eine derartige Struktur bei großen Anzeigevorrichtungen, wie z. B. Fernsehern, sowie bei tragbaren Geräten Anwendung finden.

[0099] Des Weiteren sind die leitfähigen Schichten, die in dem Berührungssensor enthalten sind, vorzugsweise derart bereitgestellt, dass sie sich in einer Draufsicht mit einem Bereich zwischen zwei Anzeigeelementen überlappen. In diesem Fall wird ein Material, das sichtbares Licht blockiert, stärker bevorzugt für die leitfähigen Schichten verwendet. Eine derartige Struktur ermöglicht, dass das Paar von leitfähigen Schichten als lichtundurchlässige Schicht zur Verhinderung von Farbmischung zwischen benachbarten Pixeln dient. Somit ist es unnötig, eine Schwarzmatrix oder dergleichen als lichtundurchlässige Schicht bereitzustellen, und der Herstellungsprozess kann vereinfacht werden, was zu einer hohen Ausbeute, niedrigen Herstellungskosten und dergleichen führt. Des Weiteren kann durch Anwenden eines derartigen Berührungssensors ein Touchscreen mit hoher Sichtbarkeit erhalten werden.

[0100] Vorzugsweise wird eine lichtundurchlässige Schicht oder eine zirkular polarisierende Platte näher an der Anzeigeoberflächenseite bereitgestellt als das Paar von leitfähigen Schichten, das in dem Berührungssensor enthalten ist. Dies kann eine durch die leitfähigen Schichten verursachte Reflektion von Außenlicht verringern oder verhindern, und die leitfähigen Schichten werden mit geringerer Wahrscheinlichkeit von einem Nutzer wahrgenommen.

[0101] Des Weiteren sind die leitfähigen Schichten, die in dem Berührungssensor enthalten sind, in einem Bereich bereitgestellt, der sich von einem Strahlengang des Lichts von dem Anzeigeelement unterscheidet; demzufolge wird prinzipiell kein Moiré erzeugt. Hier bezeichnet Moiré Interferenzstreifen, die in dem Fall erzeugt werden, in dem zwei oder mehr rechteckige Muster einander überlappen. Daher kann ein Touchscreen, der eine sehr hohe Anzeigqualität aufweist, erhalten werden.

[0102] Als Anzeigeelement in einem Touchscreen einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung

können verschiedenartige Anzeigeelemente, wie z. B. ein Flüssigkristallelement, ein optisches Element, bei dem mikroelektromechanische Systeme (MEMS) zum Einsatz kommen, ein Licht emittierendes Element, wie z. B. ein organisches Elektrolumineszenz-(EL-)Element oder eine Licht emittierende Diode (LED), und ein elektrophoretisches Element, verwendet werden.

[0103] Hier wird eine transmissive Flüssigkristallanzeigevorrichtung, die ein Flüssigkristallelement als Anzeigeelement umfasst, vorzugsweise für den Touchscreen verwendet.

[0104] Des Weiteren ist das Paar von leitfähigen Schichten, das in dem Berührungssensor enthalten ist, vorzugsweise zwischen zwei Substraten, die in dem Touchscreen enthalten sind, bereitgestellt. Insbesondere weist die leitfähige Schicht, die in dem Berührungssensor enthalten ist, vorzugsweise eine Vielzahl von Öffnungen auf. Eine derartige leitfähige Schicht kann eine verringerte Oberflächenfläche aufweisen. Demzufolge wird beispielsweise im Vergleich zu dem Fall, in dem ein lichtdurchlässiger leitfähiger Film ohne Öffnungen als leitfähige Schicht verwendet wird, die in dem Berührungssensor enthalten ist, elektrisches Rauschen beim Betreiben des Anzeigeelements kaum auf die leitfähige Schicht übertragen. Mit anderen Worten: Selbst wenn sowohl ein Anzeigeelement als auch ein leitfähiger Film, der in dem Berührungssensor enthalten ist, zwischen den zwei Substraten bereitgestellt sind, kann eine hohe Erfassungsempfindlichkeit erzielt werden. Daher kann ein dünner Touchscreen, der eine hohe Erfassungsempfindlichkeit aufweist, erhalten werden.

[0105] Des Weiteren wird eine leitfähige Schicht, die in der Lage ist, ein konstantes Potential zuzuführen, stärker bevorzugt zwischen einer Schaltung zum Betreiben eines Anzeigeelements und dem Paar von leitfähigen Schichten, das in dem Berührungssensor enthalten ist, bereitgestellt. Eine derartige leitfähige Schicht kann als Abschirmungsschicht dienen. Insbesondere kann die leitfähige Schicht verhindern, dass Rauschen von der Schaltung zum Betreiben des Anzeigeelements auf den Berührungssensor übertragen wird. Die leitfähige Schicht kann ebenfalls verhindern, dass Rauschen beim Betreiben des Berührungssensors auf das Anzeigeelement, die Schaltung zum Betreiben des Anzeigeelements, eine Leitung, die in der Schaltung enthalten ist, oder dergleichen übertragen wird. Demzufolge können das Anzeigeelement und der Berührungssensor entweder zur gleichen Zeit betrieben werden oder nicht synchron betrieben werden, ohne dabei Vorkehrungen zu treffen, z. B. ohne den Einfluss des Rauschens zu verhindern, indem das Anzeigeelement und der Berührungssensor zu unterschiedlichen Zeitpunkten betrieben werden. Daher können ruckelfreie Bewegtbilder angezeigt werden, indem beispielsweise die Ansteuer-

frequenz (auch als Bildrate bezeichnet) des Anzeigeelements erhöht wird. Des Weiteren kann die Erfassungsgenauigkeit verbessert werden, indem beispielsweise die Ansteuerfrequenz des Berührungssensors erhöht wird. Des Weiteren können die Ansteuerfrequenz des Anzeigeelements und die Ansteuerfrequenz des Berührungssensors jeweils frei gewählt werden. Beispielsweise kann der Stromverbrauch verringert werden, indem eine Periode bereitgestellt wird, während die eine oder beide der Ansteuerfrequenzen je nach Umständen niedrig ist/sind.

[0106] Insbesondere wird vorzugsweise ein Flüssigkristallelement im Modus mit vertikalem elektrischen Feld verwendet, bei dem eine erste leitfähige Schicht als gemeinsame Elektrode oder Pixel-Elektrode eines Flüssigkristallelements dient, während eine zweite leitfähige Schicht als die andere von der gemeinsamen Elektrode und der Pixel-Elektrode dient, wobei die Pixel-Elektrode auf der Seite eines Substrats bereitgestellt ist und die gemeinsame Elektrode auf der Seite des anderen Substrats bereitgestellt ist. Mit anderen Worten: Die gemeinsame Elektrode ist vorzugsweise zwischen dem Paar von leitfähigen Schichten, das in dem Berührungssensor enthalten ist, und einem Transistor oder einer Leitung bereitgestellt, der/die in dem Pixel enthalten ist. Bei einer derartigen Struktur kann die gemeinsame Elektrode als Abschirmungsschicht dienen.

[0107] Im Folgenden wird ein konkreteres Strukturbeispiel einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung anhand der Zeichnungen beschrieben.

[Strukturbeispiel]

[0108] **Fig. 1A** ist eine schematische Perspektivansicht eines Touchscreen-Moduls **10** einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. **Fig. 1B** ist eine schematische Perspektivansicht des Touchscreen-Moduls **10**, bei dem die zwei Substrate getrennt sind. Bei dem Touchscreen-Modul **10** sind ein Substrat **31** und ein Substrat **21** aneinander angebracht. Der Berührungssensor **22** ist auf der Seite des Substrats **21** bereitgestellt.

[0109] Das Substrat **21** ist mit einer FPC **41** bereitgestellt. Des Weiteren ist der Berührungssensor **22** auf einer Oberfläche auf der Seite des Anzeigefeldes des Substrats **21** bereitgestellt. Der Berührungssensor **22** umfasst eine leitfähige Schicht **23**, eine leitfähige Schicht **24**, eine leitfähige Schicht **25** und dergleichen. Der Berührungssensor **22** umfasst ferner eine Leitung **29**, die diese leitfähigen Schichten elektrisch mit der FPC **41** verbindet. Die FPC **41** weist eine Funktion auf, dem Berührungssensor **22** ein Signal von außen zuzuführen. Die FPC **41** weist ferner eine Funktion auf, ein Signal von dem Berührungssensor **22** nach außen auszugeben. Es sei angemerkt, dass

das Substrat ohne die FPC 41 in einigen Fällen einfach als Touchscreen bezeichnet wird.

[0110] Es sei angemerkt, dass das Substrat 21, über dem der Berührungssensor 22 ausgebildet ist, auch eigenständig als Berührungssensorsubstrat oder Berührungssensormodul verwendet werden kann. Beispielsweise kann ein derartiges Substrat an der Anzeigoberflächenseite des Anzeigefeldes angebracht werden, um einen Touchscreen auszubilden.

[0111] Der Berührungssensor 22 umfasst eine Vielzahl von leitfähigen Schichten 23, eine Vielzahl von leitfähigen Schichten 24 und eine Vielzahl von leitfähigen Schichten 25. Jede der leitfähigen Schichten 23 weist eine Form auf, die sich in eine Richtung erstreckt. Die Vielzahl von leitfähigen Schichten 23 ist in einer Richtung angeordnet, die die Erstreckungsrichtung kreuzt. Jede der leitfähigen Schichten 24 ist zwischen zwei benachbarten leitfähigen Schichten 23 positioniert. Jede der leitfähigen Schichten 25 verbindet elektrisch zwei leitfähige Schichten 24, die sich in der Richtung nebeneinander befinden, die die Erstreckungsrichtung der leitfähigen Schichten 23 kreuzt. Das heißt: Die Vielzahl von leitfähigen Schichten 24, die in der Richtung angeordnet sind, die die Erstreckungsrichtung der leitfähigen Schichten 23 kreuzt, ist elektrisch über die Vielzahl von leitfähigen Schichten 25 miteinander verbunden.

[0112] Hier existiert ein Bereich, in dem die leitfähige Schicht 23 und die leitfähige Schicht 25 einander überlappen. Eine Isolierschicht ist zwischen der leitfähigen Schicht 23 und der leitfähigen Schicht 25 bereitgestellt.

[0113] Kapazitive Kopplung tritt zwischen den leitfähigen Schichten 23 und 24 auf, die sich nebeneinander befinden. Das heißt, dass ein Kondensator 11 durch die leitfähige Schicht 23 und die leitfähige Schicht 24 gebildet wird. Beispielsweise kann im Falle der Verwendung eines projiziert-kapazitiven Betriebsverfahrens eine der leitfähigen Schichten 23 und 24 als Elektrode der Übertragungsseite verwendet werden, und die andere davon kann als Elektrode der Empfangsseite verwendet werden.

[0114] Es sei angemerkt, dass die Vielzahl von leitfähigen Schichten 24 hier über die leitfähige Schicht 25 elektrisch miteinander verbunden ist. Alternativ kann auch die folgende Struktur zur Anwendung kommen: Die leitfähige Schicht 24 weist, wie die leitfähige Schicht 23, eine Form auf, die sich in eine Richtung erstreckt, eine Isolierschicht ist zwischen der leitfähigen Schicht 23 und der leitfähigen Schicht 24 bereitgestellt, und die leitfähige Schicht 25 ist nicht bereitgestellt. In diesem Fall überlappen die leitfähige Schicht 23 und die leitfähige Schicht 24 einander teilweise.

[0115] Es sei angemerkt, dass beispielsweise ein niedrohmiges Material vorzugsweise als Material für die leitfähigen Filme, wie z. B. die leitfähige Schicht 23, die leitfähige Schicht 24 und die leitfähige Schicht 25, d. h. für eine Leitung und eine Elektrode in dem Touchscreen, verwendet wird. Beispielsweise kann ein Metall, wie z. B. Silber, Kupfer oder Aluminium, verwendet werden. Alternativ kann ein Metallnanodraht verwendet werden, der mehrere Leiter mit sehr geringer Breite (z. B. mit einem Durchmesser von mehreren Nanometern) umfasst. Beispiele für einen derartigen Metallnanodraht umfassen einen Ag-Nanodraht, einen Cu-Nanodraht und einen Al-Nanodraht. Im Falle der Verwendung eines Ag-Nanodrahts können eine Lichtdurchlässigkeit von 89% oder höher sowie ein Flächenwiderstand von 40 Ohm (Ohm/Quadrat) oder höher und 100 Ohm (Ohm/Quadrat) oder niedriger erreicht werden. Es sei angemerkt, dass der Metallnanodraht für eine Elektrode des Anzeigeelements, z. B. eine Pixel-Elektrode oder eine gemeinsame Elektrode, verwendet werden kann, da ein derartiger Metallnanodraht eine hohe Durchlässigkeit bietet.

[0116] Alternativ kann ein leitfähiges Oxid für mindestens eine der leitfähigen Schicht 23, der leitfähigen Schicht 24, der leitfähigen Schicht 25 und der gleichen verwendet werden. Beispielsweise kann ein leitfähiges Material, das Indiumoxid, Zinnoxid oder Zinkoxid enthält, verwendet werden. In dem Fall, in dem ein Material, das sichtbares Licht durchlässt, für die leitfähige Schicht 23, die leitfähige Schicht 24 und die leitfähige Schicht 25 verwendet wird, können die leitfähige Schicht und ein Anzeigeelement bereitgestellt sein, um einander zu überlappen, und Licht von dem Anzeigeelement kann über die leitfähige Schicht emittiert werden. Mit anderen Worten: In dem Fall, in dem ein Material verwendet wird, das sichtbares Licht durchlässt, muss die leitfähige Schicht nicht notwendigerweise eine netzartige Oberseite aufweisen.

[0117] Ein Anzeigeeabschnitt 32 ist über dem Substrat 31 bereitgestellt. Der Anzeigeeabschnitt 32 umfasst eine Vielzahl von Pixeln 33, die in einer Matrix angeordnet sind. Jedes Pixel 33 umfasst vorzugsweise eine Vielzahl von Sub-Pixel-Schaltungen. Jede Sub-Pixel-Schaltung ist elektrisch mit einem Anzeigeelement verbunden. Vorzugsweise ist eine Schaltung 34, die mit dem Pixel 33 in dem Anzeigeeabschnitt 32 elektrisch verbunden ist, über dem Substrat 31 bereitgestellt. Beispielsweise kann eine Schaltung, die als Gate-Treiberschaltung dient, als Schaltung 34 verwendet werden. Eine FPC 42 weist eine Funktion auf, dem Anzeigeeabschnitt 32 und/oder der Schaltung 34 ein Signal von außen zuzuführen. Eine IC, die als Source-Treiberschaltung dient, wird vorzugsweise auf dem Substrat 31 oder der FPC 42 montiert. Die IC kann durch ein COG-Verfahren auf dem Substrat 31 montiert werden. Alternativ kann die FPC 42, ein TAB, ein TCP oder dergleichen, auf der/

dem eine IC montiert ist, an dem Substrat **31** angebracht werden.

[0118] Das Touchscreen-Modul einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann eine Positionsinformation ausgeben, die auf der Kapazitätsänderung bei einer Berührungsbewegung durch den Berührungssensor **22** basiert. Außerdem kann der Anzeigeabschnitt **32** ein Bild anzeigen.

[Querschnittsstrukturbeispiel]

[0119] Ein Querschnittsstrukturbeispiel des Touchscreen-Moduls **10** wird nachstehend anhand der Zeichnungen beschrieben. Das Touchscreen-Modul **10**, das nachstehend als Beispiel beschrieben wird, ist ein Modul, bei dem als Anzeigeelement ein transmissives Flüssigkristallelement im Vertical Alignment-(VA)-Modus verwendet wird.

[Querschnittsstrukturbeispiel 1]

[0120] **Fig. 2** ist eine schematische Querschnittsansicht des Touchscreen-Moduls **10**. **Fig. 2** stellt ein Beispiel für Querschnitte eines Bereichs, der die FPC **42** umfasst, eines Bereichs, der die Schaltung **34** umfasst, eines Bereichs, der den Anzeigeabschnitt **32** umfasst, eines Bereich, der die FPC **41** umfasst, und dergleichen in **Fig. 1A** dar.

[0121] Das Substrat **21** und das Substrat **31** sind mit einer Klebeschicht **141** aneinander angebracht. Ein Bereich, der von dem Substrat **21**, dem Substrat **31** und der Klebeschicht **141** umgeben ist, ist mit einem Flüssigkristall **112** gefüllt. Eine polarisierende Platte **130a** ist an einer Außenseite des Substrats **21** bereitgestellt. Eine polarisierende Platte **130b** ist an einer Außenseite des Substrats **31** bereitgestellt.

[0122] Eine Hintergrundbeleuchtung kann, obwohl nicht dargestellt, außerhalb eines Bereichs bereitgestellt werden, der durch den Raum definiert wird, der zwischen der polarisierenden Platte **130a** und der polarisierenden Platte **130b** besteht. Als Hintergrundbeleuchtung kann eine Direkt-Below-Hintergrundbeleuchtung oder eine Edge-Light-Hintergrundbeleuchtung verwendet werden. Wenn eine Direkt-Below-Hintergrundbeleuchtung, die eine LED umfasst, verwendet wird, wird eine lokale Verdunklung (local dimming) leicht durchgeführt; demzufolge kann der Kontrast vorzugsweise erhöht werden. Wenn eine Edge-Light-Hintergrundbeleuchtung verwendet wird, kann die Dicke eines Touchscreen-Moduls, das die Hintergrundbeleuchtung umfasst, verringert werden.

[0123] Der Berührungssensor **22**, der die leitfähige Schicht **23** und die leitfähige Schicht **24**, einen Verbindungsabschnitt **101**, die Leitung **29**, ein Anzeigeelement **60**, einen Transistor **201**, einen Transistor **202**, einen Kondensator **203**, einen Verbindungsab-

schnitt **204**, eine Leitung **35** und dergleichen umfasst, ist zwischen dem Substrat **31** und dem Substrat **21** bereitgestellt.

[0124] Isolierschichten, wie z. B. eine Isolierschicht **211**, eine Isolierschicht **212**, eine Isolierschicht **213** und eine Isolierschicht **214**, sind über dem Substrat **31** bereitgestellt. Ein Abschnitt der Isolierschicht **211** dient als Gate-Isolierschicht jedes Transistors, und ein weiterer Abschnitt dieser dient als Dielektrikum des Kondensators **203**. Die Isolierschicht **212**, die Isolierschicht **213** und die Isolierschicht **214** sind derart bereitgestellt, dass sie jeden Transistor, den Kondensator **203** und dergleichen bedecken. Die Isolierschicht **214** dient als Planarisierungsschicht. Es sei angemerkt, dass hier ein Beispiel beschrieben wird, in dem die drei Isolierschichten, d. h. die Isolierschichten **212**, **213** und **214**, bereitgestellt sind, um die Transistoren und dergleichen zu bedecken; jedoch ist die vorliegende Erfindung nicht auf dieses Beispiel beschränkt, und vier oder mehr Isolierschichten, eine einzelne Isolierschicht oder zwei Isolierschichten können bereitgestellt werden. Die Isolierschicht **214**, die als Planarisierungsschicht dient, wird nicht notwendigerweise bereitgestellt, wenn sie nicht benötigt wird.

[0125] Eine leitfähige Schicht **221**, eine leitfähige Schicht **222**, eine leitfähige Schicht **223**, eine Halbleiterschicht **231**, eine leitfähige Schicht **111** und dergleichen sind über dem Substrat **31** bereitgestellt. Hier werden in einigen Fällen eine Vielzahl von Schichten, die durch die Verarbeitung desselben leitfähigen Films erhalten werden, durch das gleiche Bezugssymbol gekennzeichnet.

[0126] Die leitfähige Schicht **221** kann für eine Gate-Elektrode jedes Transistors, eine Elektrode des Kondensators **203**, eine Leitung oder dergleichen verwendet werden. Die leitfähige Schicht **222** kann für eine Source-Elektrode oder eine Drain-Elektrode jedes Transistors, die andere Elektrode des Kondensators **203**, eine Leitung oder dergleichen verwendet werden. Die leitfähige Schicht **223** kann für die andere Gate-Elektrode jedes Transistors, eine Leitung oder dergleichen verwendet werden. Die Halbleiterschicht **231** kann für eine Halbleiterschicht jedes Transistors oder dergleichen verwendet werden.

[0127] **Fig. 2** stellt ein Beispiel für Querschnitte von einem Sub-Pixel **33R** und von Teilen eines Sub-Pixels **33G** und eines Sub-Pixels **33B** dar, die sich neben dem Sub-Pixel **33R** in dem Anzeigeabschnitt **32** befinden. Das Sub-Pixel **33R** ist beispielsweise ein Sub-Pixel, das eine rote Farbe darstellt, das Sub-Pixel **33G** ist ein Sub-Pixel, das eine grüne Farbe darstellt, und das Sub-Pixel **33B** ist ein Sub-Pixel, das eine blaue Farbe darstellt; somit kann eine Vollfarbanzeige erhalten werden. Das Sub-Pixel **33R** umfasst beispielsweise den Transistor **202**, den Konden-

sator **203**, das Anzeigeelement **60** und eine Farbschicht **131R**. Hier umfasst die Sub-Pixel-Schaltung den Transistor **202**, den Kondensator **203**, eine Leitung und dergleichen.

[0128] **Fig.** 2 stellt ein Beispiel der Schaltung **34** dar, bei der der Transistor **201** bereitgestellt ist.

[0129] Bei dem Beispiel, das in **Fig.** 2 dargestellt wird, weisen die Transistoren **201** und **202** jeweils eine Struktur auf, bei der die Halbleiterschicht **231**, in der ein Kanal gebildet wird, zwischen zwei Gate-Elektroden (leitfähigen Schichten **221** und **223**) bereitgestellt ist. Eine derartige Struktur ermöglicht es, die Schwellenspannungen der Transistoren zu steuern. Die leitfähige Schicht **221** und die leitfähige Schicht **223** eines beliebigen Transistors können miteinander verbunden sein, und der Betrieb kann durch zwei Gate-Elektroden durchgeführt werden. Derartige Transistoren können eine höhere Feldeffektbeweglichkeit und daher einen höheren Durchlassstrom (on-state current) aufweisen als andere Transistoren. Folglich kann eine Schaltung erhalten werden, die für einen Hochgeschwindigkeitsbetrieb geeignet ist. Des Weiteren kann die Fläche, die von einem Schaltungsabschnitt eingenommen wird, verringert werden. Wenn der Transistor mit hohem Durchlassstrom verwendet wird, kann selbst bei einem Anzeigefeld oder einem Touchscreen, bei dem die Anzahl von Leitungen infolge einer Erhöhung der Größe oder Auflösung zugenommen hat, eine Signalverzögerung in Leitungen verringert werden und kann eine Ungleichmäßigkeit der Anzeige unterdrückt werden.

[0130] Wie in **Fig.** 3 dargestellt, kann eine Struktur ohne die leitfähigen Schichten **223** zur Anwendung kommen. Wenn die leitfähige Schicht **223** nicht bereitgestellt ist, kann ein Herstellungsprozess eines Touchscreens vereinfacht werden und können die Herstellungskosten verringert werden.

[0131] Es sei angemerkt, dass der Transistor, der in der Schaltung **34** enthalten ist, und der Transistor, der in dem Anzeigearbeitsbereich **32** enthalten ist, die gleiche Struktur aufweisen können. Eine Vielzahl von Transistoren, die in der Schaltung **34** enthalten sind, können die gleiche Struktur oder unterschiedliche Strukturen aufweisen. Eine Vielzahl von Transistoren, die in dem Anzeigearbeitsbereich **32** enthalten sind, können die gleiche Struktur oder unterschiedliche Strukturen aufweisen.

[0132] Ein Material, über das Verunreinigungen, wie z. B. Wasser oder Wasserstoff, nicht leicht diffundieren, wird vorzugsweise für mindestens eine der Isolierschichten **212** und **213** verwendet, die die Transistoren bedecken. Das heißt, dass die Isolierschicht **212** oder die Isolierschicht **213** als Sperrsicht dienen kann. Eine derartige Struktur kann die Diffusion der Verunreinigungen in die Transistoren von außen

effektiv unterdrücken, und es kann ein hochzuverlässiger Touchscreen bereitgestellt werden.

[0133] Die leitfähige Schicht **111** ist über der Isolierschicht **214** bereitgestellt. Die leitfähige Schicht **111** ist elektrisch mit einer Source oder einem Drain des Transistors **202** über eine Öffnung, die in der Isolierschicht **214**, der Isolierschicht **213**, der Isolierschicht **212** und dergleichen ausgebildet ist, verbunden. Die leitfähige Schicht **111** ist ebenfalls elektrisch mit einer Elektrode des Kondensators **203** verbunden.

[0134] Die leitfähige Schicht **23**, die leitfähige Schicht **24**, die leitfähige Schicht **25**, die Leitung **29**, eine Isolierschicht **121**, eine Bedeckung **123**, ein Abstandhalter **124**, eine Farbschicht **131G** (nicht dargestellt), die Farbschicht **131R**, eine Farbschicht **131B**, eine lichtundurchlässige Schicht **132**, eine leitfähige Schicht **113** und dergleichen sind auf der Seite des Substrats **31** des Substrats **21** bereitgestellt.

[0135] In **Fig.** 2 wird ein Querschnitt eines Schnittpunktes der leitfähigen Schicht **23** und der leitfähigen Schicht **24** dargestellt. Die leitfähige Schicht **23** und die leitfähige Schicht **24** sind auf der gleichen Ebene bereitgestellt. Die leitfähige Schicht **25** ist über der Isolierschicht **121** bereitgestellt, die die leitfähige Schicht **23** und die leitfähige Schicht **24** bedeckt, und ein Teil der leitfähigen Schicht **25** überlappt sich mit der leitfähigen Schicht **23**. Die zwei leitfähigen Schichten **24**, zwischen denen die leitfähige Schicht **23** bereitgestellt ist, sind über Öffnungen, die in der Isolierschicht **121** bereitgestellt sind, elektrisch mit der leitfähigen Schicht **25** verbunden.

[0136] Die lichtundurchlässige Schicht **132**, die Farbschicht **131R** und dergleichen sind über der Isolierschicht **121** bereitgestellt. Die Bedeckung **123** ist bereitgestellt, um die lichtundurchlässige Schicht **132**, die Farbschicht **131R** und dergleichen zu bedecken. Die leitfähige Schicht **113** ist über der Bedeckung **123** bereitgestellt.

[0137] In **Fig.** 2 umfasst das Anzeigeelement **60** die leitfähige Schicht **111**, einen Teil der leitfähigen Schicht **113** und den Flüssigkristall **112**, der dazwischen liegt.

[0138] Ausrichtungsfilme zum Steuern der Ausrichtung des Flüssigkristalls **112** können auf Oberflächen der leitfähigen Schichten **111** und **113**, der Isolierschicht **214** und dergleichen bereitgestellt sein, die in Kontakt mit dem Flüssigkristall **112** sind.

[0139] Bei der Struktur der **Fig.** 2 sind die leitfähige Schicht **23** und dergleichen derart bereitgestellt, dass sie sich nicht mit dem Anzeigeelement **60** überlappen. Mit anderen Worten: Die leitfähige Schicht **23** ist derart bereitgestellt, dass sich das Anzeigeelement **60** mit einer Öffnung in der leitfähigen Schicht **23**

überlappt. Anders ausgedrückt: Die leitfähige Schicht **23** ist derart bereitgestellt, dass sie sich mit einem Bereich zwischen den zwei leitfähigen Schichten **111** von zwei benachbarten Sub-Pixeln überlappt. Obwohl hier ein Beispiel der leitfähigen Schicht **23** beschrieben wird, werden die leitfähige Schicht **24** und die leitfähige Schicht **25** vorzugsweise ebenfalls derart bereitgestellt, dass sie sich nicht mit dem Anzeigeelement **60** überlappen.

[0140] Bei dem Anzeigeelement **60** weisen die leitfähige Schicht **111** und die leitfähige Schicht **113** jeweils eine Funktion zum Durchlassen von sichtbarem Licht auf. Mit einer derartigen Struktur kann das Anzeigeelement **60** ein transmissives Flüssigkristallelement sein. Beispielsweise kann sich in dem Fall, in dem eine Hintergrundbeleuchtung auf der Seite des Substrats **31** bereitgestellt ist, Licht von der Hintergrundbeleuchtung, das durch die polarisierende Platte **130b** polarisiert wird, durch das Substrat **31**, die leitfähige Schicht **111**, den Flüssigkristall **122**, die leitfähige Schicht **113** und das Substrat **21** bewegen, und dann erreicht es die polarisierende Platte **130a**. In diesem Fall wird die Ausrichtung des Flüssigkristalls **112** mit einer Spannung gesteuert, die zwischen den leitfähigen Schichten **111** und **113** angelegt wird, und somit kann die optische Modulation von Licht gesteuert werden. Das heißt, dass die Intensität des Lichts, das über die polarisierende Platte **130a** emittiert wird, gesteuert werden kann. Licht, das sich von demjenigen in einem bestimmten Wellenlängenbereich des einfallenden Lichts unterscheidet, wird von der Farbschicht **131R** absorbiert, und somit handelt es sich beispielsweise bei dem emittierten Licht um rotes Licht.

[0141] Als polarisierende Platte **130a** kann eine linear polarisierende Platte oder eine zirkular polarisierende Platte verwendet werden. Ein Beispiel für eine zirkular polarisierende Platte ist eine Schichtanordnung, die eine linear polarisierende Platte und eine Viertelwellen-Retardationsplatte umfasst. Insbesondere wird, wie in **Fig. 2** dargestellt, in dem Fall, in dem die leitfähige Schicht **23** und die leitfähige Schicht **24** (und die leitfähige Schicht **25**), die in dem Berührungssensor enthalten sind, an einer Stelle bereitgestellt sind, die näher an der Seite des Substrats **21** als die lichtundurchlässige Schicht **132** liegt, Außenlicht von den leitfähigen Schichten reflektiert, und in einigen Fällen ist das reflektierte Licht visuell wahrnehmbar. In diesem Fall kann die Reflexion mit einer zirkular polarisierenden Platte, die als polarisierende Platte **130a** verwendet wird, unterdrückt werden.

[0142] In dem Fall, in dem eine zirkular polarisierende Platte als polarisierende Platte **130a** verwendet wird, kann eine zirkular polarisierende Platte auch als polarisierende Platte **130b** verwendet werden, und eine gewöhnliche linear polarisierende Platte kann verwendet werden. Der Zellenabstand, die Ausrichtung,

die Ansteuerspannung und dergleichen des Flüssigkristallelements, das als Anzeigeelement **60** verwendet wird, werden je nach Art der polarisierenden Platten, die als polarisierende Platten **130a** und **130b** verwendet werden, gesteuert, so dass ein wünschenswerter Kontrast erhalten wird.

[0143] Als Anzeigeelement **60** wird hier ein Paar von Elektroden in der Dickenrichtung des Touchscreen-Moduls **10** bereitgestellt, und ein elektrisches Feld wird an den Flüssigkristall **112** in der Dickenrichtung angelegt. Die Anordnung der Elektroden ist nicht darauf beschränkt, und ein Verfahren, bei dem ein elektrisches Feld in einer Richtung angelegt wird, die senkrecht zu der Dickenrichtung ist, kann zum Einsatz kommen.

[0144] Insbesondere wird vorzugsweise eine normalerweise schwarze Flüssigkristallanzeigevorrichtung, wie z. B. eine transmissive Flüssigkristallanzeigevorrichtung, bei der ein Vertical Alignment-(VA-)Modus verwendet wird, als Touchscreen-Modul **10** verwendet. Beispiele für den Vertical Alignment-(VA-)Modus umfassen einen Multi-Domain Vertical Alignment-(MVA-)Modus, einen Patterned Vertical Alignment-(PVA-)Modus und einen Advanced Super View-(ASV-)Modus.

[0145] Flüssigkristallelemente, bei denen verschiedene Modi zum Einsatz kommen, können als Flüssigkristallelement verwendet werden, das für das Anzeigeelement **60** verwendet wird. Beispielsweise kann ein Flüssigkristallelement verwendet werden, das anstelle eines Vertical Alignment-(VA-)Modus einen Twisted Nematic-(TN-)Modus, einen In-Plane-Switching-(IPS-)Modus, einen Fringe-Field-Switching-(FFS-)Modus, einen achsensymmetrisch-ausgerichteten-Mikrozellen-(axially symmetric aligned micro-cell, ASM-)Modus, einen optisch kompensierten Doppelbrechungs-(optical compensated birefringence, OCB-)Modus, einen ferroelektrischen Flüssigkristall-(ferroelectric liquid crystal, FLC-)Modus, einen antiferroelektrischen Flüssigkristall-(antiferroelectric liquid crystal, AFLC-)Modus oder dergleichen verwendet.

[0146] Das Flüssigkristallelement steuert unter Verwendung einer optischen Modulationsaktion eines Flüssigkristalls das Durchlassen oder Nichtdurchlassen von Licht. Es sei angemerkt, dass die optische Modulationsaktion des Flüssigkristalls durch ein elektrisches Feld (einschließlich eines horizontalen elektrischen Feldes, eines vertikalen elektrischen Feldes oder eines diagonalen elektrischen Feldes) gesteuert wird, das an den Flüssigkristall angelegt wird. Als Flüssigkristall, der für das Flüssigkristallelement verwendet wird, kann ein thermotroper Flüssigkristall, ein niedermolekularer Flüssigkristall, ein hochmolekularer Flüssigkristall, ein polymerdispersierter Flüssigkristall (PDLC), ein ferroelektrischer Flüssigkris-

tall, ein anti-ferroelektrischer Flüssigkristall oder der gleichen verwendet werden. Diese Flüssigkristallmaterialien weisen je nach den Bedingungen eine cholesterische Phase, eine smektische Phase, eine kubische Phase, eine chiral nematische Phase, eine isotrope Phase oder dergleichen auf.

[0147] Als Flüssigkristallmaterial kann entweder ein positiver Flüssigkristall oder ein negativer Flüssigkristall verwendet werden, und ein geeignetes Flüssigkristallmaterial kann je nach zu verwendendem Modus oder Design verwendet werden.

[0148] Hier können die leitfähige Schicht **113** und die leitfähige Schicht **111** beispielsweise als gemeinsame Elektrode bzw. Pixel-Elektrode verwendet werden.

[0149] In **Fig. 2** ist die leitfähige Schicht **113** derart bereitgestellt, dass sie sich mit den leitfähigen Schichten **23** bis **25** und dergleichen überlappt. In dem ein gemeinsames Potential, ein Erdpotential oder ein beliebiges konstantes Potential an die leitfähige Schicht **113** angelegt wird, kann elektrisches Rauschen blockiert werden, das beim Betreiben der leitfähigen Schichten **23** bis **25** auf der Seite des Substrats **31** erzeugt wird. Des Weiteren kann elektrisches Rauschen blockiert werden, das beim Betreiben der Sub-Pixel-Schaltung, die auf der Seite des Substrats **31** bereitgestellt ist, auf der Seite des Substrats **21** erzeugt wird.

[0150] Der Verbindungsabschnitt **204** ist in einem Bereich bereitgestellt, der sich in der Nähe eines Endabschnitts des Substrats **31** befindet. Der Verbindungsabschnitt **204** ist elektrisch mit der FPC **42** über eine Verbindungsschicht **242** verbunden. **Fig. 2** stellt ein Beispiel für den Verbindungsabschnitt **204** dar, der durch das Übereinanderanordnen eines Teils der Leitung **35** und der leitfähigen Schicht **223** ausgebildet wird. Der Verbindungsabschnitt **101** ist in einem Bereich bereitgestellt, der sich in der Nähe eines Endabschnitts des Substrats **21** befindet. Der Verbindungsabschnitt **101** ist elektrisch mit der FPC **41** über eine Verbindungsschicht **241** verbunden. Bei dem Beispiel der Struktur, die in **Fig. 2** dargestellt wird, wird der Verbindungsabschnitt **101** durch das Übereinanderanordnen eines Teils der Leitung **29**, einer leitfähigen Schicht, die durch die Verarbeitung des leitfähigen Films, der für die Ausbildung der leitfähigen Schicht **25** verwendet wird, ausgebildet wird, und einer leitfähigen Schicht ausgebildet, die durch die Verarbeitung des leitfähigen Films, der für das Ausbilden der leitfähigen Schicht **113** verwendet wird, ausgebildet wird.

[0151] In **Fig. 2** wird eine Querschnittsstruktur eines Schnittpunktes der leitfähigen Schicht **221**, die als Leitung dient, und der leitfähigen Schicht **222**, die als Leitung dient, beispielhaft dargestellt. Die leitfähig

hige Schicht **221** kann als Leitung, die als Abtastleitung dient, und/oder als Leitung, die als Kondensatorleitung dient, verwendet werden, und die leitfähige Schicht **222** kann beispielsweise als Leitung, die als Signalleitung dient, verwendet werden.

[0152] Ein Substrat, mit dem ein wahrzunehmendes Objekt, wie z. B. ein Finger oder ein Stift, in Kontakt ist, kann über der polarisierenden Platte **130a** bereitgestellt sein. In diesem Fall ist eine Schutzschicht (wie. z. B. eine Keramikbeschichtung) vorzugsweise über dem Substrat bereitgestellt. Die Schutzschicht kann unter Verwendung eines anorganischen isolierenden Materials, wie z. B. eines Siliziumoxids, Aluminiumoxids, Yttriumoxids oder eines Yttrium-stabilisierten Zirkoniumoxids (YSZ), ausgebildet werden. Alternativ kann Hartglas für das Substrat verwendet werden. Das Hartglas, das hier verwendet werden kann, ist ein Hartglas, das einer physikalischen oder chemischen Behandlung durch ein Ionenaustauschverfahren, ein thermisches Vorspannverfahren oder dergleichen unterzogen worden ist und eine Oberfläche aufweist, auf die eine Druckspannung ausgeübt worden ist.

[0153] Die Bedeckung **123** weist eine Funktion auf, Verunreinigungen, wie z. B. ein Pigment, das in der Farbschicht **131R** oder dergleichen enthalten ist, daran zu hindern, in den Flüssigkristall **112** zu diffundieren.

[0154] Der Abstandhalter **124** ist über der leitfähigen Schicht **113** bereitgestellt und weist eine Funktion auf, einen bestimmten Abstand zwischen dem Substrat **21** und dem Substrat **31** aufrechtzuerhalten. Obwohl **Fig. 2** ein Beispiel darstellt, in dem der Abstandhalter **124** nicht in Kontakt mit Strukturen (z. B. der leitfähigen Schicht **111** und der Isolierschicht **214**) auf der Seite des Substrats **31** ist, kann der Abstandhalter **124** in Kontakt mit diesen sein. Des Weiteren stellt **Fig. 2** ein Beispiel dar, in dem der Abstandhalter **124** auf der Seite des Substrats **21** bereitgestellt ist; jedoch kann der Abstandhalter **124** auf der Seite des Substrats **31** bereitgestellt sein. Beispielsweise kann der Abstandhalter **124** zwischen den zwei leitfähigen Schichten **111** von zwei benachbarten Sub-Pixeln bereitgestellt sein. Alternativ kann ein teilchenförmiger Abstandhalter als Abstandhalter **124** verwendet werden. Obwohl ein Material, wie z. B. Siliziumoxid, für den teilchenförmigen Abstandhalter verwendet werden kann, wird vorzugsweise ein elastisches Material, wie z. B. ein organisches Harz oder Gummi, verwendet. In einigen Fällen kann der teilchenförmige Abstandhalter vertikal zusammengedrückt sein.

[0155] Vorzugsweise sind der Abstandhalter **124** und die leitfähige Schicht **23** (oder die leitfähige Schicht **24** oder **25**) derart bereitgestellt, dass sie, wie in **Fig. 2** dargestellt, einander überlappen. Alternativ sind der Abstandhalter **124** und die lichtun-

durchlässige Schicht **132** vorzugsweise derart bereitgestellt, dass sie einander überlappen. Bei einer derartigen Struktur ist der Abstandhalter **124** beispielsweise nicht in einem Abschnitt bereitgestellt, in dem das Anzeigeelement **60** bereitgestellt ist, wobei in diesem Falle die Absorption, Brechung oder Diffusion von Licht auf Grund des Abstandhalters **124** nicht auftritt; demzufolge kann die Lichtextraktionseffizienz erhöht werden.

[0156] Bei dem Touchscreen-Modul **10** einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung können die leitfähigen Schichten **23** bis **25** auch als lichtundurchlässige Schichten zum Unterdrücken einer Farbmischung zwischen benachbarten Sub-Pixeln dienen. **Fig. 3** stellt den Fall dar, in dem die leitfähigen Schichten **23** bis **25** auch als lichtundurchlässige Schichten dienen und die lichtundurchlässige Schicht **132** nicht bereitgestellt ist. Aus diesem Grund wird vorzugsweise ein Material, das sichtbares Licht blockiert, für die leitfähigen Schichten **23** bis **25** verwendet. Alternativ kann ein Material, das sichtbares Licht reflektiert, verwendet werden. Eine Struktur wird bevorzugt, bei der eine Schichtanordnung eine Schicht, die ein Material enthält, das sichtbares Licht reflektiert, und eine Schicht umfasst, die mindestens einen Teil des sichtbaren Lichts absorbiert und an einer Stelle bereitgestellt ist, die näher an dem Substrat **31** liegt als die Schicht, die ein Material enthält, das Licht reflektiert. Dies liegt daran, dass das Licht, das die leitfähige Schicht **23** oder dergleichen erreicht, des Lichts, das die leitfähige Schicht **111** passiert, daran gehindert wird, wieder zu der Seite des Substrats **31** reflektiert zu werden.

[0157] Endabschnitte von zwei benachbarten Farbschichten überlappen einander, um sich, wie in **Fig. 4** dargestellt, ferner mit der leitfähigen Schicht **23** oder dergleichen zu überlappen. In **Fig. 4** überlappen die leitfähige Schicht **23**, ein Endabschnitt der Farbschicht **131G** und ein Endabschnitt der Farbschicht **131R** einander in der Nähe einer Grenzfläche zwischen dem Sub-Pixel **33G** und dem Sub-Pixel **33R**. Die leitfähige Schicht **23**, ein Endabschnitt der Farbschicht **131R** und ein Endabschnitt der Farbschicht **131B** sind derart bereitgestellt, dass sie einander in der Nähe einer Grenzfläche zwischen dem Sub-Pixel **33R** und dem Sub-Pixel **33B** überlappen. Eine derartige Struktur macht ein zusätzliches Bereitstellen einer Schicht, die sichtbares Licht absorbiert, unnötig, was zu niedrigeren Herstellungskosten führt. Obwohl sich nur eine Farbschicht mit der leitfähigen Schicht **23** oder dergleichen überlappen kann, kann sichtbares Licht effektiver absorbiert werden, wenn sich zwei oder mehr Farbschichten mit der leitfähigen Schicht **23** oder dergleichen überlappen.

[0158] Wie in **Fig. 5** dargestellt, können die lichtundurchlässige Schicht **132**, die Farbschicht **131R** und dergleichen näher an der Seite des Substrats **21** be-

reitgestellt sein als die leitfähigen Schichten **23** bis **25**, die in dem Berührungssensor **22** enthalten sind. Bei einer derartigen Struktur erreicht Außenlicht von der Seite des Substrats **21** die leitfähigen Schichten **23** bis **25** nicht; demzufolge kann verhindert werden, dass die leitfähigen Schichten **23** bis **25** visuell wahrnehmbar sind. In **Fig. 5** ist eine Isolierschicht **126** bereitgestellt, um die lichtundurchlässige Schicht **132**, die Farbschicht **131R** und dergleichen zu bedecken. Die Isolierschicht **126** wird vorzugsweise unter Verwendung eines Materials, das als Planarisierungsschicht dient, ausgebildet.

[0159] Wie in **Fig. 6** dargestellt, kann die lichtundurchlässige Schicht **132** näher an der Seite des Substrats **21** bereitgestellt sein als die leitfähigen Schichten **23** bis **25**, die in dem Berührungssensor **22** enthalten sind, und die Farbschicht **131R** und dergleichen können näher an dem Substrat **31** bereitgestellt sein als die leitfähigen Schichten **23** bis **25**.

[0160] Wie in **Fig. 7** dargestellt, können die Farbschicht **131R** und dergleichen auf der Seite des Substrats **31** bereitgestellt sein. In diesem Fall kann die lichtundurchlässige Schicht **132**, wie in **Fig. 7** dargestellt, auf dem Substrat **21** bereitgestellt sein, oder sie kann auf der Seite des Substrats **21** bereitgestellt sein. Alternativ kann eine Struktur ohne lichtundurchlässige Schicht **132** zum Einsatz kommen.

[0161] Wie in **Fig. 8** dargestellt, kann eine Struktur, bei der der Verbindungsabschnitt **101** nicht auf der Seite des Substrats **21** bereitgestellt ist, zum Einsatz kommen. **Fig. 8** stellt eine Struktur dar, bei der eine leitfähige Schicht, die auf der Seite des Substrats **31** bereitgestellt ist, und eine leitfähige Schicht, die auf der Seite des Substrats **21** bereitgestellt ist, elektrisch miteinander über einen Verbindelement **243** verbunden sind. Demzufolge können die Leitung **29**, die auf der Seite des Substrats **21** bereitgestellt ist, und eine Leitung, die auf dem Substrat **31** bereitgestellt ist, elektrisch miteinander verbunden sein. Ein Signal kann von einer FPC (nicht dargestellt) oder einer IC (nicht dargestellt), die auf der Seite des Substrats **31** bereitgestellt ist, der leitfähigen Schicht **24** zugeführt werden, oder ein Signal kann von der leitfähigen Schicht **24** einer FPC oder einer IC zugeführt werden.

[0162] Außerdem kann nicht nur die Leitung **29**, die elektrisch mit der leitfähigen Schicht **23** oder der leitfähigen Schicht **24** verbunden ist, die in dem Berührungssensor **22** enthalten sind, sondern auch die leitfähige Schicht **113** elektrisch mit der Leitung, die auf der Seite des Substrats **31** bereitgestellt ist, über den Verbindelement **243** verbunden sein. In diesem Fall kann ein Potential oder ein Signal von einer FPC oder einer IC, die auf der Seite des Substrats **31** bereitgestellt ist, der leitfähigen Schicht **113** zugeführt werden.

[0163] Als Verbinder **243** kann beispielsweise ein leitfähiges Teilchen verwendet werden. Als leitfähiges Teilchen können ein Teilchen eines organischen Harzes, Siliziumoxidteilchen oder dergleichen verwendet werden, die mit einem Metallmaterial beschichtet sind. Vorzugsweise wird Nickel oder Gold als Metallmaterial verwendet, da der Kontaktwiderstand verringert werden kann. Vorzugsweise wird auch ein Teilchen verwendet, das mit Schichten aus zwei oder mehr Arten von Metallmaterialien beschichtet ist, wie z. B. ein Teilchen, das mit Nickel und ferner mit Gold beschichtet ist. Als Verbinder **243** wird vorzugsweise ein Material verwendet, das zur elastischen Verformung oder plastischen Verformung geeignet ist. Wie in **Fig. 8** dargestellt, weist das leitfähige Teilchen in einigen Fällen eine Form auf, die vertikal zusammengedrückt ist. Durch die zusammengedrückte Form kann die Kontaktfläche zwischen dem Verbinder **243** und einer leitfähigen Schicht, die elektrisch mit dem Verbinder **243** verbunden ist, vergrößert werden, wodurch der Kontaktwiderstand verringert werden kann und das Entstehen von Problemen, wie z. B. einer Unterbrechung, unterdrückt werden kann.

[0164] Der Verbinder **243** ist vorzugsweise derart bereitgestellt, dass er von der Klebeschicht **141** bedeckt wird. Beispielsweise kann eine Paste oder dergleichen zum Ausbilden der Klebeschicht **141** aufgetragen werden, und dann kann der Verbinder **243** bereitgestellt werden. Eine Struktur, bei der der Verbinder **243** in einem Bereich bereitgestellt ist, der mit der Klebeschicht **141** bereitgestellt ist, kann beispielsweise auf eine Struktur angewendet werden, bei der die Klebeschicht **141** in dem Randbereich bereitgestellt ist, z. B. eine Anzeigevorrichtung mit einer massiven Abdichtung, eine Anzeigevorrichtung mit einer hohen Abdichtung oder dergleichen.

[0165] Wie in **Fig. 9** dargestellt, kann der Kondensator **203** unter Verwendung der leitfähigen Schicht **111**, einer leitfähigen Schicht **114** und einer Isolierschicht **215**, die dazwischen bereitgestellt ist, ausgebildet werden. Bei der Struktur der **Fig. 9** ist die leitfähige Schicht **114** über der Isolierschicht **214** bereitgestellt, ist die Isolierschicht **215** bereitgestellt, um die leitfähige Schicht **114** zu bedecken, und ist die leitfähige Schicht **111** über der Isolierschicht **215** bereitgestellt. Dabei können in dem Fall, in dem das Anzeigeelement **60** ein transmissives Flüssigkristallelement ist, die leitfähige Schicht **114** sowie die leitfähige Schicht **111** unter Verwendung eines lichtdurchlässigen Materials ausgebildet werden.

[0166] Bei dem Vorstehenden handelt es sich um die Beschreibung des Querschnittsstrukturbispiel 1.

[0167] Im Folgenden wird ein Beispiel für die Querschnittsstruktur des Touchscreen-Moduls **10** beschrieben, das ein Flüssigkristallelement umfasst, das einen Modus aufweist, der sich von demjenigen des Querschnittsstrukturbispiel 1 unterscheidet. Es sei angemerkt, dass die Beschreibungen der Abschnitte, die bereits beschrieben worden sind, weggelassen werden und lediglich unterschiedliche Teile im Folgenden beschrieben werden.

[0168] **Fig. 10** stellt ein Beispiel dar, in dem das Anzeigeelement **60** ein Flüssigkristallelement ist, bei dem ein FFS-Modus verwendet wird. Das Anzeigeelement **60** umfasst eine leitfähige Schicht **151**, einen Flüssigkristall **152** und eine leitfähige Schicht **153**.

[0169] Die leitfähige Schicht **153** ist über der Isolierschicht **214** bereitgestellt. Die Isolierschicht **215** ist bereitgestellt, um die leitfähige Schicht **153** zu bedecken, und die leitfähige Schicht **151** ist über der Isolierschicht **215** bereitgestellt. Die leitfähige Schicht **151** ist elektrisch mit einer Source oder einem Drain des Transistors **202** über eine Öffnung verbunden, die in den Isolierschichten **212** bis **215** bereitgestellt ist.

[0170] Die Oberseitenform der leitfähigen Schicht **151** ist kammartig oder weist einen Schlitz auf. Die leitfähige Schicht **153** ist derart bereitgestellt, dass sie sich mit der leitfähigen Schicht **151** überlappt. Es existiert ein Abschnitt, in dem die leitfähige Schicht **151** nicht über der leitfähigen Schicht **153** in einem Bereich bereitgestellt ist, der sich mit der Farbschicht **131R** und dergleichen überlappt.

[0171] Bei der Struktur, die in **Fig. 10** dargestellt wird, dient die leitfähige Schicht **151** als Pixel-Elektrode, und die leitfähige Schicht **153** dient als gemeinsame Elektrode. Es sei angemerkt, dass die leitfähige Schicht **151**, die in einer oberen Schicht bereitgestellt ist und deren Oberseitenform kammartig ist oder einen Schlitz aufweist, als gemeinsame Elektrode dienen kann, und die leitfähige Schicht **153**, die in einer unteren Schicht bereitgestellt ist, als Pixel-Elektrode dienen kann. In diesem Fall kann die leitfähige Schicht **153** elektrisch mit der Source oder dem Drain des Transistors **202** verbunden sein.

[0172] Die leitfähige Schicht **151** und die leitfähige Schicht **153** werden übereinander angeordnet, wobei die Isolierschicht **215** dazwischen positioniert ist, wodurch der Kondensator **203** gebildet wird. Demzufolge wird ein weiterer Kondensator nicht notwendigerweise bereitgestellt, und demzufolge kann das Öffnungsverhältnis des Pixels erhöht werden.

[0173] Selbst im Falle eines Modus mit horizontal elektrischen Feld, wie z. B. eines FFS-Modus

oder eines IPS-Modus, kann die leitfähige Schicht **113** als Abschirmungsschicht zum Unterdrücken des negativen Effekts des Rauschens dienen. In diesem Fall kann der leitfähigen Schicht **113** ein konstantes Potential, das das Umschalten des Flüssigkristalls **152** nicht beeinflusst, zugeführt werden. Beispielsweise kann ein Erdpotential, ein gemeinsames Potential oder ein beliebiges konstantes Potential verwendet werden. Die leitfähige Schicht **153** und die leitfähige Schicht **113** können beispielsweise auf das gleiche Potential eingestellt werden.

[0174] Durch Verwendung eines leitfähigen Materials, das sichtbares Licht durchlässt, für die leitfähige Schicht **153**, kann ein transmissives Flüssigkristallelement erhalten werden. Wenn beide der leitfähigen Schichten **151** und **153** unter Verwendung eines leitfähigen Materials ausgebildet werden, das sichtbares Licht durchlässt, kann das Öffnungsverhältnis weiter erhöht werden, was zu bevorzugen ist.

[0175] In dem Fall, in dem das Anzeigeelement **60** ein reflektives Flüssigkristallelement ist, kann/können eine oder beide der leitfähigen Schichten **151** und **153** unter Verwendung eines Materials ausgebildet werden, das sichtbares Licht reflektiert. Wenn beide der leitfähigen Schichten unter Verwendung eines Materials, das sichtbares Licht reflektiert, ausgebildet werden, kann das Öffnungsverhältnis erhöht werden. Die leitfähige Schicht **153** kann unter Verwendung eines Materials, das sichtbares Licht reflektiert, ausgebildet werden, und die leitfähige Schicht **151** kann unter Verwendung eines Materials ausgebildet werden, das sichtbares Licht durchlässt.

[0176] Alternativ kann die leitfähige Schicht **151** unter Verwendung eines Materials, das sichtbares Licht reflektiert, ausgebildet werden, und die leitfähige Schicht **153** kann unter Verwendung eines Materials, das sichtbares Licht durchlässt, ausgebildet werden, so dass ein semi-transmissives Flüssigkristallelement ausgebildet wird. In diesem Fall kann zwischen einem reflektiven Modus, bei dem Licht verwendet wird, das von der leitfähigen Schicht **151** reflektiert wird, und einem transmissiven Modus umgeschaltet werden, bei dem sich Licht von einer Hintergrundbeleuchtung durch einen Schlitz in der leitfähigen Schicht **151** bewegt.

[0177] Alternativ kann in dem Fall, in dem ein Modus mit horizontalem elektrischen Feld zum Einsatz kommt, eine blaue Phase aufweisender Flüssigkristall verwendet werden, für den kein Ausrichtungsfilm notwendig ist. Eine blaue Phase ist eine der Flüssigkristallphasen, die erzeugt wird, kurz bevor sich eine cholesterische Phase in eine isotrope Phase ändert, während die Temperatur des cholesterischen Flüssigkristalls zunimmt. Da die blaue Phase nur in einem begrenzten Temperaturbereich erscheint, wird eine Flüssigkristallzusammensetzung, der mehrere

Gewichtsprozent oder mehr eines chiralen Materials beigemischt sind, für die Flüssigkristallschicht verwendet, um den Temperaturbereich zu verbessern. Die Flüssigkristallzusammensetzung, die einen Flüssigkristall, der eine blaue Phase aufweist, und ein chirales Material enthält, weist eine kurze Ansprechzeit und optische Isotropie auf. Außerdem wird bei der Flüssigkristallzusammensetzung, die einen Flüssigkristall, der eine blaue Phase aufweist, und ein chirales Material enthält, keine Ausrichtungsbehandlung benötigt, und sie weist nur eine geringe Beleuchtungswinkelabhängigkeit auf. Ein Ausrichtungsfilm muss nicht bereitgestellt werden, und somit ist eine Reibbehandlung nicht erforderlich; dementsprechend kann eine durch die Reibbehandlung hervorgerufene Beschädigung auf Grund elektrostatischer Entladung verhindert werden und können Defekte und Schäden an der Flüssigkristallanzeigevorrichtung während des Herstellungsprozesses verringert werden.

[0178] Obwohl **Fig. 10** den Fall darstellt, in dem die lichtundurchlässige Schicht **132** in Kontakt mit einer oberen Oberfläche der leitfähigen Schicht **25** bereitgestellt ist, kann eine Isolierschicht dazwischen bereitgestellt werden, so dass sie nicht in Kontakt miteinander sind.

[0179] **Fig. 11** stellt ein Beispiel dar, in dem die leitfähige Schicht **223** bei der Struktur in **Fig. 10** nicht bereitgestellt ist. In dem Fall, in dem die leitfähige Schicht **153** als gemeinsame Elektrode verwendet wird, wird die leitfähige Schicht **153**, wie in **Fig. 11** dargestellt, vorzugsweise zwischen der Halbleiterschicht **231** des Transistors **202** und der leitfähigen Schicht **151** bereitgestellt. Demzufolge kann verhindert werden, dass ein elektrisches Feld der leitfähigen Schicht **151** die Halbleiterschicht **231** beeinflusst.

[0180] Der Verbindungsabschnitt **204** wird durch das Übereinanderanordnen eines Teils der Leitung **35** und der leitfähigen Schicht **224** ausgebildet. Die leitfähige Schicht **224** wird vorzugsweise durch ein Sputterverfahren in einer Atmosphäre, die ein Sauerstoffgas enthält, ausgebildet. Demzufolge kann der Isolierschicht **212**, über der die leitfähige Schicht **224** ausgebildet ist, Sauerstoff oder überschüssiger Sauerstoff zugefügt werden. In dem Fall, in dem ein Oxidhalbleiter für Halbleiterschichten der Transistoren **201** und **202** verwendet wird, werden Sauerstofffehlstellen in den Halbleiterschichten mit dem überschüssigen Sauerstoff gefüllt, so dass die Transistoren eine hohe Zuverlässigkeit aufweisen können. In dem Fall, in dem der Isolierschicht **212** und/oder der Oxidhalbleiterschicht überschüssiger Sauerstoff zugeführt wird, wird die Isolierschicht **213** vorzugsweise unter Verwendung eines Materials ausgebildet, das in der Lage ist, das Eindringen von Sauerstoff zu unterdrücken.

[0181] Fig. 11 stellt ein Beispiel dar, in dem die leitfähige Schicht 224 in einem Bereich, der sich von dem Verbindungsabschnitt 204 unterscheidet, durch Ätzen entfernt wird; jedoch kann die leitfähige Schicht 224, wie die leitfähige Schicht 223 in Fig. 10 oder der gleichen, in dem Bereich als weitere Elektrode oder Leitung verwendet werden, wie z. B. als die andere Gate-Elektrode eines Transistors.

[0182] Das Beispiel wird hier beschrieben, in dem unter einem Paar von leitfähigen Schichten (der leitfähigen Schicht 151 und der leitfähigen Schicht 153), das in dem Anzeigeelement 60 enthalten ist, die leitfähige Schicht 153 an der oberen Seite als Pixel-Elektrode verwendet wird und die leitfähige Schicht 151 an der unteren Seite als gemeinsame Elektrode verwendet wird; jedoch ist eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung nicht darauf beschränkt. Beispielsweise kann die leitfähige Schicht 151 an der unteren Seite als Pixel-Elektrode verwendet werden und kann die leitfähige Schicht 153 an der oberen Seite als gemeinsame Elektrode verwendet werden. In diesem Fall kann die leitfähige Schicht 151 eine inselförmige Oberseite aufweisen und elektrisch mit der Source-Elektrode oder der Drain-Elektrode des Transistors 202 verbunden sein. Die leitfähige Schicht 153 kann eine Oberseite, die einen Schlitz umfasst, oder eine kammartige Oberseite aufweisen, und kann über zwei oder mehr benachbarte Pixel bereitgestellt sein.

[0183] Bei dem Vorstehenden handelt es sich um die Beschreibung des Querschnittsstrukturbispiel 2.

[Querschnittsstrukturbispiel 3]

[0184] Im Folgenden wird ein Beispiel für die Querschnittsstruktur des Touchscreen-Moduls 10 beschrieben, das einen Berührungssensor umfasst, der eine Struktur aufweist, die sich von denjenigen der Querschnittsstrukturbispiel 1 und 2 unterscheidet. Es sei angemerkt, dass Beschreibungen der Abschnitte, die bereits beschrieben worden sind, im Folgenden weggelassen werden und lediglich unterschiedliche Teile beschrieben werden.

[0185] Das Touchscreen-Modul in Fig. 12 unterscheidet sich von demjenigen in Fig. 10 dahingehend, dass eine leitfähige Schicht 125 anstelle der leitfähigen Schicht 25 bereitgestellt ist und dass eine Isolierschicht 122 bereitgestellt ist.

[0186] Die leitfähige Schicht 125 in Fig. 12 wird unter Verwendung eines leitfähigen Materials, das ein Metalloxid enthält, ausgebildet.

[0187] Unter den lichtdurchlässigen leitfähigen Materialien, die später beschrieben werden, können beispielsweise Metalloxide verwendet werden.

[0188] Alternativ ist vorzugsweise ein niederohmiger Oxidhalbleiter enthalten. Insbesondere wird in dem Fall, in dem ein Oxidhalbleiter für eine Oxidhalbleiterschicht eines Transistors in dem Touchscreen-Modul 10 verwendet wird, ein Oxidhalbleiter, dessen spezifischer Widerstand niedriger ist als derjenige der Halbleiterschicht, vorzugsweise für die leitfähige Schicht 125 verwendet.

[0189] Der spezifische Widerstand der leitfähigen Schicht 125 kann beispielsweise durch ein Verfahren zum Steuern des spezifischen Widerstandes eines Oxidhalbleiters verringert werden, das später beschrieben wird.

[0190] In diesem Fall wird als Isolierschicht 122, die die leitfähige Schicht 125 bedeckt, vorzugsweise eine Isolierschicht verwendet, die sehr viel Wasserstoff enthält. Beispielsweise umfasst die Isolierschicht 122 vorzugsweise einen Isolierfilm, der Siliziumnitrid enthält.

[0191] Durch Verwendung eines leitfähigen Metalloxids oder eines niederohmigen Oxidhalbleiters für die leitfähige Schicht 125 wird die Oxidation ihrer Oberfläche unterdrückt, so dass das Touchscreen-Modul 10, das eine hohe Zuverlässigkeit aufweist, bereitgestellt werden kann.

[0192] Ein Teil der leitfähigen Schicht 125 überlappt sich, wie bei der leitfähigen Schicht 113 des Querschnittsstrukturbispiel 2, mit dem Anzeigeelement 60. Mit anderen Worten: Der Teil der leitfähigen Schicht 125 kann als Abschirmungsschicht dienen. Die leitfähigen Schichten in dem Berührungssensor 22 und die leitfähige Schicht, die als Abschirmungsschicht dient, können dank einer derartigen Struktur zur gleichen Zeit ausgebildet werden, so dass ein Herstellungsprozess vereinfacht werden kann.

[0193] Bei dem Vorstehenden handelt es sich um die Beschreibung des Querschnittsstrukturbispiel 3.

[Querschnittsstrukturbispiel 4]

[0194] Fig. 13 stellt ein Beispiel für einen Touchscreen dar, der einen Top-Gate-Transistor umfasst.

[0195] Ein Touchscreen-Modul in Fig. 13 unterscheidet sich von demjenigen in Fig. 2 hauptsächlich in den Strukturen der Transistoren 301 und 302. Da Strukturen, mit Ausnahme der Transistorstrukturen, fast identisch mit denjenigen in Fig. 2 sind, werden die gleichen Abschnitte durch die gleichen Bezugssymbole gekennzeichnet und werden detaillierte Beschreibungen gemeinsamer Abschnitte weggelassen.

[0196] Die Transistoren 301 und 302 umfassen jeweils die Halbleiterschicht 231 über einer Puffer-

schicht **300**, die Isolierschicht **211**, die als Gate-Isolierschicht dient, die leitfähige Schicht **221**, die als Gate-Elektrode dient und sich mit der Halbleiterschicht **231** überlappt, wobei die Gate-Isolierschicht dazwischen bereitgestellt ist, die Isolierschicht **212** und die Isolierschicht **213**, die die leitfähige Schicht **221**, die als Gate-Elektrode dient, bedecken und die leitfähige Schicht **222**, die als Source-Elektrode und Drain-Elektrode dient. Ein Bereich (niederohmiger Bereich **232**) der Halbleiterschicht, der sich nicht mit der Gate-Elektrode überlappt, weist vorzugsweise einen niedrigeren Widerstand auf als ein Kanalbildungsbereich, der sich mit der Gate-Elektrode überlappt.

[0197] Bei dem Querschnittsstrukturbeispiel **4** wird im Falle der Verwendung einer Oxidhalbleiterschicht als Halbleiterschicht **231** ein Verunreinigungselement (ein Edelgas, Stickstoff, Phosphor, Bor, Wasserstoff oder dergleichen) vorzugsweise einem Bereich der Halbleiterschicht zugefügt, der sich nicht mit der Gate-Elektrode überlappt, so dass der Bereich der Halbleiterschicht, der sich nicht mit der Gate-Elektrode überlappt, einen niedrigeren Widerstand aufweist als der Kanalbildungsbereich. Helium, Argon oder dergleichen können als Edelgas verwendet werden. Um Verunreinigungen zuzufügen, kann ein Verfahren, bei dem Plasma verwendet wird, ein Ionenimplantationsverfahren oder dergleichen verwendet werden. Ein Ionenimplantationsverfahren wird vorzugsweise verwendet, da Verunreinigungselemente unter Verwendung der Gate-Elektrode als Maske zugefügt werden können, um den Widerstand eines Teils der Oxidhalbleiterschicht zu verringern.

[0198] Der Kondensator **203** umfasst die leitfähige Schicht **221**, die Halbleiterschicht **231**, deren Widerstand verringert worden ist, und die Isolierschicht **211**, die als Dielektrikum dient und dazwischen positioniert ist. Der Kondensator **203** kann eine Struktur aufweisen, bei der die leitfähige Schicht **221**, die leitfähige Schicht **222** und die Isolierschichten **212** und **213**, die dazwischen positioniert sind, bereitgestellt sind.

[0199] Der Verbindungsabschnitt **204** wird durch das Übereinanderanordnen eines Teils der Leitung **35** und der leitfähigen Schicht **111** ausgebildet.

[0200] Die Pufferschicht **300** wird unter Verwendung eines isolierenden Materials, wie z. B. eines Siliziumoxids oder eines Metalloxids, ausgebildet. Als Metalloxid, das für die Pufferschicht **300** verwendet wird, wird ein Oxid, das eines oder mehrere von Aluminium, Indium, Gallium, Zink und dergleichen enthält, verwendet. Für die Pufferschicht **300** wird vorzugsweise ein Material verwendet, über das Verunreinigungen, wie z. B. Wasser und Wasserstoff, nicht leicht diffundieren. Mit anderen Worten: Die Pufferschicht **300** kann als Sperrsicht dienen. Eine derartige Struktur kann die Diffusion von Verunreinigungen

in die Transistoren **301** und **302** von außen effektiv unterdrücken, und somit kann ein hochzuverlässiger Touchscreen bereitgestellt werden.

[0201] Die Halbleiterschichten **231** der Transistoren **301** und **302** können unter Verwendung eines Halbleiterfilms ausgebildet werden, der sich von einem Oxidhalbleiterfilm unterscheidet. Beispielsweise kann der Halbleiterfilm amorph, mikrokristallin, polykristallin oder einkristallin sein. Als Beispiele eines Halbleitermaterials für die Halbleiterschichten **231** können ein Halbleitermaterial, das aus einem Gruppe 14 Element (z. B. Silizium oder Germanium) gebildet wird, und ein Verbundhalbleiter (z. B. Siliziumcarbid oder Si-Ge) angegeben werden.

[0202] Die Halbleiterschichten **231** können beispielsweise unter Verwendung eines polykristallinen Siliziumfilms ausgebildet werden, der auf die folgende Weise erhalten wird: Ein amorpher Siliziumfilm wird ausgebildet und dann kristallisiert. Beispiele eines Kristallisationsverfahrens für einen amorphen Siliziumfilm umfassen ein Laserkristallisationsverfahren, bei dem ein Laser mit einer Wellenlänge von weniger als oder gleich 400 nm verwendet wird, ein Lampenglüh-Kristallisationsverfahren unter Verwendung von Infrarotlicht, ein Festphasenwachstums-Verfahren mittels einer Wärmebehandlung bei 400°C bis 600°C und ein Hochtemperatur-Glühkristallisationsverfahren bei ungefähr 950°C. Bei einem Festphasenwachstums-Verfahren wird ein Katalysatorelement, wie z. B. Nickel, einem amorphen Siliziumfilm zugefügt, und dann wird eine Wärmebehandlung durchgeführt. Alternativ kann der amorphe Siliziumfilm durch beliebige einer Vielzahl von Kristallisationsverfahren kristallisiert werden. Beispielsweise wird ein polykristalliner Siliziumfilm derart erhalten, dass ein Katalysatorelement, wie z. B. Nickel, zugefügt wird und ein Festphasenwachstum durch eine Wärmebehandlung hervorgerufen wird, und dann wird dieser polykristalline Siliziumfilm mit einem Laserstrahl bestrahlt, so dass Defekte in dem polykristallinen Siliziumfilm verringert werden.

[0203] Um einen einkristallinen Siliziumfilm zu erhalten, kann ein Film verwendet werden, der aus einem Oberflächenabschnitt ausgebildet wird, der von einem einkristallinen (oder polykristallinen) Siliziumwafer getrennt wird, dem Wasserstoffionen oder dergleichen injiziert worden sind. Der Film kann für die Halbleiterschichten **231** verwendet werden.

[0204] In jeder der Halbleiterschichten **231** der Transistoren **301** und **302** werden ein Kanalbildungsbereich und niederohmige Bereiche **232**, zwischen denen der Kanalbildungsbereich bereitgestellt ist, gebildet. Es sei angemerkt, dass der niederohmige Bereich **232** einen Bereich mit niedriger Verunreinigungskonzentration (einen leicht dotierten Drain-(LDD-)Bereich) und einen Bereich mit ho-

her Verunreinigungskonzentration umfassen kann, der als Source-Bereich oder Drain-Bereich dient. Der Bereich mit niedriger Verunreinigungskonzentration weist eine niedrigere Verunreinigungskonzentration auf als der Bereich mit hoher Verunreinigungskonzentration, und er weist eine höhere Verunreinigungskonzentration auf als der Kanalbildungsbereich.

[0205] In dem Fall, in dem die Transistoren **301** und **302** n-Kanal-Transistoren sind, kann der niederohmige Bereich **232** ein Bereich vom p-Typ sein. Beispielsweise kann es sich bei dem niederohmigen Bereich **232** um einen Bereich handeln, dem Phosphor (P), Arsen (As) oder dergleichen zugefügt worden ist. In dem Fall, in dem die Transistoren **301** und **302** hingegen p-Kanal-Transistoren sind, kann der niederohmige Bereich **232** ein Bereich vom n-Typ sein. Beispielsweise kann es sich bei dem niederohmigen Bereich **232** um einen Bereich handeln, dem Bor (B), Aluminium (Al), Gallium (Ga) oder dergleichen zugefügt worden ist. Die vorstehende Verunreinigung kann dem Kanalbildungsbereich der Halbleiterschicht **231** in einer niedrigeren Konzentration zugefügt werden als dem niederohmigen Bereich **232**, um die Schwellenspannung des Transistors zu steuern.

[0206] Ein Verunreinigungselement wird vorzugsweise einem Bereich der Halbleiterschicht **231** zugefügt, der sich nicht mit der Gate-Elektrode überlappt, so dass der Bereich ein Bereich mit niedrigerem Widerstand als der Kanalbildungsbereich ist. Um Verunreinigungen zuzufügen, kann typischerweise ein Verfahren, bei dem Plasma verwendet wird, ein Ionenimplantationsverfahren oder dergleichen verwendet werden. Ein Ionenimplantationsverfahren wird vorzugsweise verwendet, da Verunreinigungselemente unter Verwendung der Gate-Elektrode als Maske zugefügt werden können, um den Widerstand eines Teils der Oxidhalbleiterschicht **231** zu verringern.

[0207] Die Transistoren **301** und **302** können eine Struktur aufweisen (auch als Struktur mit mehreren Kanälen oder als Struktur mit mehreren Gates bezeichnet), die eine Vielzahl von Kanalbildungsbereichen in der Halbleiterschicht **231** umfasst. Beispielsweise können zwei oder mehr Gate-Elektroden voneinander entfernt über der Halbleiterschicht **231** bereitgestellt werden. In einem Bereich zwischen den zwei benachbarten Kanalbildungsbereichen kann der vorstehend beschriebene niederohmige Bereich (ein Bereich mit niedriger Verunreinigungskonzentration und/oder ein Bereich mit hoher Verunreinigungskonzentration) bereitgestellt werden. Wenn der Transistor eine Struktur mit mehreren Kanälen aufweist, kann der Leckstrom des Transistors in einem Sperrzustand verringert werden.

[0208] Der Kondensator **203** weist eine Struktur auf, bei der ein Teil des niederohmigen Bereichs **232** der

Halbleiterschicht **231**, die Isolierschicht **212** und die leitfähige Schicht **221** übereinander angeordnet sind. Bei dem Kondensator **203** kann der niederohmige Bereich **232** eine höhere Verunreinigungskonzentration aufweisen als Source- und Drain-Bereiche des Transistors **302**. Die Struktur des Kondensators **203** ist nicht darauf beschränkt, und eine Kombination einer weiteren leitfähigen Schicht und einer weiteren Isolierschicht kann verwendet werden. Beispielsweise können die leitfähige Schicht **221**, die leitfähige Schicht **222** und die Isolierschichten **212** und **213**, die dazwischen positioniert sind, übereinander angeordnet sein.

[0209] In **Fig. 3**, **Fig. 4**, **Fig. 5**, **Fig. 6**, **Fig. 7**, **Fig. 8**, **Fig. 9**, **Fig. 10** und **Fig. 11** können die Transistoren **201** und **202** durch die Transistoren **301** und **302**, die in **Fig. 13** dargestellt werden, ersetzt werden. **Fig. 14** ist eine schematische Querschnittsansicht des Falles, in dem die Transistoren in **Fig. 3** durch die Transistoren **301** und **302**, die in **Fig. 13** dargestellt werden, ersetzt werden. **Fig. 15** ist eine schematische Querschnittsansicht des Falles, in dem die Transistoren in **Fig. 4** durch die Transistoren **301** und **302**, die in **Fig. 13** dargestellt werden, ersetzt werden. **Fig. 16** ist eine schematische Querschnittsansicht des Falles, in dem die Transistoren in **Fig. 5** durch die Transistoren **301** und **302**, die in **Fig. 13** dargestellt werden, ersetzt werden. **Fig. 17** ist eine schematische Querschnittsansicht des Falles, in dem die Transistoren in **Fig. 6** durch die Transistoren **301** und **302**, die in **Fig. 13** dargestellt werden, ersetzt werden. **Fig. 18** ist eine schematische Querschnittsansicht des Falles, in dem die Transistoren in **Fig. 7** durch die Transistoren **301** und **302**, die in **Fig. 13** dargestellt werden, ersetzt werden. **Fig. 19** ist eine schematische Querschnittsansicht des Falles, in dem die Transistoren in **Fig. 8** durch die Transistoren **301** und **302**, die in **Fig. 13** dargestellt werden, ersetzt werden. **Fig. 20** ist eine schematische Querschnittsansicht des Falles, in dem die Transistoren in **Fig. 9** durch die Transistoren **301** und **302**, die in **Fig. 13** dargestellt werden, ersetzt werden. **Fig. 21** ist eine schematische Querschnittsansicht des Falles, in dem die Transistoren in **Fig. 10** durch die Transistoren **301** und **302**, die in **Fig. 13** dargestellt werden, ersetzt werden.

[0210] Das Beispiel wird in **Fig. 21** und dergleichen dargestellt, in dem unter einem Paar von leitfähigen Schichten (der leitfähigen Schicht **151** und der leitfähige Schicht **153**), das in dem Anzeigeelement **60** enthalten ist, die leitfähige Schicht **151** an der oberen Seite als Pixel-Elektrode verwendet wird und die leitfähige Schicht **153** an der unteren Seite als gemeinsame Elektrode verwendet wird; jedoch ist eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung nicht darauf beschränkt. **Fig. 22** stellt ein Beispiel dar, in dem die leitfähige Schicht **151** an der unteren Seite als Pixel-Elektrode verwendet wird und die leitfähige Schicht **153** an der oberen Seite als gemeinsame

Elektrode verwendet wird. In **Fig. 22** weist die leitfähige Schicht **151** eine inselförmige Oberseite auf und ist elektrisch mit einer Source-Elektrode oder einer Drain-Elektrode des Transistors **202** verbunden. Die leitfähige Schicht **153** weist eine Oberseite, die einen Schlitz umfasst, oder eine kammartige Oberseite auf, und ist über zwei oder mehr benachbarte Pixel bereitgestellt.

[0211] Bei dem Vorstehenden handelt es sich um die Beschreibung des Querschnittsstrukturbispiel 4.

[Querschnittsstrukturbispiel 5]

[0212] Ein weiteres Beispiel eines Touchscreens, der einen Bottom-Gate-Transistor umfasst, wird nachstehend beschrieben.

[0213] Ein Touchscreen-Modul in **Fig. 23** unterscheidet sich von demjenigen in **Fig. 13** hauptsächlich in den Strukturen der Transistoren **401** und **402**. Da Strukturen, mit Ausnahme der Transistorstrukturen, fast identisch mit denjenigen in **Fig. 13** sind, werden die gleichen Abschnitte durch die gleichen Bezeichnungen gekennzeichnet und werden detaillierte Beschreibungen gemeinsamer Abschnitte weggelassen.

[0214] Die Transistoren **401** und **402** umfassen jeweils die leitfähige Schicht **221**, die als Gate-Elektrode dient, über dem Substrat **31**, die Isolierschicht **211**, die als Gate-Isolierschicht dient und die leitfähige Schicht **221** bedeckt, die Halbleiterschicht **231**, die sich mit der leitfähigen Schicht **221** überlappt, über der Isolierschicht **211** sowie die leitfähige Schicht **222**, die als Source-Elektrode oder Drain-Elektrode dient und mit der Halbleiterschicht **231** in Kontakt ist. Die Halbleiterschicht **231** umfasst einen Kanalbildungsbereich und den niederohmigen Bereich **232**, der einen geringeren spezifischen elektrischen Widerstand aufweist als der Kanalbildungsbereich.

[0215] Der Kondensator **203** umfasst die leitfähige Schicht **221**, die leitfähige Schicht **222** und die Isolierschicht **211**, die dazwischen positioniert ist und als Dielektrikum dient. Die Struktur des Kondensators **203** ist nicht darauf beschränkt, und eine Kombination einer weiteren leitfähigen Schicht und einer weiteren Isolierschicht kann verwendet werden. Beispielsweise kann der Kondensator **203** die leitfähige Schicht **221**, den niederohmigen Bereich **232** der Halbleiterschicht **231** und die Isolierschicht **211** umfassen, die dazwischen positioniert ist und als Dielektrikum dient.

[0216] Bei dem Beispiel, das in **Fig. 23** dargestellt wird, weisen die Transistoren **401** und **402** jeweils eine Struktur auf, bei der die Halbleiterschicht **231**, in der ein Kanal gebildet wird, zwischen zwei Gate-Elektroden (den leitfähigen Schichten **221** und **223**) bereitgestellt ist.

[0217] **Fig. 23** stellt ein Beispiel dar, in dem der Verbindungsabschnitt **204** durch das Übereinanderanordnen eines Teils der Leitung **35** und einer leitfähigen Schicht ausgebildet wird, die durch Verarbeitung des leitfähigen Films erhalten wird, der zum Ausbilden der leitfähigen Schicht **223** verwendet wird.

[0218] Wie in **Fig. 24** dargestellt, kann eine Struktur ohne leitfähige Schicht **223** zum Einsatz kommen. Wenn die leitfähige Schicht **223** nicht bereitgestellt ist, kann ein Herstellungsprozess eines Touchscreens vereinfacht werden und können die Herstellungskosten verringert werden.

[0219] Mindestens einige der vorstehenden Beispiele können adäquat in Kombination miteinander implementiert werden.

[0220] Mindestens ein Teil dieser Ausführungsform kann gegebenenfalls in Kombination mit einer der Ausführungsformen implementiert werden, die in dieser Beschreibung beschrieben werden.

[Komponenten]

[0221] Die vorstehend erwähnten Komponenten werden im Folgenden beschrieben.

[Substrat]

[0222] Ein Substrat mit einer planen Oberfläche kann als Substrat verwendet werden, das in dem Touchscreen enthalten ist. Das Substrat auf der Seite, von der Licht von dem Anzeigeelement extrahiert wird, wird unter Verwendung eines Materials ausgebildet, das Licht durchlässt. Beispielsweise kann ein Material, wie z. B. Glas, Quarz, Keramik, Saphir oder ein organisches Harz, verwendet werden.

[0223] Das Gewicht und die Dicke des Touchscreens können unter Verwendung eines dünnen Substrats verringert werden. Ein flexibler Touchscreen kann erhalten werden, indem ein Substrat verwendet wird, das dünn genug ist, um Flexibilität aufzuweisen.

[0224] Als Glas kann beispielsweise alkalifreies Glas, Bariumborosilikatglas, Aluminoborosilikatglas oder dergleichen verwendet werden.

[0225] Beispiele für ein Material, das Flexibilität aufweist und sichtbares Licht durchlässt, umfassen flexibles Glas, Polyesterharze, wie z. B. Polyethylenterephthalat (PET) und Polyethylennapthalat (PEN), ein Polyacrylnitrilharz, ein Polyimidharz, ein Polymethylmethacrylatharz, ein Polycarbonat-(PC-)Harz, ein Polyethersulfon-(PES-)Harz, ein Polyamidharz, ein Cycloolefinharz, ein Polystyrolharz, ein Polyamidimidharz, ein Polyvinylchloridharz und Polytetrafluorethylen (PTFE). Im Besonderen wird ein Materi-

al bevorzugt, dessen Wärmeausdehnungskoeffizient gering ist, und beispielsweise kann ein Polyamidimidharz, ein Polyimidharz oder PET vorteilhaft verwendet werden. Ein Substrat, bei dem eine Glasfaser mit einem organischen Harz imprägniert ist, oder ein Substrat, dessen Wärmeausdehnungskoeffizient durch Mischen eines organischen Harzes mit einem anorganischen Füllmaterial verringert worden ist, kann ebenfalls verwendet werden. Ein Substrat, bei dem ein derartiges Material verwendet wird, ist leicht, und dementsprechend kann ein Touchscreen, bei dem dieses Substrat verwendet wird, ebenfalls leicht sein.

[0226] Da das Substrat, über das kein Licht extrahiert wird, keine Lichtdurchlässigkeitseigenschaft aufweisen muss, kann zusätzlich zu den oben beschriebenen Substraten ein Metallsubstrat, ein Kunststoffsubstrat, ein Halbleitersubstrat oder dergleichen verwendet werden. Ein Metallmaterial und ein Legierungsmaterial, die eine hohe Wärmeleitfähigkeit aufweisen, werden bevorzugt, da sie Wärme leicht in das gesamte Abdichtungssubstrat leiten und somit einen lokalen Temperaturanstieg in dem Touchscreen verhindern können. Um Flexibilität oder Biegsamkeit zu erhalten, ist die Dicke eines Metallsubstrats bevorzugt größer als oder gleich 10 µm und kleiner als oder gleich 200 µm, stärker bevorzugt größer als oder gleich 20 µm und kleiner als oder gleich 50 µm.

[0227] Obwohl es keine besondere Beschränkung hinsichtlich eines Materials eines Metallsubstrats gibt, wird vorzugsweise beispielsweise ein Metall, wie z. B. Aluminium, Kupfer oder Nickel, eine Aluminiumlegierung oder eine Legierung, wie z. B. Edelstahl, verwendet.

[0228] Vorzugsweise wird ein Substrat verwendet, das einer Isolierungsbehandlung unterzogen worden ist, z. B. ein Metallsubstrat, dessen Oberfläche oxidiert worden ist oder mit einem Isolierfilm bereitgestellt wird. Ein Isolierfilm kann beispielsweise durch ein Beschichtungsverfahren, wie z. B. ein Rotationsbeschichtungsverfahren oder ein Tauchverfahren, ein Elektroabscheidungsverfahren, ein Verdampfungsverfahren oder ein Sputterverfahren ausgebildet werden. Ein Oxidfilm kann über der Substratoberfläche durch ein anodisches Oxidationsverfahren, Aussetzung oder Erwärmung in einer Sauerstoffatmosphäre oder dergleichen ausgebildet werden.

[0229] Als flexibles Substrat können die vorstehende Materialschicht und eine Hartschicht (z. B. eine Siliziumnitridschicht), durch die eine Oberfläche des Touchscreens vor Schäden geschützt wird, eine Schicht (z. B. eine Aramidharzschicht), die den Druck verteilen kann, oder dergleichen übereinander angeordnet sein. Um eine Verkürzung der Lebensdauer des Anzeigeelements auf Grund von Feuchtigkeit

und dergleichen zu unterdrücken, kann ein Isolierfilm mit geringer Wasserdurchlässigkeit ferner über dem flexiblen Substrat angeordnet sein. Beispielsweise kann ein anorganisches isolierendes Material, wie z. B. Siliziumnitrid, Siliziumoxynitrid, Aluminiumoxid oder Aluminiumnitrid, verwendet werden.

[0230] Das Substrat kann durch das Übereinanderanordnen einer Vielzahl von Schichten ausgebildet werden. Wenn eine Glasschicht verwendet wird, kann eine Barriereeigenschaft gegen Wasser und Sauerstoff verbessert werden, und somit kann ein hochzuverlässiger Touchscreen bereitgestellt werden.

[0231] Beispielsweise kann ein Substrat verwendet werden, bei dem eine Glasschicht, eine Klebeschicht und eine organische Harzschicht von der Seite aus übereinander angeordnet sind, die sich näher an dem Anzeigeelement befindet. Die Dicke der Glasschicht ist größer als oder gleich 20 µm und kleiner als oder gleich 200 µm, vorzugsweise größer als oder gleich 25 µm und kleiner als oder gleich 100 µm. Mit einer derartigen Dicke kann die Glasschicht sowohl eine hohe Barriereeigenschaft gegen Wasser und Sauerstoff als auch eine hohe Flexibilität aufweisen. Die Dicke der organischen Harzschicht ist größer als oder gleich 10 µm und kleiner als oder gleich 200 µm, bevorzugt größer als oder gleich 20 µm und kleiner als oder gleich 50 µm. Indem eine derartige organische Harzschicht bereitgestellt wird, kann das Auftreten eines Bruches oder eines Risses in der Glasschicht vermieden werden, und die mechanische Festigkeit kann erhöht werden. Mit dem Substrat, das ein derartiges Verbundmaterial aus einem Glasmaterial und einem organischen Harz umfasst, kann ein hochzuverlässiger und flexibler Touchscreen bereitgestellt werden.

[Transistor]

[0232] Der Transistor umfasst eine leitfähige Schicht, die als Gate-Elektrode dient, die Halbleiterschicht, eine leitfähige Schicht, die als Source-Elektrode dient, eine leitfähige Schicht, die als Drain-Elektrode dient, und eine Isolierschicht, die als Gate-Isolierschicht dient. Bei dem Vorstehenden wird ein Bottom-Gate-Transistor oder ein Top-Gate-Transistor verwendet.

[0233] Es sei angemerkt, dass es keine besondere Beschränkung bezüglich der Struktur des Transistors gibt, der in dem Touchscreen einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung enthalten ist. Beispielsweise kann ein Forward-Staggered-Transistor oder ein Inverted-Staggered-Transistor verwendet werden. Es kann ein Top-Gate-Transistor oder ein Bottom-Gate-Transistor verwendet werden. Es gibt keine besondere Beschränkung bezüglich eines Halbleitermaterials, das für den Transistor verwendet

wird, und beispielsweise kann ein Oxidhalbleiter, Silizium oder Germanium verwendet werden.

[0234] Es gibt keine besondere Beschränkung hinsichtlich der Kristallinität eines Halbleitermaterials, das für die Transistoren verwendet wird, und ein amorpher Halbleiter oder ein Halbleiter mit Kristallinität (ein mikrokristalliner Halbleiter, ein polykristalliner Halbleiter, ein einkristalliner Halbleiter oder ein Halbleiter, der teilweise Kristallbereiche umfasst) können verwendet werden. Vorzugsweise wird ein Halbleiter mit Kristallinität verwendet, wobei in diesem Falle eine Verschlechterung der Transistoreigenschaften unterdrückt werden kann.

[0235] Als Halbleitermaterial für die Halbleiterschicht des Transistors kann beispielsweise ein Element der Gruppe 14, ein Verbundhalbleiter oder ein Oxidhalbleiter verwendet werden. Typischerweise kann ein Silizium enthaltender Halbleiter, ein Galliumarsenid enthaltender Halbleiter, ein Indium enthaltender Oxidhalbleiter oder dergleichen verwendet werden.

[0236] Im Besonderen wird für den Halbleiter des Transistors, in dem ein Kanal gebildet wird, vorzugsweise ein Oxidhalbleiter verwendet, der eine größere Bandlücke aufweist als Silizium. Vorzugsweise wird ein Halbleitermaterial, das eine größere Bandlücke und eine niedrigere Ladungsträgerdichte aufweist als Silizium, verwendet, da der Leckstrom im Sperrzustand des Transistors verringert werden kann.

[0237] Beispielsweise ist als Oxidhalbleiter vorzugsweise mindestens Indium (In) oder Zink (Zn) enthalten. Es wird stärker bevorzugt, dass ein Oxid auf In-M-Zn-Basis (M ist ein Metall, wie z. B. Al, Ti, Ga, Ge, Y, Zr, Sn, La, Ce oder Hf) enthalten ist.

[0238] Als Halbleiterschicht wird insbesondere ein Oxidhalbleiterfilm bevorzugt verwendet, der eine Vielzahl von Kristallteilen enthält, deren c-Achsen im Wesentlichen senkrecht zu einer Oberfläche, auf der die Halbleiterschicht ausgebildet ist, oder der Oberseite der Halbleiterschicht ausgerichtet sind und bei dem keine Korngrenze zwischen angrenzenden Kristallteilen beobachtet wird.

[0239] Bei einem derartigen Oxidhalbleiter existiert keine Korngrenze; daher kann dann, wenn ein Anzeigefeld gebogen wird, verhindert werden, dass ein Riss in einem Oxidhalbleiterfilm durch Beanspruchung erzeugt wird. Deshalb kann ein derartiger Oxidhalbleiter vorteilhaft für einen flexiblen Touchscreen, der in einem gebogenen Zustand verwendet wird, oder dergleichen verwendet werden.

[0240] Außerdem ermöglicht die Verwendung eines derartigen Oxidhalbleiters mit Kristallinität für die Halbleiterschicht, einen hochzuverlässigen Transis-

tor bereitzustellen, bei dem eine Veränderung der elektrischen Eigenschaften unterdrückt wird.

[0241] Dank des niedrigen Sperrstroms des Transistors kann ein Transistor mit einem Oxidhalbleiter, dessen Bandlücke größer ist als die Bandlücke von Silizium, Ladungen, die in einem Kondensator gespeichert sind, der in Reihe mit dem Transistor geschaltet ist, für eine lange Zeit halten. Wenn ein derartiger Transistor für ein Pixel verwendet wird, kann der Betrieb einer Treiberschaltung unterbrochen werden, während eine Graustufe eines Bildes, das in jedem Anzeigebereich angezeigt wird, aufrechterhalten wird. Folglich kann eine Anzeigevorrichtung mit sehr niedrigem Stromverbrauch erhalten werden.

[0242] Beispielsweise umfasst die Oxidhalbleiterschicht vorzugsweise einen Film, der durch ein In-M-Zn-Oxid repräsentiert wird, das mindestens Indium (In), Zink (Zn) und M (ein Metall, wie z. B. Al, Ti, Ga, Y, Zr, La, Ce, Sn oder Hf) enthält.

[0243] Um Schwankungen der elektrischen Eigenschaften des Transistors, der den Oxidhalbleiter umfasst, zu verringern, enthält der Oxidhalbleiter zusätzlich zu In, Zn und M vorzugsweise einen Stabilisator.

[0244] Beispiele für den Stabilisator umfassen, einschließlich der Metalle, die als M verwendet werden können, Gallium (Ga), Zinn (Sn), Hafnium (Hf), Aluminium (Al) und Zirkonium (Zr). Als weiterer Stabilisator kann ein Lanthanoid, wie z. B. Lanthan (La), Cer (Ce), Praseodym (Pr), Neodym (Nd), Samarium (Sm), Europium (Eu), Gadolinium (Gd), Terbium (Tb), Dysprosium (Dy), Holmium (Ho), Erbium (Er), Thulium (Tm), Ytterbium (Yb) oder Lutetium (Lu) angegeben werden.

[0245] Als Oxidhalbleiter, der in der Halbleiterschicht enthalten ist, kann beispielsweise ein beliebiges der folgenden Oxide verwendet werden: ein Oxid auf In-Ga-Zn-Basis, ein Oxid auf In-Al-Zn-Basis, ein Oxid auf In-Sn-Zn-Basis, ein Oxid auf In-Hf-Zn-Basis, ein Oxid auf In-La-Zn-Basis, ein Oxid auf In-Ce-Zn-Basis, ein Oxid auf In-Pr-Zn-Basis, ein Oxid auf In-Nd-Zn-Basis, ein Oxid auf In-Sm-Zn-Basis, ein Oxid auf In-Eu-Zn-Basis, ein Oxid auf In-Gd-Zn-Basis, ein Oxid auf In-Tb-Zn-Basis, ein Oxid auf In-Dy-Zn-Basis, ein Oxid auf In-Ho-Zn-Basis, ein Oxid auf In-Er-Zn-Basis, ein Oxid auf In-Tm-Zn-Basis, ein Oxid auf In-Yb-Zn-Basis, ein Oxid auf In-Lu-Zn-Basis, ein Oxid auf In-Sn-Ga-Zn-Basis, ein Oxid auf In-Hf-Ga-Zn-Basis, ein Oxid auf In-Al-Ga-Zn-Basis, ein Oxid auf In-Sn-Al-Zn-Basis, ein Oxid auf In-Sn-Hf-Zn-Basis und ein Oxid auf In-Hf-Al-Zn-Basis.

[0246] Es sei angemerkt, dass ein „Oxid auf In-Ga-Zn-Basis“ hier beispielsweise ein Oxid meint, das In, Ga und Zn als seine Hauptbestandteile enthält, und es gibt keine Beschränkung hinsichtlich des Verhälts-

nisses von In:Ga:Zn. Das Oxid auf In-Ga-Zn-Basis kann zusätzlich zu In, Ga und Zn ein weiteres Metallelement enthalten.

[0247] Die Halbleiterschicht und die leitfähige Schicht können die gleichen Metallelemente enthalten, die in den vorstehenden Oxiden enthalten sind. Die Verwendung der gleichen Metallelemente für die Halbleiterschicht und die leitfähige Schicht kann die Herstellungskosten verringern. Wenn beispielsweise Metalloxidtargets mit der gleichen Metallzusammensetzung verwendet werden, können die Herstellungskosten verringert werden, und das gleiche Ätzgas oder das gleiche Ätzmittel kann beim Verarbeiten der Halbleiterschicht und der leitfähigen Schicht verwendet werden. Es sei angemerkt, dass selbst dann, wenn die Halbleiterschicht und die leitfähige Schicht die gleichen Metallelemente enthalten, sie in einigen Fällen unterschiedliche Zusammensetzungen aufweisen können. Beispielsweise wird ein Metallelement in einem Film während des Herstellungsprozesses des Transistors und des Kondensators freigesetzt, was zu unterschiedlichen Metallzusammensetzungen führen kann.

[0248] In dem Fall, in dem die Halbleiterschicht ein In-M-Zn-Oxid ist, sind die In- und M-Anteile vorzugsweise wie folgt, wobei vorausgesetzt wird, dass die Summe von In und M 100 Atom-% ist: Der Atomprozentsatz von In ist höher als 25 Atom-% und der Atomprozentsatz von M ist niedriger als 75 Atom-%, stärker bevorzugt ist der Atomprozentsatz von In höher als 34 Atom-% und der Atomprozentsatz von M ist niedriger als 66 Atom-%.

[0249] Die Energielücke der Halbleiterschicht ist 2 eV oder mehr, bevorzugt 2,5 eV oder mehr, stärker bevorzugt 3 eV oder mehr. Durch Verwendung eines Oxidhalbleiters mit einer derartigen großen Energielücke kann der Sperrstrom des Transistors verringert werden.

[0250] Die Dicke der Halbleiterschicht ist größer als oder gleich 3 nm und kleiner als oder gleich 200 nm, bevorzugt größer als oder gleich 3 nm und kleiner als oder gleich 100 nm, stärker bevorzugt größer als oder gleich 3 nm und kleiner als oder gleich 50 nm.

[0251] In dem Fall, in dem die Halbleiterschicht ein In-M-Zn-Oxid enthält (M stellt Al, Ga, Y, Zr, La, Ce oder Nd dar), wird bevorzugt, dass das Atomverhältnis von Metallelementen eines Sputtertargets, das zum Ausbilden eines Films des In-M-Zn-Oxid verwendet wird, $In \geq M$ und $Zn \geq M$ erfüllt. Als Atomverhältnis der Metallelemente eines derartigen Sputtertargets werden $In:M:Zn = 1:1:1$, $In:M:Zn = 1:1:1, 2$, und $In:M:Zn = 3:1:2$ bevorzugt. Es sei angemerkt, dass das Atomverhältnis der Metallelemente in der ausgebildeten Oxidhalbleiterschicht innerhalb eines Fehlerbereiches von $\pm 40\%$ von dem vorstehenden

Atomverhältnis der Metallelemente des Sputtertargets abweicht.

[0252] Ein Oxidhalbleiterfilm mit einer niedrigen Ladungsträgerdichte wird als Halbleiterschicht verwendet. Zum Beispiel ist die Halbleiterschicht ein Oxidhalbleiterfilm, dessen Ladungsträgerdichte niedriger als oder gleich $1 \times 10^{17}/\text{cm}^3$, bevorzugt niedriger als oder gleich $1 \times 10^{15}/\text{cm}^3$, stärker bevorzugt niedriger als oder gleich $1 \times 10^{13}/\text{cm}^3$, noch stärker bevorzugt niedriger als oder gleich $1 \times 10^{11}/\text{cm}^3$ ist.

[0253] Es sei angemerkt, dass je nach erforderlichen Halbleitereigenschaften und elektrischen Eigenschaften (z. B. Feldeffektbeweglichkeit und Schwellenspannung) eines Transistors ein Material mit einer geeigneten Zusammensetzung verwendet werden kann, ohne dabei auf die vorstehend beschriebenen Zusammensetzungen beschränkt zu sein. Um die erforderlichen Halbleitereigenschaften des Transistors zu erhalten, werden die Ladungsträgerdichte, die Verunreinigungskonzentration, die Defektdichte, das Atomverhältnis eines Metallelements zu Sauerstoff, der Atomabstand, die Dichte und der gleichen der Halbleiterschicht vorzugsweise auf adäquate Werte eingestellt.

[0254] Wenn Silizium oder Kohlenstoff, das/der eines der Elemente ist, die zur Gruppe 14 gehören, in der Halbleiterschicht enthalten ist, vermehren sich Sauerstofffehlstellen in der Halbleiterschicht, und die Halbleiterschicht wird zu einem n-Typ. Deshalb ist die Silizium- oder Kohlenstoffkonzentration (gemessen durch Sekundärionenmassenspektrometrie (SIMS)) in der Halbleiterschicht niedriger als oder gleich 2×10^{18} Atome/ cm^3 , bevorzugt niedriger als oder gleich 2×10^{17} Atome/ cm^3 .

[0255] Des Weiteren ist die Alkalimetall- oder Erdalkalimetallkonzentration der Halbleiterschicht, die durch SIMS gemessen wird, niedriger als oder gleich 1×10^{18} Atome/ cm^3 , bevorzugt niedriger als oder gleich 2×10^{16} Atome/ cm^3 . Ein Alkalimetall und ein Erdalkalimetall könnten Ladungsträger erzeugen, wenn sie an einen Oxidhalbleiter gebunden werden, wobei in diesem Fall der Sperrstrom des Transistors ansteigen könnte. Deshalb wird die Alkalimetall- oder Erdalkalimetallkonzentration in der Halbleiterschicht vorzugsweise verringert.

[0256] Wenn Stickstoff in der Halbleiterschicht enthalten ist, werden Elektronen erzeugt, die als Ladungsträger dienen, und die Ladungsträgerdichte erhöht sich, so dass die Halbleiterschicht leicht zu einem n-Typ wird. Folglich ist die Wahrscheinlichkeit groß, dass sich ein Transistor, der einen stickstoffhaltigen Oxidhalbleiter enthält, selbstleitend verhält. Aus diesem Grund wird Stickstoff in dem Oxidhalbleiterfilm vorzugsweise so weit wie möglich verringert; die Stickstoffkonzentration, die durch SIMS gemes-

sen wird, wird vorzugsweise z. B. auf niedriger als oder gleich 5×10^{18} Atome/cm³ eingestellt.

[0257] Ein Oxidhalbleiter wird in einen einkristallinen Oxidhalbleiter und in einen nicht-einkristallinen Oxidhalbleiter eingeteilt. Beispiele für einen nicht-einkristallinen Oxidhalbleiter umfassen einen kristallinen Oxidhalbleiter mit Ausrichtung bezüglich der c-Achse (c-axis aligned crystalline oxide semiconductor, CAAC-OS), einen polykristallinen Oxidhalbleiter, einen nanokristallinen Oxidhalbleiter (nc-OS), einen amorphähnlichen Oxidhalbleiter (a-like OS), und einen amorphen Oxidhalbleiter.

[0258] Von einer anderen Perspektive aus gesehen, wird ein Oxidhalbleiter in einen amorphen Oxidhalbleiter und in einen kristallinen Oxidhalbleiter eingeteilt. Beispiele für einen kristallinen Oxidhalbleiter umfassen einen einkristallinen Oxidhalbleiter, einen CAAC-OS, einen polykristallinen Oxidhalbleiter und einen nc-OS.

[0259] Im Allgemeinen wird beispielsweise davon ausgegangen, dass eine amorphe Struktur isotrop ist und keine unregelmäßige Struktur aufweist, metastabil ist und keine festen Atompositionen aufweist, einen flexiblen Bindungswinkel aufweist und eine Nahordnung, jedoch keine Fernordnung, aufweist.

[0260] Mit anderen Worten: Ein stabiler Oxidhalbleiter kann nicht als vollständig amorpher Oxidhalbleiter angesehen werden. Des Weiteren kann ein Oxidhalbleiter, der nicht isotrop ist (z. B. ein Oxidhalbleiter, der eine periodische Struktur in einem mikroskopischen Bereich aufweist), nicht als vollständig amorpher Oxidhalbleiter angesehen werden. Im Gegensatz dazu weist ein a-ähnlicher OS, der nicht isotrop ist, eine instabile Struktur auf, die einen Hohlraum enthält. Auf Grund seiner Instabilität ist ein a-ähnlicher OS in Bezug auf die physikalischen Eigenschaften nahe an einem amorphen Oxidhalbleiter.

[0261] Als Erstes wird ein CAAC-OS-Film beschrieben.

[0262] Der CAAC-OS-Film ist einer der Oxidhalbleiterfilme, die eine Vielzahl von Kristallteilen mit Ausrichtung bezüglich der c-Achse enthält.

[0263] In einem kombinierten Analysebild (auch als hochauflösendes TEM-Bild bezeichnet) aus einem Helffeldbild und einem Beugungsbild eines CAAC-OS-Films, das unter Verwendung eines Transmissionselektronenmikroskops (TEM) erhalten wird, kann eine Vielzahl von Kristallteilen beobachtet werden. Selbst in dem hochauflösenden TEM-Bild wird jedoch eine Grenze zwischen Kristallteilen, das heißt eine Korngrenze, nicht eindeutig beobachtet. Folglich ist es unwahrscheinlich, dass es in dem CAAC-OS-Film

zu einer Verringerung der Elektronenbeweglichkeit auf Grund der Korngrenze kommt.

[0264] Dem hochauflösenden Querschnitts-TEM-Bild des CAAC-OS-Films zufolge, der in einer Richtung beobachtet wird, die im Wesentlichen parallel zu einer Probenoberfläche ist, sind Metallatome in den Kristallteilen in geschichteter Weise angeordnet. Jede Metallatomschicht weist eine Gestalt auf, die eine Oberfläche, über der der CAAC-OS-Film ausgebildet ist (eine Oberfläche, über der der CAAC-OS-Film ausgebildet ist, wird nachstehend als Ausbildungsoberfläche bezeichnet), oder eine Oberseite des CAAC-OS-Films widerspiegelt, und jede Metallatomschicht ist parallel zu der Ausbildungsoberfläche oder der Oberseite des CAAC-OS-Films angeordnet.

[0265] Dem hochauflösenden TEM-Bild des CAAC-OS-Films zufolge, der in einer Richtung beobachtet wird, die im Wesentlichen senkrecht zu der Probenoberfläche ist, ordnen sich Metallatome im Gegensatz dazu in den Kristallbereichen in einer dreieckigen oder sechseckigen Konfiguration an. Zwischen verschiedenen Kristallteilen gibt es jedoch keine Regelmäßigkeit der Anordnung von Metallatomen.

[0266] Ein CAAC-OS-Film wird einer Strukturanalyse mittels eines Röntgenstrahlbeugungs-(X-ray diffraction, XRD-)Geräts unterzogen. Wenn der CAAC-OS-Film, der einen InGaZnO₄-Kristall enthält, beispielsweise durch ein Out-of-Plane-Verfahren (out-of-plane method) analysiert wird, erscheint oft ein Peak, wenn der Beugungswinkel (2θ) bei ungefähr 31° liegt. Dieser Peak stammt aus der (009)-Ebene des InGaZnO₄-Kristalls, was darauf hindeutet, dass Kristalle in dem CAAC-OS-Film eine Ausrichtung bezüglich der c-Achse aufweisen und dass die c-Achsen in einer Richtung, die im Wesentlichen senkrecht zu der Ausbildungsoberfläche oder der Oberseite des CAAC-OS-Films ist, ausgerichtet sind.

[0267] Es sei angemerkt, dass dann, wenn der CAAC-OS-Film mit einem InGaZnO₄-Kristall durch ein Out-of-Plane-Verfahren analysiert wird, neben dem Peak bei 2θ von ungefähr 31° auch ein Peak bei 2θ von ungefähr 36° beobachtet werden kann. Der Peak bei 2θ von ungefähr 36° deutet darauf hin, dass ein Kristall ohne Ausrichtung bezüglich der c-Achse in einem Teil des CAAC-OS-Films enthalten ist. Es wird bevorzugt, dass in dem CAAC-OS-Film ein Peak bei 2θ von ungefähr 31° erscheint und kein Peak bei 2θ von ungefähr 36° erscheint.

[0268] Der CAAC-OS-Film ist ein Oxidhalbleiterfilm mit einer niedrigen Verunreinigungskonzentration. Die Verunreinigung ist ein Element, das sich von den Hauptbestandteilen des Oxidhalbleiterfilms unterscheidet, wie z. B. Wasserstoff, Kohlenstoff, Silizium oder ein Übergangsmetallelement. Im Besonderen stört ein Element, das eine höhere Bindungsstär-

ke an Sauerstoff aufweist als ein in dem Oxidhalbleiterfilm enthaltenes Metallelement, wie z. B. Silizium, die Atomanordnung des Oxidhalbleiterfilms, indem es dem Oxidhalbleiterfilm Sauerstoff entzieht, und reduziert die Kristallinität. Ein Schwermetall, wie z. B. Eisen oder Nickel, Argon, Kohlenstoffdioxid oder der gleichen weist einen großen Atomradius (oder Molekülradius) auf und stört somit die Atomanordnung in dem Oxidhalbleiterfilm, wenn es in dem Oxidhalbleiterfilm enthalten ist, was zur Verringerung der Kristallinität des Oxidhalbleiterfilms führt. Es sei angemerkt, dass die Verunreinigung, die in dem Oxidhalbleiterfilm enthalten ist, als Ladungsträgerfalle oder als Ladungsträgererzeugungsquelle dienen kann.

[0269] Der CAAC-OS-Film ist ein Oxidhalbleiterfilm mit einer niedrigen Defektzustandsdichte. In einigen Fällen dienen Sauerstofffehlstellen in dem Oxidhalbleiterfilm als Ladungsträgerfalle oder als Ladungsträgererzeugungsquellen, wenn Wasserstoff darin eingefangen wird.

[0270] Der Zustand, in dem die Verunreinigungskonzentration niedrig ist und die Dichte der Defektzustände niedrig ist (die Anzahl von Sauerstofffehlstellen klein ist), wird als „hochreiner intrinsischer“ oder „im Wesentlichen hochreiner intrinsischer“ Zustand bezeichnet. Ein hochreiner intrinsischer oder im Wesentlichen hochreiner intrinsischer Oxidhalbleiterfilm weist wenige Ladungsträgererzeugungsquellen auf und kann deshalb eine niedrige Ladungsträgerdichte aufweisen. Daher weist ein Transistor, der den Oxidhalbleiterfilm umfasst, selten eine negative Schwellenspannung auf (er verhält sich selten selbstleitend). Der hochreine intrinsische oder im Wesentlichen hochreine intrinsische Oxidhalbleiterfilm weist wenige Ladungsträgerfalle auf. Deshalb weist der Transistor, der den Oxidhalbleiterfilm umfasst, nur geringe Schwankungen der elektrischen Eigenschaften und eine hohe Zuverlässigkeit auf. Ladungen, die von den Ladungsträgerfalen in dem Oxidhalbleiterfilm eingefangen werden, brauchen eine lange Zeit, bis sie freigesetzt werden, und könnten sich wie feste Ladungen verhalten. Daher weist der Transistor, der den Oxidhalbleiterfilm mit einer hohen Verunreinigungskonzentration und einer hohen Dichte der Defektzustände umfasst, in einigen Fällen instabile elektrische Eigenschaften auf.

[0271] Durch Verwendung des CAAC-OS-Films in einem Transistor sind Schwankungen der elektrischen Eigenschaften des Transistors infolge einer Bestrahlung mit sichtbarem Licht oder UV-Licht gering.

[0272] Als Nächstes wird ein mikrokristalliner Oxidhalbleiterfilm beschrieben.

[0273] Ein mikrokristalliner Oxidhalbleiterfilm weist einen Bereich, in dem ein Kristallteil in einem hoch-

auflösenden TEM-Bild beobachtet wird, und einen Bereich auf, in dem ein Kristallteil nicht eindeutig in einem hochauflösenden TEM-Bild beobachtet wird. In den meisten Fällen ist ein Kristallteil in dem mikrokristallinen Oxidhalbleiterfilm größer als oder gleich 1 nm und kleiner als oder gleich 100 nm, oder größer als oder gleich 1 nm und kleiner als oder gleich 10 nm. Ein Mikrokristall mit einer Größe von größer als oder gleich 1 nm und kleiner als oder gleich 10 nm, oder einer Größe von größer als oder gleich 1 nm und kleiner als oder gleich 3 nm wird insbesondere als Nanokristall (nc) bezeichnet. Ein Oxidhalbleiterfilm, der einen Nanokristall enthält, wird als nc-OS-(nanokristalliner Oxidhalbleiter-)Film bezeichnet. In einem hochauflösenden TEM-Bild des nc-OS-Films wird beispielsweise eine Korngrenze in einigen Fällen nicht eindeutig beobachtet.

[0274] In dem nc-OS-Film weist ein mikroskopischer Bereich (zum Beispiel ein Bereich mit einer Größe von größer als oder gleich 1 nm und kleiner als oder gleich 10 nm, im Besonderen ein Bereich mit einer Größe von größer als oder gleich 1 nm und kleiner als oder gleich 3 nm) eine regelmäßige Atomanordnung auf. Es sei angemerkt, dass es keine Regelmäßigkeit der Kristallausrichtung zwischen verschiedenen Kristallteilen in dem nc-OS-Film gibt. Demzufolge wird die Ausrichtung des gesamten Films nicht beobachtet. Deshalb kann der nc-OS-Film in einigen Fällen in Abhängigkeit von einem Analyseverfahren nicht von einem amorphen Oxidhalbleiterfilm unterscheiden werden. Wenn beispielsweise der nc-OS-Film einer Strukturanalyse durch ein Out-of-Plane-Verfahren mit einem XRD-Gerät unterzogen wird, wobei ein Röntgenstrahl mit einem Durchmesser verwendet wird, der größer ist als derjenige eines Kristallteils, erscheint kein Peak, der eine Kristallebene zeigt. Außerdem erscheint ein Halo-Muster (halo pattern) ähnliches Beugungsbild in einem Feinbereichselektronenbeugungsbild des nc-OS-Films, das mittels eines Elektronenstrahls mit einem Probendurchmesser (z. B. größer als oder gleich 50 nm), der größer ist als der Durchmesser eines Kristallteils, erhalten wird. Andererseits werden Punkte in einem Nanostrahl-Elektronenbeugungsbild (nanobeam electron diffraction pattern) des nc-OS-Films gezeigt, das mittels eines Elektronenstrahls mit einem Probendurchmesser, der nahe dem oder kleiner als der Durchmesser eines Kristallteils ist. Außerdem werden in einem Nanostrahl-Elektronenbeugungsbild des nc-OS-Films in einigen Fällen Bereiche mit hoher Leuchtdichte in Kreisform (Ringform) gezeigt. In einem Nanostrahl-Elektronenbeugungsbild des nc-OS-Films wird in einigen Fällen auch eine Vielzahl von Punkten in einem ringförmigen Bereich gezeigt.

[0275] Der nc-OS-Film ist ein Oxidhalbleiterfilm, der im Vergleich zu einem amorphen Oxidhalbleiterfilm eine hohe Regelmäßigkeit aufweist. Deshalb weist der nc-OS-Film eine niedrigere Dichte der Defek-

zustände auf als ein amorpher Oxidhalbleiterfilm. Jedoch gibt es keine Regelmäßigkeit der Kristallausrichtung zwischen verschiedenen Kristallteilen in dem nc-OS-Film; deshalb weist der nc-OS-Film eine höhere Defektzustandsdichte auf als der CAAC-OS-Film.

[0276] Als Nächstes wird ein amorpher Oxidhalbleiterfilm beschrieben.

[0277] Der amorphe Oxidhalbleiterfilm weist eine ungeordnete Atomanordnung und keinen Kristallteil auf. Zum Beispiel weist der amorphe Oxidhalbleiterfilm wie Quarz keinen bestimmten Zustand auf.

[0278] In dem hochauflösenden TEM-Bild des amorphen Oxidhalbleiterfilms können keine Kristallteile festgestellt werden.

[0279] Wenn der amorphe Oxidhalbleiterfilm einer Strukturanalyse durch ein Out-of-Plane-Verfahren mit einem XRD-Gerät unterzogen wird, erscheint kein Peak, der eine Kristallebene zeigt. Ein Halo-Muster wird in einem Elektronenbeugungsbild des amorphen Oxidhalbleiterfilms gezeigt. Des Weiteren wird in einem Nanostrahl-Elektronenbeugungsbild des amorphen Oxidhalbleiterfilms zwar ein Halo-Muster gezeigt, jedoch kein Punkt.

[0280] Es sei angemerkt, dass ein Oxidhalbleiterfilm eine Struktur mit physikalischen Eigenschaften aufweisen kann, die zwischen denen eines nc-OS-Films und eines amorphen Oxidhalbleiterfilms liegen. Der Oxidhalbleiterfilm mit einer derartigen Struktur wird insbesondere als amorphähnlicher Oxidhalbleiterfilm bezeichnet.

[0281] In einem hochauflösenden TEM-Bild des a-ähnlichen OS-Films kann ein Hohlraum (void) beobachtet werden. In dem hochauflösenden TEM-Bild gibt es ferner einen Bereich, in dem ein Kristallteil eindeutig beobachtet wird, und einen Bereich, in dem kein Kristallteil beobachtet wird. In dem a-ähnlichen OS-Film kommt es in einigen Fällen zu einer Kristallisation auf Grund eines geringen Anteils des Elektronenstrahls, der für die TEM-Beobachtung verwendet wird, und es kann ein Wachstum des Kristallteils festgestellt werden. Im Gegensatz dazu wird in dem qualitativ hochwertigen nc-OS-Film eine Kristallisation auf Grund eines geringen Anteils des Elektronenstrahls, der für die TEM-Beobachtung verwendet wird, seltener beobachtet.

[0282] Es sei angemerkt, dass die Größe des Kristallteils in dem a-ähnlichen OS-Film und dem nc-OS-Film unter Verwendung der hochauflösenden TEM-Bilder gemessen werden kann. Zum Beispiel weist ein InGaZnO_4 -Kristall eine geschichtete Struktur auf, bei der zwei Ga-Zn-O-Schichten zwischen In-O-Schichten enthalten sind. Eine Einheitszelle des

InGaZnO_4 -Kristalls weist eine Struktur auf, bei der neun Schichten, drei In-O-Schichten und sechs Ga-Zn-O-Schichten, in der Richtung der c-Achse geschichtet sind. Der Abstand zwischen diesen benachbarten Schichten ist dementsprechend gleich dem Gitterabstand auf der (009)-Ebene (auch als d-Wert (d value) bezeichnet). Der Wert berechnet sich aus einer Kristallstrukturanalyse zu 0,29 nm. Wenn der Fokus auf die Gitter-Randzonen in dem hochauflösenden TEM-Bild gelegt wird, entsprechen die Gitter-Randzonen mit einem Abstand dazwischen von 0,28 nm bis 0,30 nm demzufolge jeweils der a-b-Ebene des InGaZnO_4 -Kristalls.

[0283] Die Dichte eines Oxidhalbleiterfilms könnte je nach seiner Struktur variieren. Zum Beispiel kann dann, wenn die Zusammensetzung eines Oxidhalbleiterfilms festgelegt ist, die Struktur des Oxidhalbleiterfilms aus einem Vergleich zwischen der Dichte des Oxidhalbleiterfilms und der Dichte eines einkristallinen Oxidhalbleiterfilms mit der gleichen Zusammensetzung wie der Oxidhalbleiterfilm abgeschätzt werden. Zum Beispiel ist die Dichte des a-ähnlichen OS-Films höher als oder gleich 78,6% und niedriger als 92,3% der Dichte des einkristallinen Oxidhalbleiterfilms mit der gleichen Zusammensetzung. Zum Beispiel ist die Dichte sowohl des nc-OS-Films als auch des CAAC-OS-Films höher als oder gleich 92,3% und niedriger als 100% der Dichte des einkristallinen Oxidhalbleiterfilms mit der gleichen Zusammensetzung. Es sei angemerkt, dass es schwierig ist, einen Oxidhalbleiterfilm, dessen Dichte niedriger als 78% der Dichte des einkristallinen Oxidhalbleiterfilms ist, abzuscheiden.

[0284] Spezifische Beispiele für die vorstehende Beschreibung werden angegeben. Zum Beispiel beträgt die Dichte von einkristallinem InGaZnO_4 mit einer rhomboedrischen Kristallstruktur im Falle eines Oxidhalbleiterfilms mit einem Atomverhältnis von $\text{In:Ga:Zn} = 1:1:1$ 6,357 g/cm³. Daher ist die Dichte eines a-ähnlichen OS-Films beispielsweise im Falle des Oxidhalbleiterfilms mit einem Atomverhältnis von $\text{In:Ga:Zn} = 1:1:1$ höher als oder gleich 5,0 g/cm³ und niedriger als 5,9 g/cm³. Außerdem ist die Dichte eines nc-OS-Films oder eines CAAC-OS-Films beispielsweise im Falle des Oxidhalbleiterfilms mit einem Atomverhältnis von $\text{In:Ga:Zn} = 1:1:1$ höher als oder gleich 5,9 g/cm³ und niedriger als 6,3 g/cm³.

[0285] Es sei angemerkt, dass in einigen Fällen keine Einkristalle mit der gleichen Zusammensetzung existieren. In einem derartigen Fall kann die Dichte, die der Dichte eines Einkristalls mit einer gewünschten Zusammensetzung entspricht, berechnet werden, indem Einkristalle mit unterschiedlichen Zusammensetzungen in einem bestimmten Verhältnis kombiniert werden. Die Dichte des Einkristalls mit einer gewünschten Zusammensetzung kann unter Verwendung eines gewichteten Durchschnitts bezüg-

lich des Kombinationsverhältnisses der Einkristalle mit unterschiedlichen Zusammensetzungen berechnet werden. Es sei angemerkt, dass vorzugsweise so wenige Arten von Einkristallen wie möglich für die Berechnung der Dichte kombiniert werden.

[0286] Es sei angemerkt, dass die Halbleiterschicht ein Mischfilm sein kann, der zwei oder mehr der folgenden Bereiche umfasst: einen Bereich mit einer amorphen Struktur, einen Bereich mit einer mikrokristallinen Struktur, einen Bereich mit einer polykristallinen Struktur, einen CAAC-OS-Bereich und einen Bereich mit einer einkristallinen Struktur. Der Mischfilm umfasst beispielsweise in einigen Fällen zwei oder mehr der folgenden Bereiche: einen Bereich mit einer amorphen Struktur, einen Bereich mit einer mikrokristallinen Struktur, einen Bereich mit einer polykristallinen Struktur, einen CAAC-OS-Bereich und einen Bereich mit einer einkristallinen Struktur. Der Mischfilm kann eine mehrschichtige Struktur aus zwei oder mehr der folgenden Bereiche aufweisen: einem Bereich mit einer amorphen Struktur, einem Bereich mit einer mikrokristallinen Struktur, einem Bereich mit einer polykristallinen Struktur, einem CAAC-OS-Bereich und einem Bereich mit einer einkristallinen Struktur.

[0287] Alternativ wird Silizium vorzugsweise als Halbleiter verwendet, in dem ein Kanal eines Transistors gebildet wird. Obwohl amorphes Silizium als Silizium verwendet werden kann, wird Silizium mit Kristallinität besonders bevorzugt. Zum Beispiel wird vorzugsweise mikrokristallines Silizium, polykristallines Silizium, einkristallines Silizium oder dergleichen verwendet. Im Besonderen kann polykristallines Silizium bei einer niedrigeren Temperatur ausgebildet werden als einkristallines Silizium, und es weist eine höhere Feldeffektbeweglichkeit und eine höhere Zuverlässigkeit auf als amorphes Silizium. Wenn ein derartiger polykristalliner Halbleiter für ein Pixel verwendet wird, kann das Öffnungsverhältnis des Pixels verbessert werden. Selbst im Falle eines Anzeigefeldes mit sehr hoher Auflösung können eine Gate-Treiberschaltung und eine Source-Treiberschaltung über einem Substrat ausgebildet werden, über dem die Pixel ausgebildet sind, und die Anzahl von Komponenten eines elektronischen Geräts kann verringert werden.

[0288] Der Bottom-Gate-Transistor, der bei dieser Ausführungsform beschrieben wird, wird bevorzugt, da die Anzahl von Herstellungsschritten verringert werden kann. Wenn ein Oxidhalbleiter oder amorphes Silizium, die bei einer niedrigeren Temperatur ausgebildet werden können als polykristallines Silizium, für die Halbleiterschicht verwendet wird, können Materialien mit geringer Wärmebeständigkeit für eine Leitung, eine Elektrode oder ein Substrat unter der Halbleiterschicht verwendet werden, so dass die Auswahlmöglichkeiten an Materialien vergrößert werden kann. Beispielsweise kann ein sehr großes Glas-

substrat vorteilhaft verwendet werden. Andererseits wird der Top-Gate-Transistor bevorzugt, da sich ein Verunreinigungsbereich leicht in selbstausrichtender Weise bildet und Schwankungen der Eigenschaften verringert werden können. In diesem Fall ist insbesondere die Verwendung von einem Oxidhalbleiter, polikristallinem Silizium, einkristallinem Silizium oder dergleichen vorzuziehen.

[Leitfähige Schicht]

[0289] Als leitfähige Schichten, wie z. B. als Gate, Source und Drain des Transistors sowie als Leitung und Elektrode in dem Touchscreen, kann eine einschichtige Struktur oder eine mehrschichtige Struktur unter Verwendung eines Metalls, wie z. B. Aluminium, Titan, Chrom, Nickel, Kupfer, Yttrium, Zirconium, Molybdän, Silber, Tantal und Wolfram, oder einer Legierung verwendet werden, die ein beliebiges dieser Metalle als ihren Hauptbestandteil enthält. Beispielsweise können die folgenden Strukturen angegeben werden: eine einschichtige Struktur eines Silizium enthaltenden Aluminiumfilms, eine zweischichtige Struktur, bei der ein Aluminiumfilm über einem Titanfilm angeordnet ist, eine zweischichtige Struktur, bei der ein Aluminiumfilm über einem Wolframfilm angeordnet ist, eine zweischichtige Struktur, bei der ein Kupferfilm über einem Kupfer-Magnesium-Aluminium-Legierungsfilm angeordnet ist, eine zweischichtige Struktur, bei der ein Kupferfilm über einem Titanfilm angeordnet ist, eine zweischichtige Struktur, bei der ein Kupferfilm über einem Wolframfilm angeordnet ist, eine dreischichtige Struktur, bei der ein Titanfilm oder ein Titannitridfilm, ein Aluminiumfilm oder ein Kupferfilm und ein Molybdänfilm oder ein Titannitridfilm in dieser Reihenfolge übereinander angeordnet sind, und eine dreischichtige Struktur, bei der ein Molybdänfilm oder ein Titannitridfilm, ein Aluminiumfilm oder ein Kupferfilm und ein Molybdänfilm oder ein Titannitridfilm in dieser Reihenfolge übereinander angeordnet sind, angegeben werden. Es sei angemerkt, dass ein durchsichtiges leitfähiges Material, das Indiumoxid, Zinnoxid oder Zinkoxid enthält, verwendet werden kann. Kupfer, das Mangan enthält, wird vorzugsweise verwendet, da dadurch die Formsteuerbarkeit beim Ätzen erhöht wird.

[0290] Als lichtdurchlässiges leitfähiges Material kann ein leitfähiges Oxid, wie z. B. Indiumoxid, Indiumzinnoxid, Indiumzinkoxid, Zinkoxid oder Zinkoxid, dem Gallium zugesetzt worden ist, oder Graphen verwendet werden. Alternativ kann ein Metallmaterial, wie z. B. Gold, Silber, Platin, Magnesium, Nickel, Wolfram, Chrom, Molybdän, Eisen, Kobalt, Kupfer, Palladium oder Titan, oder ein Legierungsmaterial verwendet werden, das eines dieser Metallmaterialien enthält. Alternativ kann ein Nitrid des Metallmaterials (z. B. Titannitrid) oder dergleichen verwendet werden. Im Falle der Verwendung des Metallmaterials oder des Legierungsmaterials (oder des Ni-

trids desselben) wird die Dicke auf eine Dicke eingestellt, die klein genug ist, um Licht durchzulassen. Alternativ kann als leitfähige Schicht eine Schichtanordnung aus beliebigen der vorstehenden Materialien verwendet werden. Beispielsweise wird vorzugsweise ein mehrschichtiger Film aus Indiumzinnoxid und einer Legierung aus Silber und Magnesium verwendet, da dadurch die Leitfähigkeit erhöht werden kann.

[0291] Alternativ wird für die leitfähige Schicht vorzugsweise ein Oxidhalbleiter verwendet, der demjenigen der Halbleiterschicht ähnlich ist. In diesem Fall wird die leitfähige Schicht vorzugsweise derart ausgebildet, dass sie einen niedrigeren elektrischen Widerstand aufweist als ein Bereich in der Halbleiterschicht, in der ein Kanal gebildet wird.

[0292] Beispielsweise kann eine derartige leitfähige Schicht als leitfähige Schicht **223** verwendet werden, die als zweite Gate-Elektrode des Transistors dient. Alternativ kann die leitfähige Schicht als eine weitere lichtdurchlässige leitfähige Schicht verwendet werden.

<Verfahren zum Steuern des spezifischen Widerstandes des Oxidhalbleiters>

[0293] Ein Oxidhalbleiterfilm, der sowohl für die Halbleiterschicht als auch für die leitfähige Schicht verwendet werden kann, enthält ein Halbleitermaterial, dessen spezifischer Widerstand durch Sauerstofffehlstellen in dem Film und/oder durch die Konzentrationen von Verunreinigungen, wie z. B. Wasserstoff oder Wasser, in dem Film gesteuert werden kann. Demzufolge wird die an der Halbleiterschicht und der leitfähigen Schicht durchzuführende Behandlung aus den folgenden Behandlungen ausgewählt, um den spezifischen Widerstand von jedem der Oxidhalbleiterfilme zu steuern: einer Behandlung zum Vermehren/Erhöhen der Sauerstofffehlstellen und/oder der Verunreinigungskonzentration und einer Behandlung zum Verringern der Sauerstofffehlstellen und/oder der Verunreinigungskonzentration.

[0294] Insbesondere wird eine Plasmabehandlung an dem Oxidhalbleiterfilm, der für die leitfähige Schicht verwendet wird, durchgeführt, um die Sauerstofffehlstellen und/oder die Verunreinigungen, wie z. B. Wasserstoff oder Wasser, in dem Oxidhalbleiterfilm zu erhöhen, so dass der Oxidhalbleiterfilm eine hohe Ladungsträgerdichte und einen niedrigen spezifischen Widerstand aufweisen kann. Des Weiteren wird ein Isolierfilm, der Wasserstoff enthält, in Kontakt mit dem Oxidhalbleiterfilm ausgebildet, um Wasserstoff aus dem Isolierfilm, der Wasserstoff enthält, in den Oxidhalbleiterfilm zu diffundieren, so dass der Oxidhalbleiterfilm eine hohe Ladungsträgerdichte und einen niedrigen spezifischen Widerstand aufweisen kann.

[0295] Die Halbleiterschicht, die als Kanalbereich des Transistors dient, ist nicht in Kontakt mit den Isolierfilmen, die Wasserstoff enthalten. Indem ein Isolierfilm, der Wasserstoff enthält, d. h. ein Isolierfilm, der in der Lage ist, Wasserstoff abzugeben, für mindestens einen der Isolierfilme, die in Kontakt mit der Halbleiterschicht sind, verwendet wird, kann der Halbleiterschicht Wasserstoff zugeführt werden. Die Halbleiterschicht, der Wasserstoff zugeführt wird, weist einen hohen spezifischen Widerstand auf, da Wasserstofffehlstellen in dem Film oder an der Grenzfläche kompensiert werden. Es sei angemerkt, dass als Isolierfilm, der in der Lage ist, Wasserstoff abzugeben, beispielsweise ein Siliziumoxidfilm oder ein Siliziumoxynitridfilm verwendet werden kann.

[0296] Um den spezifischen Widerstand des Oxidhalbleiterfilms zu verringern, kann ein Ionenimplantationsverfahren, ein Ionendotierverfahren, ein Plasma-Immersions-Ionenimplantationsverfahren oder der gleichen zum Einsatz kommen, um Wasserstoff, Bor, Phosphor oder Stickstoff in den Oxidhalbleiterfilm zu injizieren.

[0297] Um den spezifischen Widerstand des Oxidhalbleiterfilms zu verringern kann eine Plasmabehandlung an dem Oxidhalbleiterfilm durchgeführt werden. Für die Plasmabehandlung wird typischerweise ein Gas verwendet, das mindestens ein Edelgas (He, Ne, Ar, Kr oder Xe), Wasserstoff oder Stickstoff enthält. Insbesondere kann eine Plasmabehandlung in einer Ar-Atmosphäre, eine Plasmabehandlung in einer Gasgemischatmosphäre aus Ar und Wasserstoff, eine Plasmabehandlung in einer Ammoniak-Atmosphäre, eine Plasmabehandlung in einer Gasgemischatmosphäre aus Ar und Ammoniak, eine Plasmabehandlung in einer Stickstoff-Atmosphäre oder dergleichen zum Einsatz kommen.

[0298] In dem Oxidhalbleiterfilm, der der Plasmabehandlung unterzogen worden ist, wird eine Sauerstofffehlstelle in einem Gitter gebildet, aus dem Wasserstoff freigesetzt wird (oder in einem Abschnitt, aus dem Wasserstoff freigesetzt wird). Diese Sauerstofffehlstelle kann die Erzeugung von Ladungsträgern herbeiführen. Wenn Wasserstoff von einem Isolierfilm, der sich in der Nähe des Oxidhalbleiterfilms befindet (insbesondere ein Isolierfilm, der in Kontakt mit der unteren Oberfläche oder der oberen Oberfläche des Oxidhalbleiterfilms ist), zugeführt wird und Wasserstoff an die Sauerstofffehlstelle gebunden wird, könnte ein Elektron, das als Ladungsträger dient, erzeugt werden.

[0299] Der Oxidhalbleiterfilm, in dem Sauerstofffehlstellen durch Wasserstoff kompensiert werden und in dem die Wasserstoffkonzentration verringert worden ist, kann als hochreiner intrinsischer oder im Wesentlichen hochreiner intrinsischer Oxidhalbleiterfilm bezeichnet werden. Der Begriff „im Wesentlichen

intrinsisch" bezeichnet hier einen Zustand, in dem ein Oxidhalbleiterfilm eine Ladungsträgerdichte von niedriger als $8 \times 10^{11}/\text{cm}^3$, bevorzugt niedriger als $1 \times 10^{11}/\text{cm}^3$, stärker bevorzugt niedriger als $1 \times 10^{10}/\text{cm}^3$ aufweist. Ein hochreiner intrinsischer oder im Wesentlichen hochreiner intrinsischer Oxidhalbleiterfilm weist nur wenige Ladungsträgererzeugungsquellen auf und kann deshalb eine niedrige Ladungsträgerdichte aufweisen. Der hochreine intrinsische oder im Wesentlichen hochreine intrinsische Oxidhalbleiterfilm weist eine niedrige Dichte der Defektzustände auf und kann daher eine niedrige Dichte der Haftstellen aufweisen.

[0300] Der hochreine intrinsische oder im Wesentlichen hochreine intrinsische Oxidhalbleiterfilm weist einen sehr niedrigen Sperrstrom auf. Selbst wenn ein Element eine Kanalbreite von $1 \times 10^6 \mu\text{m}$ und eine Kanallänge von $10 \mu\text{m}$ aufweist, kann der Sperrstrom bei einer Spannung (Drain-Spannung) zwischen einer Source-Elektrode und einer Drain-Elektrode von 1 V bis zu 10 V niedriger als oder gleich der Messgrenze eines Halbleiterparameteranalysators, d. h. niedriger als oder gleich $1 \times 10^{-13} \text{ A}$, sein. Dementsprechend kann der Transistor, in dem der Kanalbereich in der Halbleiterschicht gebildet wird, die ein hochreiner intrinsischer oder im Wesentlichen hochreiner intrinsischer Oxidhalbleiterfilm ist, nur geringe Schwankungen der elektrischen Eigenschaften und eine hohe Zuverlässigkeit aufweisen.

[0301] Beispielsweise wird ein Isolierfilm, der Wasserstoff enthält, d. h. ein Isolierfilm, der in der Lage ist, Wasserstoff abzugeben, typischerweise ein Siliziumnitridfilm, als Isolierfilm verwendet, der in Kontakt mit dem Oxidhalbleiterfilm ist, der als leitfähige Schicht verwendet wird, wodurch der leitfähigen Schicht Wasserstoff zugeführt werden kann. Die Wasserstoffkonzentration des Isolierfilms, der in der Lage ist, Wasserstoff abzugeben, ist vorzugsweise höher als oder gleich $1 \times 10^{22} \text{ Atome}/\text{cm}^3$. Ein derartiger Isolierfilm wird in Kontakt mit der leitfähigen Schicht ausgebildet, wodurch Wasserstoff in effektiver Weise in der leitfähigen Schicht enthalten sein kann. Auf diese Weise kann der spezifische Widerstand des Oxidhalbleiterfilms durch eine Veränderung der Struktur der Isolierfilme, die in Kontakt mit der Halbleiterschicht und der leitfähigen Schicht sind, gesteuert werden.

[0302] Wasserstoff, der in dem Oxidhalbleiterfilm enthalten ist, reagiert mit Sauerstoff, der an ein Metallatom gebunden ist, zu Wasser, und zudem wird eine Sauerstofffehlstelle in einem Gitter gebildet, aus dem Sauerstoff freigesetzt wird (oder in einem Abschnitt, aus dem Sauerstoff freigesetzt wird). Infolge des Eintritts von Wasserstoff in die Sauerstofffehlstelle wird in einigen Fällen ein Elektron, das als Ladungsträger dient, erzeugt. In einigen Fällen führt eine Bindung eines Teils von Wasserstoff mit Sauerstoff, der an ein

Metallatom gebunden ist, ferner zu einer Erzeugung eines Elektrons, das als Ladungsträger dient. Demzufolge handelt es sich bei der leitfähigen Schicht, die in Kontakt mit dem Isolierfilm, der Wasserstoff enthält, ausgebildet ist, um einen Oxidhalbleiterfilm, der eine höhere Ladungsträgerdichte aufweist als die Halbleiterschicht.

[0303] In der Halbleiterschicht, in der der Kanalbereich des Transistors gebildet wird, wird Wasserstoff vorzugsweise so weit wie möglich verringert. Insbesondere wird die Wasserstoffkonzentration in der Halbleiterschicht, die durch SIMS gemessen wird, auf niedriger als oder gleich $2 \times 10^{20} \text{ Atome}/\text{cm}^3$, bevorzugt niedriger als oder gleich $5 \times 10^{19} \text{ Atome}/\text{cm}^3$, stärker bevorzugt niedriger als oder gleich $1 \times 10^{19} \text{ Atome}/\text{cm}^3$, noch stärker bevorzugt niedriger als oder gleich $1 \times 10^{18} \text{ Atome}/\text{cm}^3$, noch stärker bevorzugt niedriger als oder gleich $5 \times 10^{17} \text{ Atome}/\text{cm}^3$, noch stärker bevorzugt niedriger als oder gleich $1 \times 10^{16} \text{ Atome}/\text{cm}^3$ eingestellt.

[0304] Bei der leitfähigen Schicht handelt es sich um einen Oxidhalbleiterfilm, der eine höhere Wasserstoffkonzentration und/oder eine höhere Anzahl von Sauerstofffehlstellen (d. h. einen niedrigeren spezifischen Widerstand) aufweist als die Halbleiterschicht. Die Wasserstoffkonzentration in der leitfähigen Schicht ist höher als oder gleich $8 \times 10^{19} \text{ Atome}/\text{cm}^3$, bevorzugt höher als oder gleich $1 \times 10^{20} \text{ Atome}/\text{cm}^3$, stärker bevorzugt höher als oder gleich $5 \times 10^{20} \text{ Atome}/\text{cm}^3$.

[0305] Die Wasserstoffkonzentration in der leitfähigen Schicht ist größer als oder gleich dem Zweifachen, bevorzugt größer als oder gleich dem Zehnfachen der Wasserstoffkonzentration in der Halbleiterschicht. Der spezifische Widerstand der leitfähigen Schicht ist vorzugsweise größer als oder gleich dem 1×10^{-8} -Fachen und kleiner als das 1×10^{-1} -Fache des spezifischen Widerstandes der Halbleiterschicht. Der spezifische Widerstand der leitfähigen Schicht ist typischerweise höher als oder gleich $1 \times 10^{-3} \Omega\text{cm}$ und niedriger als $1 \times 10^4 \Omega\text{cm}$, bevorzugt höher als oder gleich $1 \times 10^{-3} \Omega\text{cm}$ und niedriger als $1 \times 10^{-1} \Omega\text{cm}$.

[Isolierschicht]

[0306] Beispiele für ein isolierendes Material, das für die Isolierschichten, die Bedeckung, den Abstandshalter und dergleichen verwendet werden kann, umfassen ein Harz, wie z. B. ein Acryl- oder Epoxidharz, ein Harz mit einer Siloxanbindung und ein anorganisches isolierendes Material, wie z. B. Siliziumoxid, Siliziumoxynitrid, Siliziumnitridoxid, Siliziumnitrid oder Aluminiumoxid.

[Klebeschicht]

[0307] Für die Klebeschichten kann ein aushärtendes Harz, wie z. B. ein wärmeaushärtendes Harz, ein lichtaushärtendes Harz oder ein zwei Komponenten umfassendes aushärtendes Harz, verwendet werden. Zum Beispiel kann ein Acrylharz, ein Urethanharz, ein Epoxidharz oder ein Harz mit einer Siloxanbindung verwendet werden.

[Verbindungsschicht]

[0308] Als Verbindungsschichten können ein anisotroper leitfähiger Film (anisotropic conductive film, ACF), eine anisotrope leitfähige Paste (anisotropic conductive paste, ACP) oder dergleichen verwendet werden.

[Farbschicht]

[0309] Als Beispiele für ein Material, das für die Farbschichten verwendet werden kann, können ein Metallmaterial, ein Harzmaterial und ein Harzmaterial angegeben werden, das ein Pigment oder einen Farbstoff enthält.

[Lichtundurchlässige Schicht]

[0310] Die lichtundurchlässige Schicht kann unter Verwendung eines Materials ausgebildet werden, das Licht blockiert, das von dem Licht emittierenden Element emittiert wird, z. B. eines Harzmaterials, das ein Metallmaterial, ein Pigment oder einen Farbstoff enthält. Alternativ kann ein Metalldünnpfilm, ein Halbleiterdünnpfilm oder dergleichen verwendet werden. Zwei oder mehr Farbschichten können übereinander angeordnet sein und als lichtundurchlässige Schicht dienen.

[0311] Bei dem Vorstehenden handelt es sich um die Beschreibung jeder Komponente.

[Strukturbeispiel des Berührungssensors]

[0312] Als Nächstes wird ein Strukturbeispiel des Berührungssensors **22**, der für das Touchscreen-Modul **10** einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet werden kann, anhand der Zeichnungen beschrieben.

[0313] **Fig. 25A** ist eine schematische Draufsicht (eine schematische Planansicht) auf einen Teil des Berührungssensors **22**. **Fig. 25B** ist eine vergrößerte schematische Draufsicht auf einen Bereich, der von der Strichpunktlinie in **Fig. 25A** umgeben ist.

[0314] Jede der leitfähigen Schichten **23** und **24** kann eine Gitterform aufweisen (auch als Netzform bezeichnet) oder eine Vielzahl von Öffnungen umfassen. In **Fig. 25A** und dergleichen werden das Gitter

oder die Öffnungen weggelassen, um die Umrisse der leitfähigen Schichten **23** und **24** darzustellen.

[0315] Wie in **Fig. 25A** und **Fig. 25B** gezeigt, ist die leitfähige Schicht **23** vorzugsweise teilweise verengt, so dass die Breite eines Abschnitts, der die leitfähige Schicht **25** kreuzt, klein ist. Demzufolge kann die Kapazität, die in einem Abschnitt gebildet wird, in dem die leitfähigen Schichten **23** und **25** einander überlappen, verringert werden. Im Falle der Verwendung eines eigenkapazitiven Berührungssensors oder eines gegenseitig kapazitiven Berührungssensors kann die Erfassungsempfindlichkeit erhöht werden, wenn die Kapazität des Kondensators verringert wird.

[0316] Des Weiteren kann zwischen der leitfähigen Schicht **23** und der leitfähigen Schicht **24**, die sich nebeneinander befinden, eine leitfähige Schicht **26** bereitgestellt sein, die von diesen leitfähigen Schichten **23** und **24** elektrisch isoliert ist. Die leitfähige Schicht **26** kann die Ausbildung eines dünnen Abschnitts des Berührungssensors **22** unterdrücken. In dem Fall, in dem beispielsweise die leitfähige Schicht **23** und die leitfähige Schicht **24** über derselben planen Oberfläche ausgebildet sind, kann die leitfähige Schicht **26**, die auf ähnliche Weise wie die leitfähige Schicht **23** und die leitfähige Schicht **24** ausgebildet wird, die Abdeckung eines dünnen Films erhöhen, der nach dem Ausbilden dieser leitfähigen Schichten ausgebildet wird; somit kann eine Oberfläche planarisiert werden. Dank der gleichmäßigen Dicke des Berührungssensors **22** kann ferner eine Ungleichmäßigkeit der Leuchtdichte von Licht, das von den Pixeln durch den Berührungssensor **22** emittiert wird, verringert werden, so dass der Touchscreen eine hohe Anzeigqualität erreichen kann.

[0317] **Fig. 25C** zeigt den Fall, in dem die leitfähige Schicht **23** und die leitfähige Schicht **24** über unterschiedlichen planen Oberflächen ausgebildet sind und die leitfähige Schicht **25** nicht bereitgestellt ist. Dabei kann die leitfähige Schicht **26** über der planen Oberfläche, über der die leitfähige Schicht **23** oder die leitfähige Schicht **24** ausgebildet ist, oder über einer planen Oberfläche ausgebildet sein, die sich von der planen Oberfläche unterscheidet, über der die leitfähige Schicht **23** oder die leitfähige Schicht **24** ausgebildet ist. Es sei angemerkt, dass die leitfähige Schicht **26** nicht notwendigerweise bereitgestellt ist, wenn sie nicht benötigt wird.

[0318] **Fig. 26A** zeigt ein Beispiel für einen Schaltplan des Berührungssensors **22**, der eine Vielzahl von leitfähigen Schichten **23** und eine Vielzahl von leitfähigen Schichten **24** umfasst. In **Fig. 26A** sind der Einfachheit halber sechs leitfähige Schichten **23** und sechs leitfähige Schichten **24** gezeigt, jedoch sind die Anzahl der leitfähigen Schichten **23** und die Anzahl der leitfähigen Schichten **24** nicht darauf beschränkt.

[0319] Ein Kondensator **11** wird zwischen einer der leitfähigen Schichten **23** und einer der leitfähigen Schichten **24** ausgebildet. Demzufolge sind die Kondensatoren **11** in einer Matrix angeordnet.

[0320] Der Kondensator **11** wird ausgebildet, indem die leitfähigen Schichten **23** und **24** übereinander angeordnet werden, oder indem die leitfähigen Schichten **23** und **24** nahe aneinander bereitgestellt werden.

[0321] Im Falle eines projiziert-eigenkapazitiven Typs wird eine Impulsspannung an jede der leitfähigen Schichten **23** und **24** derart angelegt, dass die leitfähigen Schichten **23** und **24** abgetastet werden, und es wird der Wert eines Stroms erfasst, der zu diesem Zeitpunkt in der leitfähigen Schicht **23** oder der leitfähigen Schicht **24** fließt. Wenn sich ein Objekt nähert, wird zwischen dem Objekt und der leitfähigen Schicht **23** oder **24** eine kapazitive Kopplung erzeugt. Demzufolge ändert sich die Menge an dem Strom, der in der leitfähigen Schicht **23** oder **24** fließt, wenn eine Impulsspannung angelegt wird, indem die Menge an Kapazität geändert wird, die mit der leitfähigen Schicht **23** oder **24** verbunden ist. Eine Positionsinformation über das Objekt kann erhalten werden, indem die Veränderung des Stroms erfasst wird.

[0322] Im Falle eines projiziert gegenseitig-kapazitiven Typs wird eine Impulsspannung an eine der leitfähigen Schichten **23** und **24** derart angelegt, dass eine der leitfähigen Schichten **23** und **24** abgetastet wird, und Strom, der in der anderen fließt, wird erfasst. Indem eine Impulsspannung angelegt wird, wird ein elektrisches Feld zwischen den leitfähigen Schichten **23** und **24** erzeugt. Wenn sich das Objekt nähert, ändert sich das elektrische Feld, das zwischen den leitfähigen Schichten **23** und **24** erzeugt wird, durch eine Blockierung oder dergleichen auf Grund des Objektes, und somit ändert sich der Strom, der in der anderen fließt. Indem diese Veränderung des Stroms erfasst wird, kann eine Positionsinformation über das Objekt erhalten werden.

[0323] Um eine Veränderung des Stroms zu erfassen, kann die Gesamtstrommenge erfasst werden. In diesem Fall kann eine Integrationsschaltung oder dergleichen verwendet werden, um die Gesamtstrommenge zu erfassen. Alternativ kann der Maximalwert des Stroms erfasst werden. In diesem Fall kann Strom in eine Spannung umgewandelt werden, und der Maximalwert der Spannung kann erfasst werden.

[0324] Jede der leitfähigen Schichten **23** und **24** weist vorzugsweise eine Gitterform oder eine Netzform mit einer Vielzahl von Öffnungen auf. **Fig. 26B** zeigt ein Beispiel für die Oberseitenform eines Teils der leitfähigen Schicht **23**.

[0325] Die leitfähige Schicht **23**, die in **Fig. 26B** gezeigt wird, weist eine Gitterform auf, bei der in einer Querrichtung ein Abstand **P1** bereitgestellt ist und bei der in einer Längsrichtung ein Abstand **P2** bereitgestellt ist. Der Abstand **P1** und der Abstand **P2** sind in **Fig. 26B** fast identisch, sie können sich jedoch auch voneinander unterscheiden. Beispielsweise kann, wie in **Fig. 26C** gezeigt, der Abstand **P2** in einer Längsrichtung größer sein als der Abstand **P1** in einer Querrichtung, oder kann der Abstand **P2** in einer Längsrichtung kleiner sein als der Abstand **P1** in einer Querrichtung. Das Gleiche kann für die leitfähige Schicht **24** gelten.

[0326] In einem Bereich ist beispielsweise das Öffnungsverhältnis der leitfähigen Schicht **23** oder der leitfähigen Schicht **24** (der Anteil der Öffnungsfläche in der leitfähigen Schicht **23** oder der leitfähigen Schicht **24** pro Flächeneinheit) vorzugsweise höher als oder gleich 20% und niedriger als 100%, stärker bevorzugt höher als oder gleich 30% und niedriger als 100%, noch stärker bevorzugt höher als oder gleich 50% und niedriger als 100%.

[0327] Das Öffnungsverhältnis kann leicht aus dem Abstand **P1**, dem Abstand **P2** und der Breite der leitfähigen Schicht ermittelt werden. Alternativ kann dann, wenn davon ausgegangen wird, dass es sich bei einem Bereich **R** in **Fig. 26B** um eine periodische Einheit handelt, das Öffnungsverhältnis aus dem Verhältnis der Fläche des Bereichs **R** zu der Fläche der in dem Bereich **R** liegenden leitfähigen Schicht **23** ermittelt werden. Dabei handelt es sich bei dem Bereich **R** um eine periodische Einheit eines periodischen Musters der leitfähigen Schicht **23**. Indem Bereiche **R** periodisch in Längs- und Querrichtung angeordnet sind, kann das Muster der leitfähigen Schicht **23** ausgebildet werden.

[0328] Sowohl bei der leitfähigen Schicht **23** als auch bei der leitfähigen Schicht **24** ist die Linienbreite eines Gitters vorzugsweise größer als oder gleich 50 nm und kleiner als oder gleich 100 µm, stärker bevorzugt größer als oder gleich 1 µm und kleiner als oder gleich 50 µm, noch stärker bevorzugt größer als oder gleich 1 µm und kleiner als oder gleich 20 µm. Das Gitter mit einer derartigen schmalen Linienbreite ermöglicht, dass in dem Fall, in dem sich die Öffnung mit dem Pixel überlappt, benachbarte Pixel nahe aneinander liegen, was später beschrieben wird. Folglich kann der Touchscreen eine höhere Auflösung und ein höheres Öffnungsverhältnis aufweisen.

[0329] **Fig. 27A** ist eine vergrößerte schematische Draufsicht auf einen Grenzabschnitt zwischen der leitfähigen Schicht **23** und der leitfähigen Schicht **24**.

[0330] Jede der leitfähigen Schichten **23** und **24** weist vorzugsweise eine Gitterform oder eine Netzform auf. Das heißt, dass jede der leitfähigen Schich-

ten **23** und **24** vorzugsweise eine Vielzahl von Öffnungen aufweist (eine Öffnung **23a** und eine Öffnung **24a**). Wenn, wie später beschrieben, die Öffnung und das Pixel derart bereitgestellt sind, dass sie einander überlappen, wird Licht, das von dem Anzeigeelement in dem Pixel emittiert wird, nicht durch die leitfähige Schicht **23** und die leitfähige Schicht **24** blockiert, oder es tritt keine Reduktion der Leuchtdichte von Licht auf Grund der Übertragung über die leitfähige Schicht **23** und die leitfähige Schicht **24** auf. Folglich kann der Berührungssensor **22** in dem Touchscreen verwendet werden, ohne dass das Öffnungsverhältnis des Pixels und die Lichtextraktionseffizienz reduziert werden. Die leitfähige Schicht **25** weist vorzugsweise ebenfalls eine Form auf, bei der sie sich nicht mit dem Pixel überlappt.

[0331] Wie in **Fig. 27A** gezeigt, kann eine Öffnung **22a**, die von einem Teil der leitfähigen Schicht **23** und einem Teil der leitfähigen Schicht **24** umgeben ist, in dem Grenzabschnitt ausgebildet werden. Eine derartige Struktur kann den Abstand zwischen der leitfähigen Schicht **23** und der leitfähigen Schicht **24** stark verringern und die gegenseitige Kapazität zwischen ihnen erhöhen. In dem Fall, in dem insbesondere ein gegenseitig kapazitiver Typ verwendet wird, wird vorzugsweise der Abstand zwischen den zwei leitfähigen Schichten verringert, um die Intensität des elektrischen Feldes zwischen der leitfähigen Schicht **23** und der leitfähigen Schicht **24** zu erhöhen.

[0332] **Fig. 27B** ist eine vergrößerte schematische Draufsicht auf einen Schnittpunkt der leitfähigen Schichten **23** und **24**. Ein Beispiel wird hier gezeigt, in dem die zwei benachbarten leitfähigen Schichten **24** über die leitfähige Schicht **25** elektrisch miteinander verbunden sind. Die Isolierschicht **121** ist, obwohl dies in der Zeichnung nicht dargestellt wird, zwischen der leitfähigen Schicht **25** und den leitfähigen Schichten **23** und **24** bereitgestellt. Die leitfähigen Schichten **24** und **25** sind über Öffnungen, die in der Isolierschicht **121** bereitgestellt sind, elektrisch miteinander verbunden. Die leitfähigen Schichten **23** und **25** überlappen einander teilweise, wobei die Isolierschicht **121** dazwischen bereitgestellt ist.

[Beispiel für die Anordnung einer Öffnung der leitfähigen Schicht und des Pixels]

[0333] **Fig. 28A** bis **Fig. 28G** sind schematische Ansichten, die jeweils die Positionsbeziehungen zwischen einem Pixel, Sub-Pixeln, die in dem Pixel enthalten sind, und der leitfähigen Schicht **23** zeigen, die von der Anzeigoberflächenseite aus betrachtet werden. Es sei angemerkt, dass, obwohl die leitfähige Schicht **23** beispielhaft in **Fig. 28A** bis **Fig. 28G** gezeigt wird, das Gleiche auch für die leitfähige Schicht **24** und die leitfähige Schicht **25** gilt.

[0334] Bei dem in **Fig. 28A** gezeigten Beispiel umfasst das Pixel **33** ein Sub-Pixel **33R**, ein Sub-Pixel **33G** und ein Sub-Pixel **33B**. Beispielsweise weisen das Sub-Pixel **33R**, das Sub-Pixel **33G** und das Sub-Pixel **33B** eine Funktion zum Anzeigen der Farbe Rot, Grün bzw. Blau auf. Es sei angemerkt, dass die Anzahl und die Farben der Sub-Pixel, die in dem Pixel **33** enthalten sind, nicht darauf beschränkt sind.

[0335] Die Sub-Pixel, die in dem Pixel **33** enthalten sind, weisen jeweils ein Anzeigeelement auf. Das vorstehend beschriebene transmissive Flüssigkristallelement kann als Anzeigeelement verwendet werden. Beispiele für das Anzeigeelement umfassen neben dem transmissiven Flüssigkristallelement Licht emittierende Elemente, wie z. B. organische EL-Elemente, reflektive oder semi-transmissive Flüssigkristallelemente, Anzeigeelemente (elektronische Tinte), bei denen durch ein elektrophoretisches Verfahren, ein Verfahren mit Electronic Liquid Powder (eingetragenes Warenzeichen) oder dergleichen eine Anzeige erfolgt, MEMS-Shutter-Anzeigeelemente und MEMS-Anzeigeelemente vom optischen Interferenztyp. Das Sub-Pixel kann neben dem Anzeigeelement einen Transistor, einen Kondensator, eine Leitung, die den Transistor und den Kondensator elektrisch verbindet, und dergleichen aufweisen.

[0336] Bei der Struktur, die in **Fig. 28A** gezeigt wird, ist jede Öffnung einer Vielzahl von Öffnungen in der leitfähigen Schicht **23** derart bereitgestellt, dass sie sich mit einem der drei Sub-Pixel überlappt, d. h. dem Sub-Pixel **33R**, dem Sub-Pixel **33G** oder dem Sub-Pixel **33B**. Auf diese Weise ist die Öffnung in der leitfähigen Schicht **23** vorzugsweise derart bereitgestellt, dass sie sich mit einem Sub-Pixel überlappt.

[0337] **Fig. 28B** stellt eine Struktur dar, bei der die leitfähige Schicht **23** zwischen zwei benachbarten Sub-Pixeln bereitgestellt ist, die unterschiedliche Farben darstellen. Da eine Farbvermischung zwischen zwei benachbarten Sub-Pixeln, die die gleiche Farbe darstellen, nicht auftritt, kann auch eine Struktur zum Einsatz kommen, die einen Abschnitt umfasst, in dem die leitfähige Schicht **23** nicht dazwischen bereitgestellt ist, wie in **Fig. 28B** dargestellt.

[0338] **Fig. 28C** und **Fig. 28D** zeigen jeweils ein Beispiel, in dem das Pixel **33**, das bei der Struktur in **Fig. 28A** und **Fig. 28B** gezeigt wird, ferner ein Sub-Pixel **33Y** umfasst. Für das Sub-Pixel **33Y** kann beispielsweise ein Pixel verwendet werden, das in der Lage ist, die Farbe Gelb darzustellen. Anstelle des Sub-Pixels **33Y** kann ein Pixel verwendet werden, das in der Lage ist, die Farbe Weiß darzustellen. Wenn das Pixel **33** Sub-Pixel von mehr als drei Farben umfasst, kann der Stromverbrauch verringert werden.

[0339] Bei den Beispielen, die in **Fig. 28A** bis **Fig. 28D** gezeigt werden, sind Sub-Pixel jeder Farbe in einem Streifenmuster angeordnet. Alternativ können sich, wie in **Fig. 28E** gezeigt, beispielsweise Sub-Pixel von zwei Farben in einer Richtung abwechseln.

[0340] Des Weiteren können sich die Sub-Pixel, die in dem Pixel **33** enthalten sind, in ihrer Größe voneinander unterscheiden (z. B. die Fläche eines Bereichs, der zur Anzeige beiträgt). Beispielsweise kann die Größe des Sub-Pixels der Farbe Blau mit einer relativ niedrigen Lichtausbeute groß gewählt werden, wohingegen die Größe des Sub-Pixels der Farbe Grün oder Rot mit einer relativ hohen Lichtausbeute klein gewählt werden kann.

[0341] **Fig. 28F** und **Fig. 28G** zeigen jeweils ein Beispiel, in dem die Größe des Sub-Pixels **33B** größer ist als die Größe des Sub-Pixels **33R** und die Größe des Sub-Pixels **33G**. Bei den hier gezeigten Beispielen wechseln sich das Sub-Pixel **33R** und das Sub-Pixel **33G** ab. Jedoch können, wie in **Fig. 28A** und weiteren Zeichnungen gezeigt, Sub-Pixel jeder Farbe in einem Streifenmuster angeordnet sein und voneinander unterschiedliche Größen aufweisen.

[0342] Es sei angemerkt, dass, obwohl hier die Positionsbeziehungen zwischen der leitfähigen Schicht **23** und den Sub-Pixeln beschrieben wird, das Gleiche auch für die leitfähige Schicht **24** und die leitfähige Schicht **25** gilt. Das heißt: In einem Bereich in dem Touchscreen einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung überlappt sich die Öffnung **23a** in der leitfähigen Schicht **23** mit einem oder mehreren Sub-Pixeln, und in einem Bereich überlappt sich die Öffnung **24a** in der leitfähigen Schicht **24** mit einem oder mehreren der anderen Sub-Pixel. Da, wie vorstehend beschrieben, jedes Sub-Pixel das Anzeigeelement umfasst, kann davon ausgegangen werden, dass die Öffnung **23a** und die Öffnung **24a** jeweils einen Bereich aufweisen, der sich mit einem oder mehreren Anzeigeelementen überlappt.

[0343] Wie in **Fig. 29A** bis **Fig. 29G** gezeigt, ist es möglich, dass zwischen der leitfähigen Schicht **23** und jedem Sub-Pixel in einer Draufsicht keine Lücke existiert. In dem Fall, in dem die leitfähige Schicht **23** und dergleichen als lichtundurchlässige Schichten dienen, kann eine derartige Anordnung eine Lichtleckage von den Sub-Pixeln verhindern, was zu bevorzugen ist. Beispielsweise ist die leitfähige Schicht **23** derart bereitgestellt, dass sie sich mit einem Endabschnitt der Farbschicht eines Sub-Pixels oder einem Endabschnitt einer Pixel-Elektrode überlappt; somit kann die leitfähige Schicht **23** derart bereitgestellt werden, dass eine solche Lücke nicht gebildet wird. Des Weiteren kann bei einer derartigen Struktur eine Oberflächenfläche der leitfähigen Schicht **23** vergrößert werden, so dass ein Leitungswiderstand der

leitfähigen Schicht **23** verringert werden kann und die Erfassungsempfindlichkeit erhöht werden kann.

[0344] Mindestens ein Teil dieser Ausführungsform kann in angemessener Weise in Kombination mit einer der anderen Ausführungsformen implementiert werden, die in dieser Beschreibung beschrieben werden.

(Ausführungsform 2)

[0345] Bei dieser Ausführungsform werden Beispiele für ein Betriebsverfahren einer Eingabevorrichtung oder einer Eingabe-/Ausgabevorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung anhand der Zeichnungen beschrieben.

[Beispiel für ein Erfassungsverfahren des Sensors]

[0346] **Fig. 30A** ist ein Blockdiagramm, das die Struktur eines gegenseitig kapazitiven Berührungsensors darstellt. **Fig. 30A** stellt eine Impulsspannungsausgabeschaltung **601** und eine Stromerfassungsschaltung **602** dar. Es sei angemerkt, dass in **Fig. 30A** sechs Leitungen X1 bis X6 Elektroden **621** repräsentieren, an die eine Impulsspannung angelegt wird, und sechs Leitungen Y1 bis Y6 Elektroden **622** repräsentieren, die die Veränderungen des Stroms erfassen. Die Anzahl derartiger Elektroden ist nicht auf diejenige beschränkt, die bei diesem Beispiel dargestellt wird. **Fig. 30A** stellt auch einen Kondensator **603** dar, der durch die Elektroden **621** und **622** ausgebildet wird, die einander überlappen oder sehr nahe aneinander bereitgestellt sind. Es sei angemerkt, dass ein funktioneller Tausch zwischen den Elektroden **621** und **622** möglich ist.

[0347] Es handelt sich beispielsweise bei der Impulsspannungsausgabeschaltung **601** um eine Schaltung zum sequenziellen Anlegen einer Impulsspannung an die Leitungen X1 bis X6. Durch das Anlegen einer Impulsspannung an die Leitungen X1 bis X6 wird ein elektrisches Feld zwischen den Elektroden **621** und **622** des Kondensators **603** erzeugt, und Strom fließt durch den Kondensator **603**. Ein elektrisches Feld, das zwischen den Elektroden **621** und **622** erzeugt wird, ändert sich, indem es blockiert wird, wenn beispielsweise ein Finger oder ein Stift den Berührungssensor berührt. Das heißt, dass beispielsweise durch eine Berührung mit einem Finger oder einem Stift die Kapazität des Kondensators **603** verändert wird. Die Annäherung oder der Kontakt eines Objektes kann unter Verwendung dieser Veränderung erfasst werden.

[0348] Es handelt sich bei der Stromerfassungsschaltung **602** um eine Schaltung zum Erfassen von Veränderungen des durch die Leitungen Y1 bis Y6 fließenden Stroms, die durch die Veränderungen der Kapazität des Kondensators **603** hervorgerufen wer-

den. Keine Veränderung der Stromwerte der Leitungen Y1 bis Y6 wird erfasst, wenn es keine Annäherung oder keinen Kontakt eines Objektes gibt, wohingegen eine Abnahme des Stromwertes erfasst wird, wenn die Kapazität auf Grund der Annäherung oder des Kontakts eines Objektes verringert wird. Um eine Veränderung des Stroms zu erfassen, kann die Gesamtstrommenge erfasst werden. In diesem Fall kann eine Integratororschaltung oder dergleichen verwendet werden, um die Gesamtstrommenge zu erfassen. Alternativ kann der Maximalwert des Stroms erfasst werden. In diesem Fall kann der Strom in eine Spannung umgewandelt werden, und der Maximalwert der Spannung kann erfasst werden.

[0349] **Fig.** 30B ist ein Ablaufplan, der Eingangs- und Ausgangswellenformen des in **Fig.** 30A dargestellten gegenseitig kapazitiven Berührungssensors zeigt. In **Fig.** 30B wird in einer Bildperiode (frame period) eine Erfassung eines Objektes in sämtlichen Zeilen und Spalten durchgeführt. **Fig.** 30B zeigt eine Periode, in der kein Objekt erfasst wird (keine Berührung), und eine Periode, in der ein Objekt erfasst wird (Berührung). Die erfassten Stromwerte der Leitungen Y1 bis Y6 werden als Wellenformen der Spannungswerte gezeigt. Es sei angemerkt, dass ein Anzeigefeld einen Anzeigevorgang durchführt. Das Zeitintervall des Anzeigevorgangs in dem Anzeigefeld verläuft vorzugsweise synchron zu dem Zeitintervall des Erfassungsvorgangs in dem Berührungssensor. **Fig.** 30B zeigt ein Beispiel, in dem diese Zeitintervalle nicht synchron verlaufen.

[0350] Eine Impulsspannung wird sequenziell an die Leitungen X1 bis X6 angelegt, und die Wellenformen der Leitungen Y1 bis Y6 verändern sich entsprechend der Impulsspannung. Wenn es keine Nähe oder kleinen Kontakt eines Objektes gibt, verändern sich die Wellenformen der Leitungen Y1 bis Y6 entsprechend der Veränderungen der Spannungen der Leitungen X1 bis X6. Der Stromwert nimmt an der Stelle ab, an der es zu der Annäherung oder dem Kontakt des Objektes kommt, und dementsprechend verändert sich die Wellenform des Spannungswertes.

[0351] Indem eine Veränderung der Kapazität auf diese Weise erfasst wird, kann die Annäherung oder der Kontakt eines Objektes erfasst werden. Selbst wenn ein Objekt, wie z. B. ein Finger oder ein Stift, einen Berührungssensor oder einen Touchscreen nicht berührt, sondern sich einfach nur diesen annähert, kann in einigen Fällen ein Signal erfasst werden.

[0352] Vorzugsweise werden beispielsweise die Impulsspannungsausgabeschaltung **601** und die Stromerfassungsschaltung **602** in einem IC-Chip ausgebildet. Beispielsweise ist die IC vorzugsweise an einem Touchscreen oder einem Substrat in einem Gehäuse eines elektronischen Geräts montiert. In dem Fall, in dem der Touchscreen Flexibilität auf-

weist, könnte die parasitäre Kapazität in einem Biegeabschnitt des Touchscreens zunehmen, und der Einfluss von Rauschen könnte sich verstärken. In diesem Sinne wird vorzugsweise eine IC verwendet, bei der ein Betriebsverfahren angewendet wird, das durch Rauschen weniger beeinflusst wird. Beispielsweise wird eine IC bevorzugt verwendet, bei der ein Betriebsverfahren angewendet wird, das in der Lage ist, ein Signal-Rausch-Verhältnis (S/N-Verhältnis) zu erhöhen.

[Strukturbeispiel des In-Cell-Touchscreens]

[0353] Obwohl die Beispiele vorstehend beschrieben worden sind, bei denen die Elektroden in dem Berührungssensor über einem Substrat ausgebildet werden, das sich von einem Substrat unterscheidet, über dem das Anzeigeelement und dergleichen bereitgestellt sind, kann eine oder können beide der zwei Elektroden in dem Berührungssensor über dem Substrat ausgebildet werden, über dem das Anzeigeelement und dergleichen bereitgestellt sind.

[0354] Im Folgenden wird ein Strukturbeispiel eines Touchscreens beschrieben, bei dem der Berührungssensor in einem Anzeigeelement eingebaut ist, der eine Vielzahl von Pixeln umfasst (d. h. eines In-Cell-Touchscreens). Hier wird ein Beispiel gezeigt, in dem ein Flüssigkristallelement als Anzeigeelement verwendet wird, das in dem Pixel bereitgestellt ist. Jedoch ist eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung nicht darauf beschränkt, und ein beliebiges verschiedener Anzeigeelemente kann verwendet werden.

[0355] **Fig.** 31A ist ein Ersatzschaltplan eines Teils einer Pixel-Schaltung, die in dem Anzeigeelement des Touchscreens dieses Strukturbeispiels bereitgestellt ist.

[0356] Jedes Pixel umfasst mindestens einen Transistor **3503** und ein Flüssigkristallelement **3504**. Jedes Pixel umfasst in einigen Fällen ferner einen Speicher kondensator. Außerdem ist ein Gate des Transistors **3503** elektrisch mit einer Leitung **3501** verbunden, und entweder eine Source oder ein Drain des Transistors **3503** ist elektrisch mit einer Leitung **3502** verbunden.

[0357] Die Pixel-Schaltung umfasst eine Vielzahl von Leitungen, die sich in die X-Richtung erstrecken (z. B. eine Leitung **3510_1** und eine Leitung **3510_2**), und eine Vielzahl von Leitungen, die sich in die Y-Richtung erstrecken (z. B. eine Leitung **3511**). Diese Leitungen sind derart angeordnet, dass sie sich kreuzen und kapazitiv gekoppelt sind.

[0358] Unter den Pixeln, die in der Pixel-Schaltung bereitgestellt sind, sind Elektroden auf einer Seite der Flüssigkristallelemente einiger Pixel, die einander be-

nachbart sind, elektrisch miteinander verbunden, um einen Block zu bilden. Der Block wird in zwei Arten unterteilt: einen inselförmigen Block (z. B. einen Block **3515_1** oder einen Block **3515_2**) und einen linearen Block (z. B. einen Block **3516**), der sich in die Y-Richtung erstreckt. Es sei angemerkt, dass nur ein Teil der Pixel-Schaltung in **Fig. 31A** und **Fig. 31B** dargestellt wird, jedoch tatsächlich beide Arten von Blöcken wiederholt in der X-Richtung und der Y-Richtung angeordnet sind. Eine Elektrode auf einer Seite des Flüssigkristallelements ist beispielsweise eine gemeinsame Elektrode oder eine Gegenelektrode. Eine Elektrode auf der anderen Seite des Flüssigkristallelements ist beispielsweise eine Pixel-Elektrode.

[0359] Die Leitung **3510_1** (oder die Leitung **3510_2**), die sich in die X-Richtung erstreckt, ist elektrisch mit dem inselförmigen Block **3515_1** (oder dem Block **3515_2**) verbunden. Obwohl nicht dargestellt, ist die Leitung **3510_1**, die sich in die X-Richtung erstreckt, mit einer Vielzahl von inselförmigen Blöcken **3515_1** elektrisch verbunden, die diskontinuierlich entlang der X-Richtung angeordnet sind, wobei die linearen Blöcke dazwischen liegen. Außerdem ist die Leitung **3511**, die sich in die Y-Richtung erstreckt, elektrisch mit dem linearen Block **3516** verbunden.

[0360] **Fig. 31B** ist ein Ersatzschaltplan, der die Verbindung zwischen einer Vielzahl von Leitungen **3510**, die sich in die X-Richtung erstrecken, und der Vielzahl von Leitungen **3511** darstellt, die sich in die Y-Richtung erstrecken. Ein Beispiel wird hier beschrieben, in dem ein projiziert gegenseitig-kapazitiver Typ verwendet wird. Eine Eingangsspannung oder ein gemeinsames Potential kann in jede der Leitungen **3510**, die sich in die X-Richtung erstrecken, eingegeben werden. Ferner kann ein Erdpotential (Referenzpotential) in jede der Leitungen **3511**, die sich in die Y-Richtung erstrecken, eingegeben werden, oder die Leitungen **3511** können mit der Erfassungsschaltung elektrisch verbunden sein. Es sei angemerkt, dass die Leitungen **3510** und die Leitungen **3511** miteinander vertauscht sein können.

[0361] Ein Beispiel für eine Funktionsweise des vorstehend beschriebenen Touchscreens wird anhand von **Fig. 32A** und **Fig. 32B** beschrieben.

[0362] Eine Bildperiode wird hier in eine Schreibperiode und eine Erfassungsperiode unterteilt. Die Schreibperiode ist eine Periode, in der Bilddaten in ein Pixel geschrieben werden, und die Leitungen **3510** (auch als Gate-Leitungen oder Abtastleitungen bezeichnet) werden sequenziell ausgewählt. Andererseits ist die Erfassungsperiode eine Periode, in der eine Erfassung durch einen Berührungssensor durchgeführt wird, und die Leitungen **3510**, die sich in die X-Richtung erstrecken, werden sequenziell aus-

gewählt und eine Eingangsspannung wird eingegeben.

[0363] **Fig. 32A** ist ein Ersatzschaltplan in der Schreibperiode. In der Schreibperiode wird ein gemeinsames Potential sowohl in die Leitung **3510**, die sich in die X-Richtung erstreckt, als auch in die Leitung **3511** eingegeben, die sich in die Y-Richtung erstreckt.

[0364] **Fig. 32B** ist ein Ersatzschaltplan zu einem bestimmten Zeitpunkt in der Erfassungsperiode. In der Erfassungsperiode ist jede der Leitungen **3511**, die sich in die Y-Richtung erstrecken, mit der Erfassungsschaltung elektrisch verbunden. Eine Eingangsspannung wird in die ausgewählten Leitungen **3510** eingegeben, die sich in die X-Richtung erstrecken, und ein gemeinsames Potential wird in die nicht ausgewählten Leitungen **3510** eingegeben, die sich in die X-Richtung erstrecken.

[0365] Es sei angemerkt, dass das Betriebsverfahren, das hier beschrieben wird, nicht nur auf einen In-Cell-Touchscreen, sondern auch auf die vorstehend beschriebenen Touchscreens angewendet werden kann.

[0366] Vorzugsweise sind, wie oben beschrieben, eine Periode, in der ein Bild geschrieben wird, und eine Periode, in der eine Erfassung durch einen Berührungssensor durchgeführt wird, getrennt bereitgestellt. Daher kann eine Verringerung der Empfindlichkeit des Berührungssensors unterdrückt werden, die durch Rauschen verursacht wird, das erzeugt wird, wenn Daten in ein Pixel geschrieben werden.

[0367] Mindestens ein Teil dieser Ausführungsform kann in angemessener Weise in Kombination mit einer der anderen Ausführungsformen implementiert werden, die in dieser Beschreibung beschrieben werden.

(Ausführungsform 3)

[0368] Bei dieser Ausführungsform wird ein Beispiel für einen Transistor, der als Transistor **201** und Transistor **202** (und Transistor **301**, Transistor **302**, Transistor **401** und Transistor **402**) verwendet werden kann, die bei den vorstehenden Ausführungsformen beschrieben worden sind, anhand der Zeichnungen beschrieben.

[0369] Das Touchscreen-Modul **10** einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann unter Verwendung eines Transistors, d. h. unter Verwendung verschiedener Transistoren, hergestellt werden, wie z. B. eines Bottom-Gate-Transistors oder eines Top-Gate-Transistors. Demzufolge kann ein Material für eine Halbleiterschicht oder die Struktur ei-

nes Transistors je nach existierender Produktionslinie leicht geändert werden.

[Bottom-Gate-Transistor]

[0370] **Fig.** 33A1 ist eine Querschnittsansicht eines Transistors **810**, der ein kanalschützender Transistor ist, bei dem es sich um eine Art von Bottom-Gate-Transistor handelt. In **Fig.** 33A1 wird der Transistor **810** über einem Substrat **771** ausgebildet. Der Transistor **810** umfasst eine Elektrode **746** über dem Substrat **771**, wobei eine Isolierschicht **772** dazwischen bereitgestellt ist. Der Transistor **810** umfasst eine Halbleiterschicht **742** über der Elektrode **746**, wobei eine Isolierschicht **726** dazwischen bereitgestellt ist. Die Elektrode **746** kann als Gate-Elektrode dienen. Die Isolierschicht **726** kann als Gate-Isolierschicht dienen.

[0371] Der Transistor **810** umfasst eine Isolierschicht **741** über einem Kanalbildungsbereich in der Halbleiterschicht **742**. Der Transistor **810** umfasst eine Elektrode **744a** und eine Elektrode **744b**, die sich teilweise in Kontakt mit der Halbleiterschicht **742** und über der Isolierschicht **726** befinden. Die Elektrode **744a** kann als Source-Elektrode oder Drain-Elektrode dienen. Die Elektrode **744b** kann als die andere der Source-Elektrode und der Drain-Elektrode dienen. Ein Teil der Elektrode **744a** und ein Teil der Elektrode **744b** werden über der Isolierschicht **741** ausgebildet.

[0372] Die Isolierschicht **741** kann als kanalschützende Schicht dienen. Wenn die Isolierschicht **741** über dem Kanalbildungsbereich ausgebildet wird, kann verhindert werden, dass die Halbleiterschicht **742** während der Ausbildung der Elektroden **744a** und **744b** freiliegt. Somit kann verhindert werden, dass der Kanalbildungsbereich in der Halbleiterschicht **742** während der Ausbildung der Elektroden **744a** und **744b** geätzt wird. Entsprechend einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann ein Transistor mit vorteilhaften elektrischen Eigenschaften bereitgestellt werden.

[0373] Der Transistor **810** umfasst eine Isolierschicht **728** über der Elektrode **744a**, der Elektrode **744b** und der Isolierschicht **741**, und er umfasst ferner eine Isolierschicht **729** über der Isolierschicht **728**.

[0374] Die Elektrode, die Halbleiterschicht, die Isolierschicht und dergleichen, die in dem bei dieser Ausführungsform offenbarten Transistor verwendet werden, können unter Verwendung eines Materials und eines Verfahrens ausgebildet werden, die bei einer beliebigen der anderen Ausführungsformen offenbart werden.

[0375] In dem Fall, in dem ein Oxidhalbleiter für die Halbleiterschicht **742** verwendet wird, wird vorzugsweise ein Material, das in der Lage ist, Sauerstoff aus einem Teil der Halbleiterschicht **742** zu entfernen, um Sauerstofffehlstellen zu erzeugen, für Bereiche der Elektroden **744a** und **744b** verwendet, die in Kontakt mit mindestens der Halbleiterschicht **742** sind. Die Ladungsträgerkonzentration in den Bereichen der Halbleiterschicht **742**, in denen Sauerstofffehlstellen erzeugt werden, steigt an, so dass die Bereiche zu n-Typ-Bereichen (n⁺ Schichten) werden. Demzufolge können die Bereiche als Source-Bereich und Drain-Bereich dienen. Wenn ein Oxidhalbleiter für die Halbleiterschicht **742** verwendet wird, umfassen Beispiele für das Material, das in der Lage ist, Sauerstoff aus der Halbleiterschicht **742** zu entfernen, um Sauerstofffehlstellen zu erzeugen, Wolfram und Titan.

[0376] Die Ausbildung des Source-Bereichs und des Drain-Bereichs in der Halbleiterschicht **742** ermöglicht die Verringerung des Kontaktwiderstandes zwischen der Halbleiterschicht **742** und jeder der Elektroden **744a** und **744b**. Demzufolge können die elektrischen Eigenschaften des Transistors, wie z. B. die Feldeffektbeweglichkeit und die Schwellenspannung, vorteilhaft sein.

[0377] In dem Fall, in dem ein Halbleiter, wie z. B. Silizium, für die Halbleiterschicht **742** verwendet wird, wird vorzugsweise eine Schicht, die als n-Typ-Halbleiter oder als p-Typ-Halbleiter dient, zwischen der Halbleiterschicht **742** und der Elektrode **744a** sowie zwischen der Halbleiterschicht **742** und der Elektrode **744b** bereitgestellt. Die Schicht, die als n-Typ-Halbleiter oder als p-Typ-Halbleiter dient, kann als Source-Bereich oder Drain-Bereich in dem Transistor dienen.

[0378] Die Isolierschicht **729** wird vorzugsweise unter Verwendung eines Materials ausgebildet, das die Diffusion von Verunreinigungen in den Transistor von außen verhindern oder verringern kann. Die Ausbildung der Isolierschicht **729** kann auch weggelassen werden.

[0379] Wenn ein Oxidhalbleiter für die Halbleiterschicht **742** verwendet wird, kann eine Wärmebehandlung vor und/oder nach dem Ausbilden der Isolierschicht **729** durchgeführt werden. Die Wärmebehandlung kann Sauerstofffehlstellen in der Halbleiterschicht **742** füllen, indem Sauerstoff, der in der Isolierschicht **729** oder anderen Isolierschichten enthalten ist, in die Halbleiterschicht **742** diffundiert. Alternativ kann die Isolierschicht **729** ausgebildet werden, während die Wärmebehandlung durchgeführt wird, so dass Sauerstofffehlstellen in der Halbleiterschicht **742** gefüllt werden können.

[0380] Es sei angemerkt, dass ein CVD-Verfahren im Allgemeinen in ein plasmaunterstütztes CVD-(plasma enhanced CVD, PECVD-)Verfahren, bei dem Plasma verwendet wird, ein thermisches CVD-(TCVD-)Verfahren, bei dem Wärme verwendet wird, und dergleichen eingeteilt werden kann. Ein CVD-Verfahren kann je nach zu verwendendem Quellengas ferner in ein Metall-CVD(MCVD-)Verfahren, ein metallorganisches CVD-(MOCVD-)Verfahren und dergleichen eingeteilt werden.

[0381] Des Weiteren kann ein Verdampfungsverfahren im Allgemeinen in ein Verdampfungsverfahren mit Widerstandserwärmung, ein Elektronenstrahlverdampfungsverfahren, ein Molekularstrahlepitaxie-(molecular beam epitaxy, MBE-)Verfahren, ein Impulslaserabscheidungs-(pulsed laser deposition, PLD-)Verfahren, ein ionenstrahlgestütztes Abscheidungs-(ion beam assisted deposition, IBAD-)Verfahren, ein Atomlagenabscheidungs-(atomic layer deposition, ALD-)Verfahren und dergleichen eingeteilt werden.

[0382] Bei Verwendung eines PECVD-Verfahrens kann ein qualitativ hochwertiger Film bei einer relativ niedrigen Temperatur ausgebildet werden. Bei Verwendung eines Abscheidungsverfahrens, bei dem kein Plasma für die Abscheidung verwendet wird, wie z. B. bei einem MOCVD-Verfahren oder einem Verdampfungsverfahren, kann ein Film mit wenigen Defekten ausgebildet werden, da Schäden an einer Oberfläche, auf der der Film abgeschieden wird, nicht so leicht verursacht werden.

[0383] Ein Sputterverfahren wird im Allgemeinen in ein DC-Sputterverfahren, ein Magnetron-Sputterverfahren, ein HF-Sputterverfahren, ein Ionenstrahl-Sputterverfahren, ein Elektronen-Zyklotron-Resonanz-(electron cyclotron resonance, ECR-)Sputterverfahren, ein Facing-Target-Sputterverfahren und dergleichen eingeteilt.

[0384] Bei einem Facing-Target-Sputterverfahren wird Plasma zwischen Targets eingeschlossen; somit können Plasmaschäden an einem Substrat verringert werden. Außerdem kann die Stufenabdeckung verbessert werden, da je nach Neigung eines Targets der Eintrittswinkel eines gesputterten Teilchens zu einem Substrat verkleinert werden kann.

[0385] Ein Transistor **811**, der in **Fig. 33A2** dargestellt wird, unterscheidet sich von dem Transistor **810** dahingehend, dass eine Elektrode **723**, die als Back-Gate-Elektrode dienen kann, über der Isolierschicht **729** bereitgestellt ist. Die Elektrode **723** kann unter Verwendung eines Materials und eines Verfahrens ausgebildet werden, die denjenigen der Elektrode **746** ähnlich sind.

[0386] Eine Back-Gate-Elektrode wird im Allgemeinen unter Verwendung einer leitfähigen Schicht ausgebildet und derart positioniert, dass ein Kanalbildungsbereich einer Halbleiterschicht zwischen einer Gate-Elektrode und der Back-Gate-Elektrode positioniert ist. Die Back-Gate-Elektrode kann somit auf eine Weise arbeiten, die denjenigen der Gate-Elektrode ähnlich ist. Das Potential der Back-Gate-Elektrode kann demjenigen der Gate-Elektrode gleichen, oder es kann ein Erd-Potential (GND-Potential) oder ein vorher festgelegtes Potential sein. Indem das Potential der Back-Gate-Elektrode unabhängig von dem Potential der Gate-Elektrode geändert wird, kann die Schwellenspannung des Transistors geändert werden.

[0387] Die Elektrode **746** und die Elektrode **723** können jeweils als Gate-Elektrode dienen. Demzufolge können die Isolierschichten **726**, **728** und **729** jeweils als Gate-Isolierschicht dienen. Die Elektrode **723** kann ebenfalls zwischen den Isolierschichten **728** und **729** bereitgestellt sein.

[0388] In dem Fall, in dem die Elektrode **746** oder die Elektrode **723** lediglich als „Gate-Elektrode“ bezeichnet wird, wird die andere Elektrode als „Back-Gate-Elektrode“ bezeichnet. Bei dem Transistor **811** wird beispielsweise in dem Fall, in dem die Elektrode **723** als „Gate-Elektrode“ bezeichnet wird, die Elektrode **746** als „Back-Gate-Elektrode“ bezeichnet. In dem Fall, in dem die Elektrode **723** als „Gate-Elektrode“ verwendet wird, ist der Transistor **811** eine Art von Top-Gate-Transistor. Alternativ kann die Elektrode **746** oder die Elektrode **723** als „erste Gate-Elektrode“ bezeichnet werden, und die andere Elektrode kann als „zweite Gate-Elektrode“ bezeichnet werden.

[0389] Indem die Elektrode **746** und die Elektrode **723** bereitgestellt sind, wobei die Halbleiterschicht **742** dazwischen bereitgestellt ist, und indem die Elektrode **746** und die Elektrode **723** auf die gleichen Potentiale eingestellt werden, wird ein Bereich der Halbleiterschicht **742**, durch den Ladungsträger fließen, in der Filmdickenrichtung vergrößert; demzufolge erhöht sich die Anzahl von übertragenen Ladungsträgern. Folglich erhöhen sich der Durchlassstrom und die Feldeffektbeweglichkeit des Transistors **811**.

[0390] Demzufolge weist der Transistor **811** für seine Fläche einen vergleichsweise hohen Durchlassstrom auf. Das heißt, dass die Fläche des Transistors **811** klein für einen benötigten Durchlassstrom sein kann. Entsprechend einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann die Fläche eines Transistors verringert werden. Demzufolge kann entsprechend einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung eine Halbleitervorrichtung mit einem hohen Integrationsgrad bereitgestellt werden.

[0391] Die Gate-Elektrode und die Back-Gate-Elektrode werden unter Verwendung leitfähiger Schichten ausgebildet, und somit weisen sie jeweils eine Funktion auf, ein elektrisches Feld, das außerhalb des Transistors erzeugt wird, daran zu hindern, die Halbleiterschicht, in der der Kanal gebildet wird, zu beeinflussen (insbesondere eine Funktion zum Blockieren eines elektrischen Feldes gegen statische Elektrizität und dergleichen). Wenn die Back-Gate-Elektrode größer als die Halbleiterschicht ausgebildet wird, so dass die Halbleiterschicht von der Back-Gate-Elektrode bedeckt wird, kann die Funktion zum Blockieren eines elektrischen Feldes verbessert werden.

[0392] Da die Elektrode **746** und die Elektrode **723** jeweils eine Funktion zum Blockieren eines extern erzeugten elektrischen Feldes aufweisen, beeinflussen elektrische Ladungen geladener Teilchen und dergleichen, die auf der Seite der Isolierschicht **772** oder über der Elektrode **723** erzeugt werden, den Kanalbildungsbereich in der Halbleiterschicht **742** nicht. Demzufolge kann eine Degradation infolge eines Stresstests (z. B. eines negativen Gate-Bias-Temperatur(-GBT)-Stresstests, bei dem eine negative elektrische Ladung an ein Gate angelegt wird) verringert werden. Des Weiteren kann eine Veränderung der Gate-Spannung (der steigenden Spannung), bei der je nach Drain-Spannung ein Durchlassstrom anfängt zu fließen, verringert werden. Es sei angemerkt, dass dieser Effekt erhalten wird, wenn die Elektroden **746** und **723** das gleiche Potential oder unterschiedliche Potentiale aufweisen.

[0393] Der BT-Stresstest ist eine Art von Beschleunigungstest und kann eine Veränderung (d. h. eine Veränderung über die Zeit) der Eigenschaften eines Transistors, die durch langfristige Verwendung verursacht wird, in kurzer Zeit auswerten. Im Besonderen ist der Betrag der Änderung der Schwellenspannung eines Transistors vor und nach dem BT-Stress- test ein wichtiger Indikator, wenn die Zuverlässigkeit des Transistors untersucht wird. Wenn die Änderung der Schwellenspannung gering ist, weist der Transistor eine höhere Zuverlässigkeit auf.

[0394] Indem die Elektroden **746** und **723** bereitgestellt werden und die Elektroden **746** und **723** auf das gleiche Potential eingestellt werden, wird der Betrag der Änderung der Schwellenspannung verringert. Demzufolge werden Schwankungen der elektrischen Eigenschaften unter einer Vielzahl von Transistoren ebenfalls verringert.

[0395] Ein Transistor, der eine Back-Gate-Elektrode umfasst, weist vor und nach einem positiven GBT-Stresstest, bei dem positive elektrische Ladungen an ein Gate angelegt werden, eine geringere Änderung der Schwellenspannung auf, als ein Transistor, der keine Back-Gate-Elektrode umfasst.

[0396] Wenn die Back-Gate-Elektrode unter Verwendung eines lichtundurchlässigen leitfähigen Films ausgebildet wird, kann verhindert werden, dass Licht in die Halbleiterschicht von der Seite der Back-Gate-Elektrode eintritt. Deshalb kann eine Photodegradation der Halbleiterschicht verhindert werden, und eine Verschlechterung der elektrischen Eigenschaften des Transistors, wie z. B. eine Verschiebung der Schwellenspannung, kann verhindert werden.

[0397] Entsprechend einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann ein Transistor mit hoher Zuverlässigkeit bereitgestellt werden. Des Weiteren kann eine Halbleitervorrichtung mit hoher Zuverlässigkeit bereitgestellt werden.

[0398] **Fig. 33B1** ist eine Querschnittsansicht eines kanalschützenden Transistors **820**, bei dem es sich um eine Art von Bottom-Gate-Transistor handelt. Der Transistor **820** weist im Wesentlichen die gleiche Struktur auf wie der Transistor **810**, jedoch unterscheidet er sich von dem Transistor **810** dahingehend, dass die Isolierschicht **741** die Halbleiterschicht **742** bedeckt. Die Halbleiterschicht **742** ist elektrisch mit der Elektrode **744a** über eine Öffnung verbunden, die durch selektives Entfernen eines Teils der Isolierschicht **741** ausgebildet wird, der sich mit der Halbleiterschicht **742** überlappt. Die Halbleiterschicht **742** ist elektrisch mit der Elektrode **744b** über eine weitere Öffnung verbunden, die durch selektives Entfernen eines Teils der Isolierschicht **741** ausgebildet wird, der sich mit der Halbleiterschicht **742** überlappt. Ein Bereich der Isolierschicht **741**, der sich mit dem Kanalbildungsbereich überlappt, kann als kanalschützende Schicht dienen.

[0399] Ein Transistor **821**, der in **Fig. 33B2** dargestellt wird, unterscheidet sich von dem Transistor **820** dahingehend, dass die Elektrode **723**, die als Back-Gate-Elektrode dienen kann, über der Isolierschicht **729** bereitgestellt ist.

[0400] Durch die Isolierschicht **741** kann verhindert werden, dass die Halbleiterschicht **742** während der Ausbildung der Elektroden **744a** und **744b** freiliegt. Demzufolge kann verhindert werden, dass die Halbleiterschicht **742** während der Ausbildung der Elektroden **744a** und **744b** in ihrer Dicke verringert wird.

[0401] Die Länge zwischen der Elektrode **744a** und der Elektrode **746** und die Länge zwischen der Elektrode **744b** und der Elektrode **746** in den Transistoren **820** und **821** sind länger als diejenigen in den Transistoren **810** und **811**. Demzufolge kann die parasitäre Kapazität, die zwischen der Elektrode **744a** und der Elektrode **746** gebildet wird, verringert werden. Außerdem kann die parasitäre Kapazität, die zwischen der Elektrode **744b** und der Elektrode **746** gebildet wird, verringert werden. Entsprechend einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann

ein Transistor mit vorteilhaften elektrischen Eigenschaften bereitgestellt werden.

[0402] Ein Transistor **825**, der in **Fig. 33C1** dargestellt wird, ist ein kanalgeätzter Transistor, bei dem es sich um eine Art von Bottom-Gate-Transistor handelt. Bei dem Transistor **825** werden die Elektroden **744a** und **744b** ausgebildet, ohne dass dabei die Isolierschicht **741** bereitgestellt wird. Demzufolge wird in einigen Fällen ein Teil der Halbleiterschicht **742** geätzt, der während der Ausbildung der Elektroden **744a** und **744b** freiliegt. Da jedoch die Isolierschicht **741** nicht bereitgestellt ist, kann die Produktivität des Transistors erhöht werden.

[0403] Ein Transistor **826**, der in **Fig. 33C2** dargestellt wird, unterscheidet sich von dem Transistor **825** dahingehend, dass die Elektrode **723**, die als Back-Gate-Elektrode dienen kann, über der Isolierschicht **729** bereitgestellt ist.

[Top-Gate-Transistor]

[0404] **Fig. 34A1** ist eine Querschnittsansicht eines Transistors **830**, bei dem es sich um eine Art von Top-Gate-Transistor handelt. Der Transistor **830** umfasst die Halbleiterschicht **742** über der Isolierschicht **772**, die Elektroden **744a** und **744b**, die sich über der Halbleiterschicht **742** und der Isolierschicht **772** sowie in Kontakt mit einem Teil der Halbleiterschicht **742** befinden, die Isolierschicht **726** über der Halbleiterschicht **742** und den Elektroden **744a** und **744b**, und die Elektrode **746** über der Isolierschicht **726**.

[0405] Da sich die Elektrode **746** weder mit der Elektrode **744a** noch mit der Elektrode **744b** in dem Transistor **830** überlappt, können die parasitäre Kapazität, die zwischen den Elektroden **746** und **744a** gebildet wird, und die parasitäre Kapazität, die zwischen den Elektroden **746** und **744b** gebildet wird, verringert werden. Nach der Ausbildung der Elektrode **746** wird eine Verunreinigung **755** in die Halbleiterschicht **742** unter Verwendung der Elektrode **746** als Maske eingeführt, so dass sich ein Verunreinigungsbe- reich in selbstausrichtender Weise in der Halbleiterschicht **742** bilden kann (siehe **Fig. 34A3**). Entsprechend einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann ein Transistor mit vorteilhaften elektrischen Eigenschaften bereitgestellt werden.

[0406] Das Einführen der Verunreinigung **755** kann mit einer Ionenimplantationseinrichtung, einer Ionen- dotiereinrichtung oder einer Plasmabehandlungseinrichtung durchgeführt werden.

[0407] Als Verunreinigung **755** kann beispielsweise mindestens eine Art von Element der Gruppe 13 Elemente und der Gruppe 15 Elemente verwendet werden. In dem Fall, in dem ein Oxidhalbleiter für die Halbleiterschicht **742** verwendet wird, ist es möglich,

mindestens eine Art von Element von einem Edelgas, Wasserstoff und Stickstoff als Verunreinigung **755** zu verwenden.

[0408] Ein Transistor **831**, der in **Fig. 34A2** dargestellt wird, unterscheidet sich von dem Transistor **830** dahingehend, dass die Elektrode **723** und die Isolierschicht **727** enthalten sind. Der Transistor **831** umfasst die Elektrode **723**, die über der Isolierschicht **772** ausgebildet ist, und die Isolierschicht **727**, die über der Elektrode **723** ausgebildet ist. Die Elektrode **723** kann als Back-Gate-Elektrode dienen. Demzufolge kann die Isolierschicht **727** als Gate-Isolierschicht dienen. Die Isolierschicht **727** kann unter Verwendung eines Materials und eines Verfahrens ausgebildet werden, die denjenigen der Isolierschicht **726** ähnlich sind.

[0409] Der Transistor **831** weist, wie der Transistor **811**, für seine Fläche einen hohen Durchlassstrom auf. Das heißt, dass die Fläche des Transistors **831** für einen benötigten Durchlassstrom klein sein kann. Entsprechend einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann die Fläche eines Transistors verringert werden. Demzufolge kann entsprechend einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung eine Halbleitervorrichtung mit einem hohen Integrationsgrad bereitgestellt werden.

[0410] Ein Transistor **840**, der in **Fig. 34B1** dargestellt wird, ist eine Art von Top-Gate-Transistor. Der Transistor **840** unterscheidet sich von dem Transistor **830** dahingehend, dass die Halbleiterschicht **742** nach der Ausbildung der Elektroden **744a** und **744b** ausgebildet wird. Ein Transistor **841**, der in **Fig. 34B2** dargestellt wird, unterscheidet sich von dem Transistor **840** dahingehend, dass die Elektrode **723** und die Isolierschicht **727** enthalten sind. Bei den Transistoren **840** und **841** wird ein Teil der Halbleiterschicht **742** über der Elektrode **744a** ausgebildet und wird ein weiterer Teil der Halbleiterschicht **742** über der Elektrode **744b** ausgebildet.

[0411] Der Transistor **841** weist, wie der Transistor **811**, für seine Fläche einen hohen Durchlassstrom auf. Das heißt, dass die Fläche des Transistors **841** für einen benötigten Durchlassstrom klein sein kann. Entsprechend einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann die Fläche eines Transistors verringert werden. Demzufolge kann entsprechend einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung eine Halbleitervorrichtung mit einem hohen Integrationsgrad bereitgestellt werden.

[0412] Ein Transistor **842**, der in **Fig. 35A1** dargestellt wird, ist eine Art von Top-Gate-Transistor. Der Transistor **842** unterscheidet sich von dem Transistor **830** oder dem Transistor **840** dahingehend, dass die Elektroden **744a** und **744b** nach der Ausbildung der Isolierschicht **729** ausgebildet werden. Die Elek-

troden **744a** und **744b** sind elektrisch über Öffnungen, die in den Isolierschichten **728** und **729** ausgebildet werden, mit der Halbleiterschicht **742** verbunden.

[0413] Ein Teil der Isolierschicht **726**, der sich nicht mit der Elektrode **746** überlappt, wird entfernt, und die Verunreinigung **755** wird in die Halbleiterschicht **742** unter Verwendung der Elektrode **746** und der als Maske verbleibenden Isolierschicht **726** eingeführt, so dass sich ein Verunreinigungsbereich in der Halbleiterschicht **742** in selbstausrichtender Weise bilden kann (siehe **Fig. 35A3**). Der Transistor **842** umfasst einen Bereich, in dem sich die Isolierschicht **726** über einen Endabschnitt der Elektrode **746** hinaus erstreckt. Die Halbleiterschicht **742** in einem Bereich, in den die Verunreinigung **755** über die Isolierschicht **726** eingeführt worden ist, weist eine niedrigere Verunreinigungskonzentration auf als die Halbleiterschicht **742** in einem Bereich, in den die Verunreinigung **755** nicht über die Isolierschicht **726** eingeführt worden ist. Demzufolge wird ein LDD-Bereich in einem Bereich gebildet, der sich neben einem Abschnitt der Halbleiterschicht **742** befindet, der sich mit der Elektrode **746** überlappt.

[0414] Ein Transistor **843**, der in **Fig. 35A2** dargestellt wird, unterscheidet sich von dem Transistor **842** dahingehend, dass die Elektrode **723** enthalten ist. Der Transistor **843** umfasst die Elektrode **723**, die über dem Substrat **771** ausgebildet wird und sich mit der Halbleiterschicht **742** überlappt, wobei die Isolierschicht **772** dazwischen bereitgestellt ist. Die Elektrode **723** kann als Back-Gate-Elektrode dienen.

[0415] Die Isolierschicht **726** in einem Bereich, der sich nicht mit der Elektrode **746** überlappt, kann, wie bei einem Transistor **844**, der in **Fig. 35B1** dargestellt wird, und einem Transistor **845**, der in **Fig. 35B2** dargestellt wird, vollständig entfernt werden. Alternativ kann, wie bei einem Transistor **846**, der in **Fig. 35C1** dargestellt wird, und einem Transistor **847**, der in **Fig. 35C2** dargestellt wird, die Isolierschicht **726** übrig bleiben.

[0416] Bei den Transistoren **842** bis **847** wird nach der Ausbildung der Elektrode **746** die Verunreinigung **755** unter Verwendung der Elektrode **746** als Maske in die Halbleiterschicht **742** eingeführt, so dass sich ein Verunreinigungsbereich in der Halbleiterschicht **742** in selbstausrichtender Weise bilden kann. Entsprechend einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann ein Transistor mit vorteilhaften elektrischen Eigenschaften bereitgestellt werden. Des Weiteren kann entsprechend einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung eine Halbleitervorrichtung mit einem hohen Integrationsgrad bereitgestellt werden.

[S-channel-Transistor]

[0417] **Fig. 36A** bis **Fig. 36C** stellen ein Beispiel der Struktur eines Transistors dar, bei dem ein Oxidhalbleiter für die Halbleiterschicht **742** verwendet wird. Bei einem Transistor **850**, der in **Fig. 36A** bis **Fig. 36C** dargestellt wird, wird eine Halbleiterschicht **742b** über einer Halbleiterschicht **742a** ausgebildet, und eine Halbleiterschicht **742c** bedeckt eine Oberseite und eine Seitenfläche der Halbleiterschicht **742b** und eine Seitenfläche der Halbleiterschicht **742a**. **Fig. 36A** ist eine Draufsicht auf den Transistor **850**. **Fig. 36B** ist eine Querschnittsansicht (in der Kanallängsrichtung) entlang der Strichpunktlinie X1-X2 in **Fig. 36A**. **Fig. 36C** ist eine Querschnittsansicht (in der Kanalbreitenrichtung) entlang der Strichpunktlinie Y1-Y2 in **Fig. 36A**.

[0418] Der Transistor **850** umfasst eine Elektrode **743**, die als Gate-Elektrode dient. Die Elektrode **743** kann unter Verwendung eines Materials und eines Verfahrens ausgebildet werden, die denjenigen der Elektrode **746** ähnlich sind. Die Elektrode **743** wird bei dieser Ausführungsform aus zwei leitfähigen Schichten ausgebildet.

[0419] Die Halbleiterschicht **742a**, die Halbleiterschicht **742b** und die Halbleiterschicht **742c** werden jeweils unter Verwendung eines Materials ausgebildet, das In und/oder Ga enthält. Typische Beispiele sind ein In-Ga-Oxid (ein Oxid, das In und Ga enthält), ein In-Zn-Oxid (ein Oxid, das In und Zn enthält) und ein In-M-Zn-Oxid (ein Oxid, das In, ein Element M und Zn enthält). Bei dem Element M handelt es sich um eine oder mehrere Art/Arten von Elementen, das/die aus Al, Ti, Ga, Y, Zr, La, Ce, Nd und Hf ausgewählt wird/werden, und es weist eine höhere Bindungsstärke an Sauerstoff auf als In.

[0420] Die Halbleiterschicht **742a** und die Halbleiterschicht **742c** werden vorzugsweise aus einem Material ausgebildet, das eine oder mehrere Arten von Metallelementen enthält, das/die in der Halbleiterschicht **742b** enthalten ist/sind. Durch Verwendung eines derartigen Materials werden Grenzflächenzustände mit geringerer Wahrscheinlichkeit an der Grenzfläche zwischen der Halbleiterschicht **742a** und der Halbleiterschicht **742b** und an der Grenzfläche zwischen der Halbleiterschicht **742c** und der Halbleiterschicht **742b** erzeugt. Daher werden Ladungsträger mit geringerer Wahrscheinlichkeit an den Grenzflächen gestreut oder eingefangen, was zu einer Verbesserung der Feld-Effekt-Beweglichkeit des Transistors führt. Zudem können Schwankungen der Schwellenspannung des Transistors verringert werden. Deshalb kann eine Halbleitervorrichtung mit vorteilhaften elektrischen Eigenschaften erhalten werden.

[0421] Die Dicken der Halbleiterschichten **742a** und **742c** sind jeweils größer als oder gleich 3 nm und klei-

ner als oder gleich 100 nm, bevorzugt größer als oder gleich 3 nm und kleiner als oder gleich 50 nm. Die Dicke der Halbleiterschicht **742b** ist größer als oder gleich 3 nm und kleiner als oder gleich 700 nm, bevorzugt größer als oder gleich 3 nm und kleiner als oder gleich 100 nm, stärker bevorzugt größer als oder gleich 3 nm und kleiner als oder gleich 50 nm.

[0422] In dem Fall, in dem die Halbleiterschicht **742b** ein In-M-Zn-Oxid umfasst und die Halbleiterschichten **742a** und **742c** ebenfalls jeweils ein In-M-Zn-Oxid umfassen, weisen beispielsweise die Halbleiterschichten **742a** und **742c** jeweils ein Atomverhältnis auf, bei dem $\text{In:M:Zn} = x_1:y_1:z_1$ ist, und weist die Halbleiterschicht **742b** ein Atomverhältnis auf, bei dem $\text{In:M:Zn} = x_2:y_2:z_2$ ist. In diesem Fall können die Zusammensetzungen der Halbleiterschichten **742a**, **742c** und **742b** derart ausgewählt werden, dass y_1/x_1 größer als y_2/x_2 ist. Vorzugsweise werden die Zusammensetzungen der Halbleiterschichten **742a**, **742c** und **742b** derart ausgewählt, dass y_1/x_1 1,5-mal oder mehr so groß ist wie y_2/x_2 . Es wird stärker bevorzugt, dass die Zusammensetzungen der Halbleiterschichten **742a**, **742c** und **742b** derart ausgewählt werden, dass y_1/x_1 2-mal oder mehr so groß ist wie y_2/x_2 . Es wird stärker bevorzugt, dass die Zusammensetzungen der Halbleiterschichten **742a**, **742c** und **742b** derart ausgewählt werden, dass y_1/x_1 3-mal oder mehr so groß ist wie y_2/x_2 . Vorzugsweise ist y_1 größer als oder gleich x_1 , da der Transistor stabile elektrische Eigenschaften aufweisen kann. Jedoch wird dann, wenn y_1 dreimal oder mehr so groß ist wie x_1 , die Feldeffektbeweglichkeit des Transistors verringert; folglich ist y_1 vorzugsweise kleiner als das Dreifache von x_1 . Wenn die Halbleiterschicht **742a** und die Halbleiterschicht **742c** die vorstehenden Zusammensetzungen aufweisen, kann es sich bei der Halbleiterschicht **742a** und der Halbleiterschicht **742c** jeweils um eine Schicht handeln, in der Sauerstofffehlstellen mit geringerer Wahrscheinlichkeit erzeugt werden als in der Halbleiterschicht **742b**.

[0423] In dem Fall, in dem die Halbleiterschicht **742a** und die Halbleiterschicht **742c** jeweils ein In-M-Zn-Oxid umfassen, sind die Prozentsätze von In und dem Element M vorzugsweise wie folgt, wobei vorausgesetzt wird, dass die Summe von In und M 100 Atom-% ist: Der Prozentsatz von In ist niedriger als 50 Atom-% und der Prozentsatz vom Element M ist höher als oder gleich 50 Atom-%. Die Prozentsätze von In und dem Element M sind stärker bevorzugt wie folgt: Der Prozentsatz von In ist niedriger als 25 Atom-% und der Prozentsatz vom Element M ist höher als oder gleich 75 Atom-%. In dem Fall, in dem die Halbleiterschicht **742b** ein In-M-Zn-Oxid umfasst, sind die Prozentsätze von In und dem Element M, wenn man davon ausgeht, dass die Summe von In und M 100 Atom-% beträgt, vorzugsweise wie folgt: Der Prozentsatz von In ist höher als oder gleich 25 Atom-%, und der Prozentsatz vom Element M ist niedriger als 75

Atom-%. Die Prozentsätze von In und dem Element M sind stärker bevorzugt wie folgt: Der Prozentsatz von In ist höher als oder gleich 34 Atom-% und der Prozentsatz vom Element M ist niedriger als 66 Atom-%.

[0424] Beispielsweise kann ein In-Ga-Zn-Oxid, das unter Verwendung eines Targets mit einem Atomverhältnis von $\text{In:Ga:Zn} = 1:3:2$, $1:3:4$, $1:3:6$, $1:6:4$ oder $1:9:6$ ausgebildet wird, ein In-Ga-Oxid, das unter Verwendung eines Targets mit einem Atomverhältnis von $\text{In:Ga} = 1:9$ ausgebildet wird, oder Galliumoxid für jede der Halbleiterschichten **742a** und **742c**, die In oder Ga enthalten, verwendet werden. Des Weiteren kann ein In-Ga-Zn-Oxid, das unter Verwendung eines Targets mit einem Atomverhältnis von $\text{In:Ga:Zn} = 3:1:2$, $1:1:1$, $5:5:6$ oder $4:2:4,1$ ausgebildet wird, für die Halbleiterschicht **742b** verwendet werden. Es sei angemerkt, dass das Atomverhältnis jeder Halbleiterschicht **742a**, **742b** und **742c** innerhalb eines Fehlerbereiches von $\pm 20\%$ von den vorstehend beschriebenen Atomverhältnissen abweichen kann.

[0425] Um stabile elektrische Eigenschaften des Transistors, der die Halbleiterschicht **742b** umfasst, zu erhalten, werden vorzugsweise Verunreinigungen und Sauerstofffehlstellen in der Halbleiterschicht **742b** verringert, um eine hochreine Oxidhalbleiterschicht zu erhalten, und dementsprechend kann die Halbleiterschicht **742b** als intrinsische oder im Wesentlichen intrinsische Oxidhalbleiterschicht angesehen werden. Des Weiteren wird vorzugsweise mindestens der Kanalbildungsbereich der Halbleiterschicht **742b** als intrinsische oder im Wesentlichen intrinsische Oxidhalbleiterschicht angesehen.

[0426] Es sei angemerkt, dass die im Wesentlichen intrinsische Oxidhalbleiterschicht eine Oxidhalbleiterschicht bezeichnet, in der die Ladungsträgerdichte höher als oder gleich $1 \times 10^{10}/\text{cm}^3$ und niedriger als $8 \times 10^{11}/\text{cm}^3$, bevorzugt niedriger als $1 \times 10^{11}/\text{cm}^3$, stärker bevorzugt niedriger als $1 \times 10^{10}/\text{cm}^3$ ist.

[0427] **Fig. 37A** bis **Fig. 37C** stellen ein Beispiel für die Struktur eines Transistors dar, bei dem ein Oxidhalbleiter für die Halbleiterschicht **742** verwendet wird. Bei einem Transistor **822**, der in **Fig. 37A** bis **Fig. 37C** dargestellt wird, wird die Halbleiterschicht **742b** über der Halbleiterschicht **742a** ausgebildet. Der Transistor **822** ist eine Art von Bottom-Gate-Transistor, der eine Back-Gate-Elektrode umfasst. **Fig. 37A** ist eine Draufsicht auf den Transistor **822**. **Fig. 37B** ist eine Querschnittsansicht (in der Kanallängsrichtung) entlang der Strichpunktlinie X1-X2 in **Fig. 37A**. **Fig. 37C** ist eine Querschnittsansicht (in der Kanalbreitenrichtung) entlang der Strichpunktlinie Y1-Y2 in **Fig. 37A**.

[0428] Die Elektrode **723**, die über der Isolierschicht **729** bereitgestellt ist, ist elektrisch mit der Elektrode

746 über eine Öffnung **747a** und eine Öffnung **747b**, die in den Isolierschichten **726**, **728** und **729** bereitgestellt werden, verbunden. Demzufolge wird den Elektroden **723** und **746** das gleiche Potential zugeführt. Des Weiteren kann entweder eine oder keine der Öffnungen **747a** und **747b** bereitgestellt sein. In dem Fall, in dem keine der Öffnungen **747a** und **747b** bereitgestellt ist, können den Elektroden **723** und **746** unterschiedliche Potentiale zugeführt werden.

[Energiebandstruktur des Oxidhalbleiters]

[0429] Die Funktion und der Effekt der Halbleiterschicht **742**, die eine Mehrfachschicht ist, die die Halbleiterschichten **742a**, **742b** und **742c** umfasst, werden anhand eines Energiebandstrukturdiagramms, das in **Fig. 41A** und **Fig. 41B** gezeigt wird, beschrieben. **Fig. 41A** ist das Energiebandstrukturdiagramm, das einen Abschnitt entlang der Strichpunktlinie D1-D2 in **Fig. 36B** zeigt. **Fig. 41A** stellt die Energiebandstruktur eines Kanalbildungsbereichs des Transistors **850** dar.

[0430] In **Fig. 41A** bezeichnen Ec882, Ec883a, Ec883b, Ec883c und Ec886 jeweils die Energie des Leitungsbandminimums der Isolierschicht **772**, der Halbleiterschicht **742a**, der Halbleiterschicht **742b**, der Halbleiterschicht **742c** und der Isolierschicht **726**.

[0431] Hier entspricht eine Energiedifferenz zwischen dem Vakuumniveau und dem Leitungsbandminimum (die Differenz wird auch als „Elektronenaffinität“ bezeichnet) einem Wert, der durch Abziehen einer Energielücke von einer Energiedifferenz zwischen dem Vakuumniveau und dem Maximum des Valenzbandes (die Differenz wird auch als Ionisierungspotential bezeichnet) ermittelt wird. Es sei angemerkt, dass die Energielücke mittels eines spektroskopischen Ellipsometers (z. B. des UT-300, von HORIBA JOBIN YVON S.A.S.) gemessen werden kann. Die Energiedifferenz zwischen dem Vakuumniveau und dem Maximum des Valenzbandes kann mittels eines Ultraviolet-Photoelektronenspektroskopie-(UPS-)Geräts (z. B. der Versa Probe von ULVAC-PHI, Inc.) gemessen werden.

[0432] Es sei angemerkt, dass ein In-Ga-Zn-Oxid, das unter Verwendung eines Targets mit einem Atomverhältnis von In:Ga:Zn = 1:3:2 ausgebildet wird, eine Energielücke von ca. 3,5 eV und eine Elektronenaffinität von ca. 4,5 eV aufweist. Ein In-Ga-Zn-Oxid, das unter Verwendung eines Targets mit einem Atomverhältnis von In:Ga:Zn = 1:3:4 ausgebildet wird, weist eine Energielücke von ca. 3,4 eV und eine Elektronenaffinität von ca. 4,5 eV auf. Ein In-Ga-Zn-Oxid, das unter Verwendung eines Targets mit einem Atomverhältnis von In:Ga:Zn = 1:3:6 ausgebildet wird, weist eine Energielücke von ca. 3,3 eV und eine Elektronenaffinität von ca. 4,5 eV auf. Ein In-Ga-Zn-Oxid, das unter Verwendung eines Targets mit ei-

nem Atomverhältnis von In:Ga:Zn = 1:6:2 ausgebildet wird, weist eine Energielücke von ca. 3,9 eV und eine Elektronenaffinität von ca. 4,3 eV auf. Ein In-Ga-Zn-Oxid, das unter Verwendung eines Targets mit einem Atomverhältnis von In:Ga:Zn = 1:6:8 ausgebildet wird, weist eine Energielücke von ca. 3,5 eV und eine Elektronenaffinität von ca. 4,4 eV auf. Ein In-Ga-Zn-Oxid, das unter Verwendung eines Targets mit einem Atomverhältnis von In:Ga:Zn = 1:6:10 ausgebildet wird, weist eine Energielücke von ca. 3,5 eV und eine Elektronenaffinität von ca. 4,5 eV auf. Ein In-Ga-Zn-Oxid, das unter Verwendung eines Targets mit einem Atomverhältnis von In:Ga:Zn = 1:1:1 ausgebildet wird, weist eine Energielücke von ca. 3,2 eV und eine Elektronenaffinität von ca. 4,7 eV auf. Ein In-Ga-Zn-Oxid, das unter Verwendung eines Targets mit einem Atomverhältnis von In:Ga:Zn = 3:1:2 ausgebildet wird, weist eine Energielücke von ca. 2,8 eV und eine Elektronenaffinität von ca. 5,0 eV auf.

[0433] Da die Isolierschicht **772** und die Isolierschicht **726** Isolatoren sind, liegen Ec882 und Ec886 näher am Vakuumniveau (weisen sie eine geringere Elektronenaffinität auf) als Ec883a, Ec883b und Ec883c.

[0434] Ec883a liegt näher am Vakuumniveau als Ec883b. Insbesondere liegt Ec883a vorzugsweise um 0,05 eV oder mehr, um 0,07 eV oder mehr, um 0,1 eV oder mehr, oder um 0,15 eV oder mehr und um 2 eV oder weniger, um 1 eV oder weniger, um 0,5 eV oder weniger oder um 0,4 eV oder weniger näher am Vakuumniveau als Ec883b.

[0435] Ec883c liegt näher am Vakuumniveau als Ec883b. Insbesondere liegt Ec883c vorzugsweise um 0,05 eV oder mehr, um 0,07 eV oder mehr, um 0,1 eV oder mehr, oder um 0,15 eV oder mehr und um 2 eV oder weniger, um 1 eV oder weniger, um 0,5 eV oder weniger oder um 0,4 eV oder weniger näher am Vakuumniveau als Ec883b.

[0436] In der Nähe der Grenzfläche zwischen der Halbleiterschicht **742a** und der Halbleiterschicht **742b** und in der Nähe der Grenzfläche zwischen der Halbleiterschicht **742b** und der Halbleiterschicht **742c** werden Mischbereiche gebildet; demzufolge ändert sich die Energie des Leitungsbandminimums kontinuierlich. Mit anderen Worten: Kein Zustand oder nur wenige Zustände existieren an diesen Grenzflächen.

[0437] Dementsprechend bewegen sich Elektronen hauptsächlich durch die Halbleiterschicht **742b** in der mehrschichtigen Struktur mit der vorstehenden Energiebandstruktur. Demzufolge beeinflussen Zustände selbst dann den Übergang von Elektroden kaum, wenn die Zustände an der Grenzfläche zwischen der Halbleiterschicht **742a** und der Isolierschicht **772** oder an der Grenzfläche zwischen der Halbleiter-

schicht **742c** und der Isolierschicht **726** existieren. Außerdem existieren die Zustände nicht oder kaum an der Grenzfläche zwischen der Halbleiterschicht **742a** und der Halbleiterschicht **742b** und an der Grenzfläche zwischen der Halbleiterschicht **742c** und der Halbleiterschicht **742b**; somit wird ein Elektronenübergang in den Bereichen nicht unterbunden. Deshalb kann eine hohe Feldeffektbeweglichkeit in dem Transistor mit der mehrschichtigen Struktur aus den vorstehenden Oxidhalbleitern erhalten werden.

[0438] Es sei angemerkt, dass sich, obwohl sich Haftterme **890** auf Grund von Verunreinigungen oder Defekten, wie in **Fig. 41A** gezeigt, in der Nähe der Grenzfläche zwischen der Halbleiterschicht **742a** und der Isolierschicht **772** und in der Nähe der Grenzfläche zwischen der Halbleiterschicht **742c** und der Isolierschicht **726** bilden könnten, die Halbleiterschicht **742b** dank der Existenz der Halbleiterschicht **742a** und der Halbleiterschicht **742c** entfernt von den Haftterminen befinden kann.

[0439] Insbesondere sind in dem bei dieser Ausführungsform beschriebenen Transistor eine obere Oberfläche und eine Seitenfläche der Halbleiterschicht **742b** in Kontakt mit der Halbleiterschicht **742c**, und eine untere Oberfläche der Halbleiterschicht **742b** ist in Kontakt mit der Halbleiterschicht **742a**. Auf diese Weise ist die Halbleiterschicht **742b** von den Halbleiterschichten **742a** und **742c** umgeben, wodurch der Einfluss der Haftterme weiter verringert werden kann.

[0440] Es sei angemerkt, dass in dem Fall, in dem die Energiedifferenz zwischen Ec883a und Ec883b oder zwischen Ec883c und Ec883b klein ist, Elektronen in der Halbleiterschicht **742b** die Haftterme erreichen könnten, indem sie die Energiedifferenz überwinden. Die Elektronen werden in den Haftterminen eingefangen, wodurch eine negative elektrische Festladung an der Grenzfläche zu der Isolierschicht erzeugt wird, was dazu führt, dass sich die Schwellenspannung des Transistors in positiver Richtung verschiebt.

[0441] Deshalb wird jede der Energiedifferenzen zwischen Ec883a und Ec883b und zwischen Ec883c und Ec883b auf größer als oder gleich 0,1 eV, bevorzugt auf größer als oder gleich 0,15 eV eingestellt, wobei in diesem Falle eine Schwankung der Schwellenspannung des Transistors verringert werden kann und der Transistor vorteilhafte elektrische Eigenschaften aufweisen kann.

[0442] Jede der Bandlücken der Halbleiterschicht **742a** und der Halbleiterschicht **742c** ist vorzugsweise größer als diejenige der Halbleiterschicht **742b**.

[0443] **Fig. 41B** ist das Energiebandstrukturdia gramm, das einen Abschnitt entlang der Strichpunkt-

linie D3-D4 in **Fig. 37B** zeigt. **Fig. 41B** zeigt die Energiebandstruktur eines Kanalbildungsbereichs des Transistors **822**.

[0444] In **Fig. 41B** stellt Ec887 die Energie des Leitungsbandminimums der Isolierschicht **728** dar. Die Halbleiterschicht **742** wird unter Verwendung von zwei Schichten, den Halbleiterschichten **742a** und **742b**, ausgebildet; somit kann der Transistor mit verbesselter Produktivität hergestellt werden. Da die Halbleiterschicht **742c** nicht bereitgestellt ist, wird der Transistor, der die zwei Halbleiterschichten umfasst, leicht von den Haftterminen **890** beeinflusst, jedoch kann er eine höhere Feldeffektbeweglichkeit aufweisen als ein Transistor, der nur eine Halbleiterschicht als Halbleiterschicht **742** umfasst.

[0445] Entsprechend einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann ein Transistor mit geringen Schwankungen der elektrischen Eigenschaften bereitgestellt werden. Dementsprechend kann eine Halbleitervorrichtung mit geringen Schwankungen der elektrischen Eigenschaften bereitgestellt werden. Entsprechend einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann ein Transistor mit hoher Zuverlässigkeit bereitgestellt werden. Dementsprechend kann eine Halbleitervorrichtung mit hoher Zuverlässigkeit bereitgestellt werden.

[0446] Ein Oxidhalbleiter weist eine große Energiedifferenz von 3,0 eV oder mehr und eine hohe Durchlässigkeit für sichtbares Licht auf. In einem Transistor, der durch Verarbeitung eines Oxidhalbleiters unter geeigneten Bedingungen erhalten wird, kann der Sperrstrom bei Raumtemperatur (z. B. 25°C) niedriger als oder gleich 100 zA (1×10^{-19} A), niedriger als oder gleich 10 zA (1×10^{-20} A) und ferner niedriger als oder gleich 1 zA (1×10^{-21} A) sein. Demzufolge kann eine Halbleitervorrichtung mit niedrigem Stromverbrauch erhalten werden.

[0447] Entsprechend einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann ein Transistor mit niedrigem Stromverbrauch bereitgestellt werden. Demzufolge kann ein Anzeigeelement oder eine Halbleitervorrichtung, wie z. B. eine Anzeigevorrichtung mit niedrigem Stromverbrauch, bereitgestellt werden. Des Weiteren kann ein Anzeigeelement oder eine Halbleitervorrichtung, wie z. B. eine Anzeigevorrichtung mit hoher Zuverlässigkeit, bereitgestellt werden.

[0448] Der Transistor **850**, der in **Fig. 36A** bis **Fig. 36C** dargestellt wird, wird noch einmal beschrieben. Wenn die Halbleiterschicht **742b** über dem Vorsprung der Isolierschicht **772** bereitgestellt ist, kann die Seitenfläche der Halbleiterschicht **742b** ebenfalls mit der Elektrode **743** bedeckt werden. Demzufolge weist der Transistor **850** eine Struktur auf, bei der die Halbleiterschicht **742b** elektrisch von einem elektrischen Feld der Elektrode **743** umgeben sein kann.

Eine derartige Struktur eines Transistors, bei der eine Halbleiterschicht, in der ein Kanal gebildet wird, elektrisch von einem elektrischen Feld eines leitfähigen Films umgeben ist, wird als S-channel-Struktur (surrounded channel structure) bezeichnet. Ein Transistor mit einer S-channel-Struktur wird als S-channel-Transistor bezeichnet.

[0449] Bei einer S-channel-Struktur kann ein Kanal in der gesamten (im Großteil der) Halbleiterschicht **742b** gebildet werden. Bei einer S-channel-Struktur kann der Drainstrom des Transistors erhöht werden, so dass eine größere Menge an Durchlassstrom erhalten werden kann. Des Weiteren kann der gesamte Kanalbildungsbereich der Halbleiterschicht **742b** durch ein elektrisches Feld der Elektrode **743** verarmt werden. Dementsprechend kann der Sperrstrom des Transistors mit einer S-channel-Struktur weiter verringert werden.

[0450] Wenn die Höhe des Vorsprungs der Isolierschicht **772** vergrößert wird und die Kanalbreite verkürzt wird, können die Effekte einer S-channel-Struktur, nämlich die Erhöhung des Durchlassstroms und die Verringerung des Sperrstroms, verstärkt werden. Ein Teil der Halbleiterschicht **742a**, der während der Ausbildung der Halbleiterschicht **742b** freiliegt, kann entfernt werden. In diesem Fall können die Seitenflächen der Halbleiterschicht **742a** und der Halbleiterschicht **742b** miteinander ausgerichtet sein.

[0451] Wie bei einem Transistor **851**, der in **Fig. 38A** bis **Fig. 38C** dargestellt wird, kann die Elektrode **723** unter der Halbleiterschicht **742** bereitgestellt sein, wobei eine Isolierschicht dazwischen bereitgestellt ist. **Fig. 38A** ist eine Draufsicht auf den Transistor **851**. **Fig. 38B** ist eine Querschnittsansicht entlang der Strichpunktlinie X1-X2 in **Fig. 38A**. **Fig. 38C** ist eine Querschnittsansicht entlang der Strichpunktlinie Y1-Y2 in **Fig. 38A**.

[0452] Wie bei einem Transistor **852**, der in **Fig. 39A** bis **Fig. 39C** dargestellt wird, kann eine Isolierschicht **775** über der Elektrode **743** bereitgestellt sein, und eine Schicht **725** kann über der Isolierschicht **775** bereitgestellt sein. **Fig. 39A** ist eine Draufsicht auf den Transistor **852**. **Fig. 39B** ist eine Querschnittsansicht entlang der Strichpunktlinie X1-X2 in **Fig. 39A**. **Fig. 39C** ist eine Querschnittsansicht entlang der Strichpunktlinie Y1-Y2 in **Fig. 39A**.

[0453] Obwohl die Schicht **725** über der Isolierschicht **775** in **Fig. 39A** bis **Fig. 39C** bereitgestellt ist, kann die Schicht **725** über der Isolierschicht **728** oder **729** bereitgestellt sein. Die Schicht **725**, die unter Verwendung eines Materials mit einer lichtblockierenden Eigenschaft ausgebildet wird, kann Schwankungen der Eigenschaften, eine Verringerung der Zuverlässigkeit oder dergleichen des Transistors verhindern, die durch Lichtbestrahlung hervorgerufen wer-

den. Wenn die Schicht **725** mindestens größer als die Halbleiterschicht **742b** ausgebildet wird, so dass die Halbleiterschicht **742b** von der Schicht **725** bedeckt wird, können die vorstehenden Effekte verbessert werden. Die Schicht **725** kann unter Verwendung eines organischen Materials, eines anorganischen Materials oder eines Metallmaterials ausgebildet werden. In dem Fall, in dem die Schicht **725** unter Verwendung eines leitfähigen Materials ausgebildet wird, kann der Schicht **725** eine Spannung zugeführt werden oder kann die Schicht **725** in einen elektrisch potentialfreien Zustand versetzt werden.

[0454] **Fig. 40A** bis **Fig. 40C** stellen ein Beispiel eines Transistors mit einer S-channel-Struktur dar. Ein Transistor **848**, der in **Fig. 40A** bis **Fig. 40C** dargestellt wird, weist fast die gleiche Struktur wie der Transistor **847** auf. Bei dem Transistor **848** wird die Halbleiterschicht **742** über einem Vorsprung der Isolierschicht **772** ausgebildet. Der Transistor **848** ist eine Art von Top-Gate-Transistor, der eine Back-Gate-Elektrode umfasst. **Fig. 40A** ist eine Draufsicht auf den Transistor **848**. **Fig. 40B** ist eine Querschnittsansicht entlang der Strichpunktlinie X1-X2 in **Fig. 40A**. **Fig. 40C** ist eine Querschnittsansicht entlang der Strichpunktlinie Y1-Y2 in **Fig. 40A**.

[0455] Die Elektrode **744a**, die über der Isolierschicht **729** bereitgestellt ist, ist elektrisch mit der Halbleiterschicht **742** über eine Öffnung **747c**, die in den Isolierschichten **726**, **728** und **729** ausgebildet wird, verbunden. Die Elektrode **744b**, die über der Isolierschicht **729** bereitgestellt ist, ist elektrisch mit der Halbleiterschicht **742** über eine Öffnung **747d**, die in den Isolierschichten **726**, **728** und **729** ausgebildet wird, verbunden.

[0456] Die Elektrode **743**, die über der Isolierschicht **726** bereitgestellt ist, ist elektrisch mit der Elektrode **723** über die Öffnung **747a** und die Öffnung **747b**, die in den Isolierschichten **726** und **772** ausgebildet werden, verbunden. Dementsprechend wird den Elektroden **743** und **723** das gleiche Potential zugeführt. Des Weiteren kann eine oder keine der Öffnungen **747a** und **747b** bereitgestellt sein. In dem Fall, in dem keine der Öffnungen **747a** und **747b** bereitgestellt wird, können den Elektroden **723** und **743** unterschiedliche Potentiale zugeführt werden.

[0457] Es sei angemerkt, dass die Halbleiterschicht in dem Transistor mit einer S-channel-Struktur nicht auf einen Oxidhalbleiter beschränkt ist.

[Weitere Beispiele]

[0458] Strukturbespiele eines n-Kanal-Transistors, bei dem ein dünner polykristalliner Silizium-(Polysilizium-)Film verwendet wird, werden nachstehend anhand von **Fig. 42A** bis **Fig. 42C**, **Fig. 43A** bis **Fig. 43C**, **Fig. 44A** bis **Fig. 44C**, **Fig. 45A** bis

Fig. 45C, Fig. 46A bis Fig. 46C und Fig. 47A und Fig. 47B beschrieben.

[0459] **Fig. 42A** ist eine Draufsicht auf einen Transistor **70A**. **Fig. 42B** ist eine Querschnittsansicht entlang der Linie L1-L2 in **Fig. 42A**. **Fig. 42C** ist eine Querschnittsansicht entlang der Linie W1-W2 in **Fig. 42A**. Es sei angemerkt, dass **Fig. 42B** eine Querschnittsansicht des Transistors **70A** in der Kanallängsrichtung L ist. **Fig. 42C** ist eine Querschnittsansicht des Transistors **70A** in der Kanalbreitenrichtung W.

[0460] Der Transistor **70A** umfasst über einem Substrat **72** mit einer isolierenden Oberfläche eine leitfähige Schicht **73**, die als Gate dient, eine Isolierschicht **74** über der leitfähigen Schicht **73**, eine Halbleiterschicht **75**, die sich mit der leitfähigen Schicht **73** überlappt, wobei die Isolierschicht **74** dazwischen bereitgestellt ist, eine Isolierschicht **76** über der Halbleiterschicht **75**, eine leitfähige Schicht **77**, die als Gate dient und sich mit der Halbleiterschicht **75** überlappt, wobei die Isolierschicht **76** dazwischen bereitgestellt ist, eine Isolierschicht **78** über der leitfähigen Schicht **77**, eine Isolierschicht **79** über der Isolierschicht **78** sowie eine leitfähige Schicht **80** und eine leitfähige Schicht **81**, die als Source und Drain dienen und elektrisch mit der Halbleiterschicht **75** über Öffnungen, die in den Isolierschichten **76**, **78** und **79** bereitgestellt sind, verbunden sind.

[0461] Die Halbleiterschicht **75** umfasst einen Kanalbildungsbereich **82**, der sich mit der leitfähigen Schicht **77** überlappt, ein Paar von LDD-Bereichen **83**, zwischen denen der Kanalbildungsbereich **82** liegt, und ein Paar von Verunreinigungsbereichen **84**, zwischen denen der Kanalbildungsbereich **82** und die LDD-Bereiche **83** liegen. Das Paar von Verunreinigungsbereichen **84** dient als Source-Bereich und Drain-Bereich. Ein Verunreinigungselement, das der Halbleiterschicht **75** eine n-Typ-Leitfähigkeit verleiht, wie z. B. Phosphor (P), oder Arsen (As), wird den LDD-Bereichen **83** und den Verunreinigungsbereichen **84** zugesetzt.

[0462] Der Transistor **70A** umfasst eine erste Isolierschicht (die Isolierschicht **74**) über einer ersten leitfähigen Schicht (der leitfähigen Schicht **73**), die Halbleiterschicht **75**, die den Kanalbildungsbereich **82** umfasst, über der ersten Isolierschicht (der Isolierschicht **74**), eine zweite Isolierschicht (die Isolierschicht **76**) über der Halbleiterschicht **75** und eine zweite leitfähige Schicht (die leitfähige Schicht **77**) über der zweiten Isolierschicht (der Isolierschicht **76**). Die zweite leitfähige Schicht (die leitfähige Schicht **77**) bedeckt eine Seite der Halbleiterschicht **75**, wobei die zweite Isolierschicht (die Isolierschicht **76**) dazwischen bereitgestellt ist. Die Halbleiterschicht **75** ist von der ersten leitfähigen Schicht (der leitfähigen Schicht **73**) und der zweiten leitfähigen Schicht (der leitfähigen Schicht **77**) in einem Querschnitt in der Kanalbrei-

tenrichtung umgeben; das heißt, dass die Halbleiterschicht **75** eine S-channel-Struktur aufweist.

[0463] Bei der in **Fig. 42C** dargestellten Struktur fließt ein Strom durch die gesamte (den Großteil der) Halbleiterschicht **75**. Da ein Strom in einem inneren Teil der Halbleiterschicht **75** fließt, wird der Strom kaum durch Grenzflächenstreuung beeinflusst, und ein hoher Durchlassstrom kann erhalten werden. Es sei angemerkt, dass mit zunehmender Dicke der Halbleiterschicht **75** der Durchlassstrom erhöht werden kann.

[0464] In dem Transistor **70A** wird ein elektrisches Feld des Gates an die Halbleiterschicht **75** sowohl in vertikaler als auch in horizontaler Richtung angelegt. Das heißt, dass das elektrische Feld des Gates an die gesamte Halbleiterschicht **75** angelegt wird, wodurch ein Strom im Großteil der Halbleiterschicht **75** fließt. Es ist demnach möglich, die Feldeffektbeweglichkeit des Transistors **70A** zu verbessern.

[0465] Wenn der Transistor die S-channel-Struktur aufweist, wird der Effekt erhalten, bei dem der Einfluss auf Grund von Verunreinigungen, die von oben und unten in die Halbleiterschicht **75** eindringen, vermieden werden kann. Die erste leitfähige Schicht (die leitfähige Schicht **73**) und die zweite leitfähige Schicht (die leitfähige Schicht **77**) können die Lichtbestrahlung des Halbleiterfilms von oben und unten blockieren und eine Lichtanregung unterdrücken, so dass ein Anstieg des Sperrstroms verhindert werden kann.

[0466] Obwohl hier ein Beispiel eines n-Kanal-Transistors beschrieben wird, kann ein p-Kanal-Transistor hergestellt werden, wenn der Halbleiterschicht **75** ein Verunreinigungselement, das eine p-Typ-Leitfähigkeit verleiht, wie z. B. Bor (B), Aluminium (Al) oder Gallium (Ga), anstelle des Verunreinigungselementes zugefügt wird, das eine n-Typ-Leitfähigkeit verleiht. Eine geringe Menge des Verunreinigungselementes, das eine p-Typ-Leitfähigkeit verleiht, kann dem Kanalbildungsbereich **82** des n-Kanaltransistors **70A** zugefügt werden.

[0467] Es sei angemerkt, dass die Halbleiterschicht **75** durch verschiedene Techniken kristallisiert werden kann. Beispiele für die verschiedenen Techniken zur Kristallisation sind ein Laserkristallisationsverfahren unter Verwendung eines Laserstrahls und ein Kristallisationsverfahren unter Verwendung eines Katalysatorelements. Alternativ können ein Kristallisationsverfahren unter Verwendung eines Katalysatorelements und ein Laserkristallisationsverfahren in Kombination verwendet werden. Im Falle der Verwendung eines Substrats mit einer hohen Wärmebeständigkeit, wie z. B. Quarz, als Substrat **72** ist es möglich, beliebige der folgenden Kristallisationsverfahren zu kombinieren: ein thermisches Kristallisationsverfahren mit einem elektrisch beheizten Ofen,

ein Lampenglüh-Kristallisierungsverfahren mit Infrarotlicht, ein Kristallisierungsverfahren mit einem Katalysatorelement und ein Hochtemperatur-Glühen bei etwa 950°C.

[0468] Der amorphe Siliziumfilm wird mit einem Laserstrahl bestrahlt und in einen polykristallinen Siliziumfilm umgewandelt, und der polykristalline Siliziumfilm wird als Kanalbildungsbereich **82** des Transistors **70A** verwendet. In diesem Fall fließt eine größere Menge an Strom durch den Großteil des Halbleiterfilms als durch die Grenzfläche des Halbleiterfilms, da Korngrenzen, die durch die Laserstrahlbestrahlung gebildet werden, bis unter den polykristallinen Siliziumfilm reichen. Demzufolge kann der Einfluss auf Grund von Schwankungen der Laserstrahlbestrahlungsenergie verringert werden.

[0469] Ein Schwellenwert wird normalerweise durch Hinzufügen eines Verunreinigungselementes in niedriger Konzentration zu einem Kanalbildungsbereich gesteuert. Wenn eine Halbleiterschicht zwischen einem Paar von Gate-Elektroden liegt, werden Ladungsträger mit großer Wahrscheinlichkeit an einer Grenzfläche zwischen der Halbleiterschicht und der Isolierschicht erzeugt. Die Ladungsträger werden in den Isolierfilm oder in die Grenzfläche zwischen dem Isolierfilm und der Halbleiterschicht injiziert, und es existiert das folgende Problem: ein Anstieg des Schwellenwertes. Entsprechend der Energiebandstruktur dieses Kanalbildungsbereichs weisen die Ladungsträger lediglich einen Durchgang in der Nähe der Grenzfläche zwischen der Halbleiterschicht und dem Isolierfilm auf. Demzufolge ist eine Verringerung der Beweglichkeit oder des Drainstroms auf Grund der Injektion von heißen Ladungsträgern, die durch eine Spannung beschleunigt werden, die an den Drain angelegt wird, in die Grenzfläche zwischen dem Isolierfilm und der Halbleiterschicht oder in den Isolierfilm ein großes Problem.

[0470] In dem Transistor **70A** wird jedoch ein elektrisches Feld des Gates an den Halbleiterfilm sowohl in vertikaler als auch in horizontaler Richtung angelegt. Das heißt, dass das elektrische Feld des Gates an den gesamten Halbleiterfilm angelegt wird, wodurch ein Strom im Großteil des Halbleiterfilms fließt. Folglich kann die Feldeffektbeweglichkeit des Transistors erhöht werden.

[0471] Obwohl der Transistor **70A** in **Fig. 42A** die leitfähige Schicht **77**, die als Gate dient, und die leitfähige Schicht **73** umfasst, die als Back-Gate dient, kann auch eine andere Struktur verwendet werden. Beispielsweise kann, je nach den zu verwendenden Schaltungen, ein Transistor ohne die leitfähige Schicht **73**, die als Back-Gate-Elektrode dient, teilweise bereitgestellt werden.

[0472] In **Fig. 42A** ist die leitfähige Schicht **77**, die als Gate dient, verjüngt. Wenn sich ein Verunreinigungsbereich in selbstausrichtender Weise durch Dotieren der Halbleiterschicht mit einem Verunreinigungselement unter Verwendung der sich verjüngenden Gate-Elektrode bildet, kann eine Halbleitervorrichtung bereitgestellt werden, bei der eine Hot-Carrier-Degradation (hot-carrier degradation) mit geringerer Wahrscheinlichkeit auftritt.

[0473] Obwohl die leitfähige Schicht **77**, die als Gate dient, in dem Transistor **70A** elektrisch mit der leitfähigen Schicht **73**, die als Back-Gate-Elektrode dient, verbunden ist, können unterschiedliche Potentiale an sie angelegt werden. Ein Beispiel dafür wird in **Fig. 43A** bis **Fig. 43C** dargestellt. **Fig. 43A** ist eine Draufsicht auf einen Transistor **70B**. **Fig. 43B** ist eine Querschnittsansicht entlang der Linie L1-L2 in **Fig. 43A**. **Fig. 43C** ist eine Querschnittsansicht entlang der Linie W1-W2 in **Fig. 43A**.

[0474] Der Transistor **70B** in **Fig. 43A** bis **Fig. 43C** unterscheidet sich von dem Transistor **70A** in der Art der Isolierschicht **74**. Ein Isolierfilm, der durch ein Plasma-CVD-Verfahren erhalten wird, wird als Isolierschicht **74** in dem Transistor **70B** verwendet. Es gibt einen konvexen Abschnitt auf der Oberfläche des Isolierfilms, der auf Grund der Existenz der leitfähigen Schicht **73**, die als Back-Gate-Elektrode dient, gebildet wird, und der Halbleiterfilm wird über diesem ausgebildet; somit ist die Oberfläche des Halbleiterfilms ebenfalls konvex und spiegelt die darunterliegende Oberflächenform wider.

[0475] Ein Kanalbildungsbereich des Transistors **70B** weist ebenfalls eine S-channel-Struktur auf, bei der ein Kanalbildungsbereich durch die leitfähige Schicht **77**, die als Gate dient, und die leitfähige Schicht **73**, die als Back-Gate-Elektrode dient, umgeben ist.

[0476] Außerdem ist **Fig. 44A** eine Draufsicht auf einen Transistor **70C**. **Fig. 44B** ist eine Querschnittsansicht entlang der Linie L1-L2 in der Kanallängsrichtung des Transistors **70C**. **Fig. 44C** ist eine Querschnittsansicht entlang der Linie W1-W2 in der Kanalbreitenrichtung des Transistors **70C**.

[0477] **Fig. 44A** zeigt die leitfähige Schicht **77**, die leitfähige Schicht **73**, die Halbleiterschicht **75**, die leitfähige Schicht **80**, die leitfähige Schicht **81**, eine Öffnung **93**, eine Öffnung **94**, eine Öffnung **95** und eine Öffnung **96**. Die leitfähige Schicht **77** dient als Gate. Die leitfähige Schicht **73** dient als Back-Gate. Die Öffnungen **93** und **94** sind Öffnungen zur Verbindung der Halbleiterschicht **75** und der leitfähigen Schichten **80** und **81**. Die Öffnungen **95** und **96** sind Öffnungen zur elektrischen Verbindung der leitfähigen Schichten **77** und **73**.

[0478] In **Fig. 44B** umfasst der Transistor **70C** über dem Substrat **72** die leitfähige Schicht **73**, die Isolierschicht **74**, die Halbleiterschicht **75**, die sich mit der leitfähigen Schicht **73** überlappt, wobei die Isolierschicht **74** dazwischen bereitgestellt ist, die Isolierschicht **76** über der Halbleiterschicht **75**, eine leitfähige Schicht **77a** und eine leitfähige Schicht **77b**, die als Gates dienen und sich mit der Halbleiterschicht **75** überlappen, wobei die Isolierschicht **76** dazwischen bereitgestellt ist, die Isolierschicht **78** über der leitfähigen Schicht **77a** und der leitfähigen Schicht **77b**, die Isolierschicht **79** über der Isolierschicht **78** sowie die leitfähige Schicht **80** und die leitfähige Schicht **81**, die als Source und Drain dienen und elektrisch mit der Halbleiterschicht **75** über Öffnungen **93** und **94**, die in den Isolierschichten **76**, **78** und **79** bereitgestellt sind, verbunden sind.

[0479] **Fig. 44C** zeigt über dem Substrat **72** die leitfähige Schicht **73**, die Isolierschicht **74**, die Halbleiterschicht **75**, die Isolierschicht **76**, die leitfähige Schicht **77a** und die leitfähige Schicht **77b**, die elektrisch mit der leitfähigen Schicht **73** in den Öffnungen **95** und **96** verbunden sind, die Isolierschicht **78** über den leitfähigen Schichten **77a** und **77b** und die Isolierschicht **79** über der Isolierschicht **78**. Die Halbleiterschicht **75** umfasst den Kanalbildungsbereich **82**, den LDD-Bereich **83** und den Verunreinigungsbereich **84**. Die Struktur der leitfähigen Schichten **77a** und **77b** ermöglicht ein Dotieren über einen Bereich der leitfähigen Schicht **77a**, der sich nicht mit der leitfähigen Schicht **77b** überlappt, wodurch sich die Verunreinigungsbereiche in selbstausrichtender Weise bilden können. Die Länge des LDD-Bereichs, der sich mit der leitfähigen Schicht **77a** überlappt, wird durch die leitfähige Schicht **77b** bestimmt, die bei dem Ionendotieren als Maske dient. Die leitfähigen Schichten **77a** und **77b** können als Masken bei dem Ionendotieren dienen, die LDD-Bereiche, die sich mit der leitfähigen Schicht **77a** überlappen, können sich in selbstausrichtender Weise bilden, und die Länge (L₀) kann auf eine gewünschte Länge eingestellt werden. Außerdem kann die Länge des LDD-Bereichs, der sich mit der leitfähigen Schicht **77a** überlappt, genau bestimmt werden, und die Beständigkeit gegen Hot-Carrier-Degradation kann verlängert werden, so dass eine hochzuverlässige Halbleitervorrichtung mit einer hohen Ausbeute hergestellt werden kann.

[0480] Der Transistor **70C** weist eine Struktur auf, bei der der Kanalbildungsbereich **82** der Halbleiterschicht **75** elektrisch in der Kanalbreitenrichtung von der leitfähigen Schicht **77**, die als Gate dient, und der leitfähigen Schicht **73** umgeben ist, die als Back-Gate dient und elektrisch mit der leitfähigen Schicht **77** verbunden ist. Das heißt, dass die Struktur eine Struktur sein kann, bei der der Kanalbildungsbereich von der oberen Seite, der unteren Seite und von Seitenflächen umschlossen ist. Demzufolge kann der Durchlassstrom erhöht werden und kann die Größe in der

Kanalbreitenrichtung verringert werden. Außerdem ist der Kanalbildungsbereich bei dieser Struktur von dem leitfähigen Film umgeben, so dass Licht in dem Kanalbildungsbereich leicht blockiert werden kann. Des Weiteren kann eine Lichtanregung auf Grund von ungewollter Lichtbestrahlung des Kanalbildungsbereichs unterdrückt werden.

[0481] Es kann verhindert werden, dass auf Grund einer ungewollten Erhöhung der Leitfähigkeit einer Seitenkante der Halbleiterschicht **75** in der W1-W2-Richtung der Transistor **70C** eingeschaltet wird. Der Einfluss von ungleichmäßiger Verteilung der Verunreinigungselemente, die dem LDD-Bereich **83** und dem Verunreinigungsbereich **84** zugefügt worden sind, kann verringert werden.

[0482] Außerdem kann die Struktur, die in **Fig. 44A** bis **Fig. 44C** gezeigt wird, eine elektrische Verbindung an den Seitenenden der Halbleiterschicht **75** in der W1-W2-Richtung vermeiden, die durch eine ungewollte Erhöhung der Leitfähigkeit verursacht wird. Der Einfluss von ungleichmäßiger Verteilung der Verunreinigungselemente, die der Halbleiterschicht **75** zugefügt worden sind, kann verringert werden.

[0483] Obwohl die Struktur, die in **Fig. 44A** bis **Fig. 44C** gezeigt wird, eine Struktur ist, bei der das Gate und das Back-Gate elektrisch miteinander verbunden sind, ist eine Struktur, bei der dem Gate und dem Back-Gate, wie in **Fig. 43A** bis **Fig. 43C** gezeigt, unterschiedliche Potentiale zugeführt werden, ebenfalls effektiv. Diese Struktur ist besonders bei einer Schaltung effektiv, die lediglich unter Verwendung von n-Kanal-Transistoren ausgebildet wird. Das heißt, dass die Schwellenspannung des Transistors durch das Anlegen einer Spannung an das Back-Gate gesteuert werden kann; somit kann eine logische Schaltung, wie z. B. eine Inverterschaltung, unter Verwendung von ED-MOS-Transistoren, deren Schwellenspannungen sich voneinander unterscheiden, ausgebildet werden. Die Verwendung einer derartigen logischen Schaltung als Treiberschaltung zum Betreiben von Pixeln kann die Fläche verringern, die von der Treiberschaltung in Anspruch genommen wird, so dass eine Anzeigevorrichtung, die einen schmalen Rahmen aufweist, bereitgestellt werden kann. Die Spannung des Back-Gates wird auf eine Spannung eingestellt, bei der der Transistor ausgeschaltet wird, wodurch der Sperrstrom weiter verringert werden kann, wenn der Transistor ausgeschaltet ist. Demzufolge kann selbst dann, wenn die Anzeigevorrichtung eine hohe Wiederholrate aufweist, eine geschriebene Spannung gehalten werden. Dies sollte den Stromverbrauch der Anzeigevorrichtung auf Grund einer niedrigeren Anzahl von Schreibvorgängen verringern.

[0484] Es sei angemerkt, dass die Draufsicht und die Querschnittsansichten der **Fig. 44A** bis **Fig. 44C**

lediglich ein Beispiel zeigen, und eine andere Struktur kann angewandt werden. Beispielsweise sind **Fig. 45A** bis **Fig. 45C** eine Draufsicht und Querschnittsansichten, die sich von denjenigen der **Fig. 44A** bis **Fig. 44C** unterscheiden.

[0485] Ein Transistor **70D**, der in **Fig. 45A** bis **Fig. 45C** gezeigt wird, unterscheidet sich von dem Transistor **70C**, der in **Fig. 44A** bis **Fig. 44C** gezeigt wird, dahingehend, dass die leitfähige Schicht **77**, die als Gate dient, eine Einzelschicht ist und die Öffnungen **95** und **96** näher an dem Kanalbildungsreich **82** positioniert sind. Dies vereinfacht das Anlegen eines elektrischen Feldes an den Kanalbildungsreich von der oberen Seite, der unteren Seite und den Seitenflächen des Kanalbildungsbereichs in dem Transistor **70D**. Außerdem weist der Transistor **70D** mit dieser Struktur, genauso wie der Transistor **70C**, auch die S-channel-Struktur auf, und er kann dessen Effekt aufweisen. Effekte, die denjenigen der Struktur in **Fig. 44A** bis **Fig. 44C** ähnlich sind, können von der S-channel-Struktur, die in **Fig. 45A** bis **Fig. 45C** gezeigt wird, erhalten werden.

[0486] **Fig. 46A** bis **Fig. 46C** zeigen eine Draufsicht und Querschnittsansichten einer Struktur, die sich von denjenigen der **Fig. 44A** bis **Fig. 44C** und **Fig. 45A** bis **Fig. 45C** unterscheidet.

[0487] Eine Struktur, die in **Fig. 46A** bis **Fig. 46C** gezeigt wird, unterscheidet sich von den Strukturen, die in **Fig. 44A** bis **Fig. 44C** und **Fig. 45A** bis **Fig. 45C** gezeigt werden, dahingehend, dass die leitfähige Schicht **73**, die als Back-Gate des Transistors **70E** dient, aus einer leitfähigen Schicht **73a** und einer leitfähigen Schicht **73b** ausgebildet wird und die leitfähige Schicht **73b** von der leitfähigen Schicht **73a** umgeben ist. Effekte, die denjenigen der Struktur in **Fig. 44A** bis **Fig. 44C** ähnlich sind, können von der S-channel-Struktur, die in **Fig. 46A** bis **Fig. 46C** gezeigt wird, erhalten werden.

[0488] Außerdem kann selbst dann, wenn ein Metall, das ein Element mit Beweglichkeit aufweist (z. B. Kupfer (Cu)), für die leitfähige Schicht **73b** bei der Struktur verwendet wird, die in **Fig. 46A** bis **Fig. 46C** gezeigt wird, die Degradation des Halbleiterfilms auf Grund des Eintritts des Elements mit Beweglichkeit in den Halbleiterfilm verhindert werden.

[0489] Es sei angemerkt, dass als Materialien für die leitfähige Schicht **73a**, die als Sperrsicht dient, der über einer Oberfläche positioniert ist, auf der eine Leitung ausgebildet wird, ein beliebiges von Wolfram (W), Molybdän (Mo), Chrom (Cr), Titan (Ti) und Tantal (Ta), die Materialien mit hohem Schmelzpunkt sind, eine Legierung davon (z. B. W-Mo, Mo-Cr oder Ta-Mo), ein Nitrid davon (z. B. Wolfrannitrid, Titanitrid, Tantalnitrid, ein Nitrid, das Titan und Silizium enthält) oder dergleichen verwendet werden kann. Ein

Sputterverfahren, ein CVD-Verfahren oder dergleichen kann als Ausbildungsverfahren verwendet werden. Als Materialien für die leitfähige Schicht **73b** wird Kupfer (Cu) bevorzugt; jedoch gibt es keine besondere Beschränkung, solange die Materialien niederohmige Materialien sind. Beispielsweise kann auch Silber (Ag), Aluminium (Al), Gold (Au), eine Legierung davon oder dergleichen verwendet werden. Als Ausbildungsverfahren für die leitfähige Schicht **73b** wird vorzugsweise ein Sputterverfahren verwendet; jedoch kann ein CVD-Verfahren verwendet werden, solange Bedingungen gewählt werden, bei denen die Fotomaske nicht beschädigt wird.

[0490] **Fig. 47A** und **Fig. 47B** zeigen jeweils den n-Kanal-Transistor **70** und den p-Kanal-Transistor **71**.

[0491] Ein Beispiel wird hier gezeigt, in dem ein n-Kanal-Transistor **70** und ein p-Kanal-Transistor **71** auf dem gleichen Substrat ausgebildet werden. Eine CMOS-Schaltung oder dergleichen kann durch Kombination des n-Kanal-Transistors **70** und des p-Kanal-Transistors **71** ausgebildet werden.

[0492] Der Transistor **70** umfasst über dem Substrat **72** mit einer isolierenden Oberfläche die leitfähige Schicht **73**, die als Gate dient, die Isolierschicht **74** über der leitfähigen Schicht **73**, die Halbleiterschicht **75**, die sich mit der leitfähigen Schicht **73** überlappt, wobei die Isolierschicht **74** dazwischen bereitgestellt ist, die Isolierschicht **76** über der Halbleiterschicht **75**, die leitfähige Schicht **77a** und die leitfähige Schicht **77b**, die als Gates dienen und sich mit der Halbleiterschicht **75** überlappen, wobei die Isolierschicht **76** dazwischen bereitgestellt ist, die Isolierschicht **78** über den leitfähigen Schichten **77a** und **77b**, die Isolierschicht **79** über der Isolierschicht **78** sowie die leitfähige Schicht **80** und die leitfähige Schicht **81**, die als Source und Drain dienen und elektrisch mit der Halbleiterschicht **75** über Öffnungen, die in den Isolierschichten **76**, **78** und **79** bereitgestellt sind, verbunden sind.

[0493] Die Breite in der Kanallängsrichtung der leitfähigen Schicht **77b** ist kleiner als diejenige der leitfähigen Schicht **77a**. Die leitfähigen Schichten **77a** und **77b** sind in dieser Reihenfolge von der Seite des Isolierfilms **76** aus übereinander angeordnet. Die Halbleiterschicht **75** umfasst den Kanalbildungsbereich **82**, der sich mit der leitfähigen Schicht **77b** überlappt, das Paar von LDD-Bereichen **83**, zwischen denen der Kanalbildungsbereich **82** liegt, und das Paar von Verunreinigungsbereichen **84**, zwischen denen der Kanalbildungsbereich **82** und die LDD-Bereiche **83** liegen. Das Paar von Verunreinigungsbereichen **84** dient als Source-Bereich und Drain-Bereich.

[0494] Der Transistor **71** umfasst über dem Substrat **72** mit einer isolierenden Oberfläche eine leitfähige Schicht **85**, die als Gate dient, die Isolierschicht **74**

über der leitfähigen Schicht 85, eine Halbleiterschicht 86, die sich mit der leitfähigen Schicht 85 überlappt, wobei die Isolierschicht 74 dazwischen bereitgestellt ist, die Isolierschicht 76 über der Halbleiterschicht 86, eine leitfähige Schicht 87a und eine leitfähige Schicht 87b, die als Gates dienen und sich mit der Halbleiterschicht 86 überlappen, wobei die Isolierschicht 76 dazwischen bereitgestellt ist, die Isolierschicht 78 über den leitfähigen Schichten 87a und 87b, die Isolierschicht 79 über der Isolierschicht 78 sowie eine leitfähige Schicht 88 und eine leitfähige Schicht 89, die als Source oder Drain dienen und elektrisch mit der Halbleiterschicht 86 über Öffnungen, die in den Isolierschichten 76, 78 und 79 bereitgestellt werden, verbunden sind.

[0495] Die Breite in der Kanallängsrichtung der leitfähigen Schicht 87b ist kürzer als diejenige der leitfähigen Schicht 87a. Die leitfähigen Schichten 87a und 87b sind in dieser Reihenfolge von der Seite der Isolierschicht 76 aus übereinander angeordnet. Die Halbleiterschicht 86 umfasst einen Kanalbildungsbereich 90, der sich mit der leitfähigen Schicht 87b überlappt, und ein Paar von Verunreinigungsbereichen 91, zwischen denen der Kanalbildungsbereich 90 liegt. Das Paar von Verunreinigungsbereichen 91 dient als Source-Bereich und Drain-Bereich.

[0496] Obwohl **Fig. 47A** eine Struktur darstellt, die die leitfähigen Schichten 77a und 77b, die als Gates dienen, und die leitfähige Schicht 73 umfasst, die als Back-Gate-Elektrode dient, kann auch eine andere Struktur verwendet werden. Beispielsweise kann die leitfähige Schicht 73, die als Back-Gate-Elektrode dient, wie in **Fig. 47B** gezeigt, weggelassen werden. Obwohl **Fig. 47A** eine Struktur darstellt, die die leitfähigen Schichten 87a und 87b, die als Gates dienen, und die leitfähige Schicht 85 umfasst, die als Back-Gate-Elektrode dient, kann auch eine andere Struktur verwendet werden. Beispielsweise kann die leitfähige Schicht 85, die als Back-Gate-Elektrode dient, wie in **Fig. 47B** gezeigt, weggelassen werden.

[0497] Der n-Kanal-Transistor 70 in **Fig. 47A** weist wie bei der Ausführungsform 1 eine S-channel-Struktur auf und entspricht dem Transistor 70C in **Fig. 44B**. Eine Draufsicht auf den n-Kanal-Transistor 70 in **Fig. 47A** entspricht der Draufsicht auf den Transistor 70C in **Fig. 44B**. Eine Querschnittsansicht in der Kanalbreitenrichtung des n-Kanal-Transistors 70 in **Fig. 47A** entspricht der Querschnittsansicht des Transistors 70C in **Fig. 44C**.

[0498] **Fig. 48A** bis **Fig. 48C** und **Fig. 49A** bis **Fig. 49C** sind Draufsichten und Querschnittsansichten der Transistoren, die sich teilweise von den vorstehenden Transistoren unterscheiden.

[0499] Ein Transistor 70F, der in **Fig. 48A** bis **Fig. 48C** gezeigt wird, weist eine sogenannte Staggered-Struktur auf.

[0500] Der Transistor 70F umfasst die Isolierschicht 74 über dem Substrat 72, die Halbleiterschicht 75 über der Isolierschicht 74, die Isolierschicht 76 über der Isolierschicht 74 und der Halbleiterschicht 75, die leitfähige Schicht 77 über der Isolierschicht 76, die Isolierschicht 78 über der Isolierschicht 76 und der leitfähige Schicht 77, die Isolierschicht 79 über der Isolierschicht 78 und die leitfähige Schicht 80 und die leitfähige Schicht 81 über der Isolierschicht 79. Die Halbleiterschicht 75 umfasst den Kanalbildungsbereich 82 und den Verunreinigungsbereich 84. Die Halbleiterschicht 75 kann einen LDD-Bereich umfassen.

[0501] Die leitfähige Schicht 80 ist elektrisch mit der Halbleiterschicht 75 über die Öffnung 93, die in den Isolierschichten 76, 78 und 79 bereitgestellt ist, verbunden. Die leitfähige Schicht 81 ist elektrisch mit der Halbleiterschicht 75 über die Öffnung 94, die in den Isolierschichten 76, 78 und 79 bereitgestellt ist, verbunden.

[0502] Die Isolierschicht 74 dient als Basisisolierschicht. Ein Teil der Isolierschicht 76 dient als Gate-Isolierschicht, und ein Teil der leitfähigen Schicht 77 dient als Gate-Elektrode. Die Isolierschicht 78 und die Isolierschicht 79 dienen als Zwischenschicht-Isolierschichten. Ein Teil der leitfähigen Schicht 80 dient als Source-Elektrode, und ein Teil der leitfähigen Schicht 81 dient als Drain-Elektrode. Der Transistor 70F weist eine sogenannte selbstjustierende Struktur auf, bei der der Verunreinigungsbereich 84 in einem Bereich der Halbleiterschicht 75 gebildet wird, der sich nicht mit der leitfähigen Schicht 77 überlappt. Der Transistor 70F ist auch ein Single-Gate-Transistor.

[0503] Ein Transistor 70G, der in **Fig. 49A** bis **Fig. 49C** gezeigt wird, weist eine sogenannte Staggered-Struktur auf, bei der eine Back-Gate-Elektrode für den vorstehend beschriebenen Transistor 70F bereitgestellt ist.

[0504] Die leitfähige Schicht 73, bei der ein Teil als Back-Gate-Elektrode dient, ist unter der Isolierschicht 74 positioniert. Bei dem Transistor 70G ist der Kanalbildungsbereich 82 zwischen der leitfähigen Schicht 73 und der leitfähigen Schicht 77 positioniert. Es wird bevorzugt, dass die leitfähige Schicht 73 und die leitfähige Schicht 77 elektrisch miteinander in einem Bereich verbunden sind, der nicht dargestellt wird.

[0505] Wie in **Fig. 49B** und **Fig. 49C** dargestellt, ist ein Bereich der Isolierschicht 74, der sich nicht mit der Halbleiterschicht 75 überlappt, dünner als ein Bereich der Isolierschicht 74, der sich mit der Halbleiterschicht 75 überlappt. Bei einer derartigen Struktur

können Seitenflächen des Kanalbildungsbereichs **82** von der leitfähigen Schicht **77** bedeckt werden. Demzufolge kann ein elektrisches Feld des Gates effektiv an den Kanalbildungsbereich **82** aus Richtung der Seitenfläche angelegt werden.

[0506] Mindestens ein Teil dieser Ausführungsform kann in angemessener Weise in Kombination mit einer der anderen Ausführungsformen implementiert werden, die in dieser Beschreibung beschrieben werden.

(Ausführungsform 4)

[0507] Bei dieser Ausführungsform wird ein Strukturbeispiel eines Touchscreen-Moduls, das einen Touchscreen einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung und eine IC umfasst, anhand der Zeichnungen beschrieben.

[0508] **Fig. 50** ist ein Blockdiagramm eines Touchscreen-Moduls **6500**. Das Touchscreen-Modul **6500** umfasst einen Touchscreen **6510** und eine IC **6520**.

[0509] Der Touchscreen **6510** umfasst einen Anzeigeabschnitt **6511**, einen Eingabeabschnitt **6512** und eine Abtastleitungstreiberschaltung **6513**. Der Anzeigeabschnitt **6511** umfasst eine Vielzahl von Pixeln, eine Vielzahl von Signalleitungen und eine Vielzahl von Abtastleitungen, und er weist eine Funktion zum Anzeigen eines Bildes auf. Der Eingabeabschnitt **6512** umfasst eine Vielzahl von Sensorelementen zum Erfassen eines Objektes, das in Kontakt mit dem oder in der Nähe des Touchscreens **6510** ist, und er dient als Berührungssensor. Die Abtastleitungstreiberschaltung **6513** weist eine Funktion zum Ausgeben von Abtastsignalen an die Abtastleitungen auf, die in dem Anzeigeabschnitt **6511** enthalten sind.

[0510] Der Anzeigeabschnitt **6511** und der Eingabeabschnitt **6512** werden der Einfachheit halber in dem Touchscreen **6510** separat dargestellt; jedoch wird ein sogenannter In-Cell-Touchscreen bevorzugt, der sowohl eine Funktion zum Anzeigen eines Bildes als auch eine Funktion eines Berührungssensors aufweist.

[0511] Als Berührungssensor, der für den Eingabeabschnitt **6512** verwendet werden kann, kann ein kapazitiver Berührungssensor verwendet werden. Beispiele für den kapazitiven Berührungssensor sind ein oberflächenkapazitiver Berührungssensor und ein projiziert-kapazitiver Berührungssensor. Beispiele für den projiziert-kapazitiven Berührungssensor umfassen einen eigenkapazitiven Berührungssensor und einen gegenseitig kapazitiven Berührungssensor. Die Verwendung eines gegenseitig kapazitiven Berührungssensors wird bevorzugt, da mehrere Punkte simultan erfasst werden können.

[0512] Als Eingabeabschnitt **6512** können verschiedene Sensoren verwendet werden, die die Nähe oder den Kontakt eines Objektes, wie z. B. eines Fingers oder eines Stifts, erfassen können. Für den Berührungssensor können zusätzlich zu einem kapazitiven Typ beispielsweise verschiedene Typen verwendet werden, wie z. B. ein resistiver Typ, ein oberflächenakkustischer Wellentyp, ein Infrarottyp und ein optischer Typ.

[0513] Als typische Beispiele des In-Cell-Touchscreens können ein Semi-In-Cell-Typ und ein Full-In-Cell-Typ angegeben werden. Der Semi-In-Cell-Typ bezeichnet eine Struktur, bei der eine Elektrode oder dergleichen, die in einem Berührungssensor enthalten ist, über einem Substrat, das ein Anzeigeelement stützt, und einem Gegensubstrat bereitgestellt ist oder über dem Gegensubstrat bereitgestellt ist. Dahingegen bezeichnet ein Full-In-Cell-Typ eine Struktur, bei der eine Elektrode oder dergleichen, die in einem Berührungssensor enthalten ist, über einem Substrat bereitgestellt ist, das ein Anzeigeelement stützt. Im Falle eines Full-In-Cell-Touchscreens kann eine Struktur eines Gegensubstrats vereinfacht werden, was vorzuziehen ist. Insbesondere kann ein Herstellungsprozess vereinfacht werden und können die Herstellungskosten verringert werden, wenn eine Elektrode, die in einem Anzeigeelement enthalten ist, auch als Elektrode in einem Berührungssensor in einem Full-In-Cell-Berührungssensor dient, was vorzuziehen ist.

[0514] Die Auflösung des Anzeigeabschnitts **6511** ist vorzugsweise so hoch wie HD (Anzahl der Pixel: 1280×720), FHD (Anzahl der Pixel: 1920×1080), WQHD (Anzahl der Pixel: 2560×1440), WQXGA (Anzahl der Pixel: 2560×1600), 4K (Anzahl der Pixel: 3840×2160), oder 8K (Anzahl der Pixel: 7680×4320). Im Besonderen wird eine Auflösung von 4K, 8K oder höher bevorzugt. Die Pixeldichte (Auflösung) der Pixel in dem Anzeigeabschnitt **6511** ist höher als oder gleich 300 ppi, bevorzugt höher als oder gleich 500 ppi, stärker bevorzugt höher als oder gleich 800 ppi, noch stärker bevorzugt höher als oder gleich 1000 ppi, noch stärker bevorzugt höher als oder gleich 1200 ppi. Der Anzeigeabschnitt **6511** mit einer derartigen hohen Auflösung und Pixeldichte ermöglicht eine Erhöhung des realistischen Eindrucks, der Tiefenwahrnehmung und dergleichen bei privater Nutzung, wie z. B. beim mobilen Gebrauch oder bei der Nutzung zu Hause.

[0515] Die IC **6520** umfasst eine Schaltungseinheit **6501**, eine Signalleitungstreiberschaltung **6502**, eine Sensortreiberschaltung **6503** und eine Erfassungsschaltung **6504**. Die Schaltungseinheit **6501** umfasst einen Timing-Controller **6505**, eine Bildverarbeitungsschaltung **6506** oder dergleichen.

[0516] Die Signalleitungstreiberschaltung **6502** weist eine Funktion zum Ausgeben eines Videosignals, das ein analoges Signal ist, an eine Signalleitung auf, die in dem Anzeigeabschnitt **6511** enthalten ist. Beispielsweise kann die Signalleitungstreiberschaltung **6502** eine Schieberegisterschaltung und eine Pufferschaltung in Kombination umfassen. Der Touchscreen **6510** kann eine Demultiplexer-Schaltung umfassen, die mit einer Signalleitung verbunden ist.

[0517] Die Sensortreiberschaltung **6503** weist eine Funktion zum Ausgeben eines Signals zum Betreiben eines Sensorelements auf, das in dem Eingabeabschnitt **6515** enthalten ist. Als Sensortreiberschaltung **6503** können beispielsweise eine Schieberegisterschaltung und eine Pufferschaltung in Kombination verwendet werden.

[0518] Die Erfassungsschaltung **6504** weist eine Funktion zum Ausgeben eines Ausgabesignals von dem Sensorelement, das in dem Eingabeabschnitt **6512** enthalten ist, an die Schaltungseinheit **6501** auf. Die Erfassungsschaltung **6504** kann beispielsweise eine Verstärkerschaltung und einen analog-digitalen Umwandler (ADC, analog-digital converter) umfassen. In diesem Fall wandelt die Erfassungsschaltung **6504** ein analoges Signal, das von dem Eingabeabschnitt **6512** ausgegeben wird, in ein digitales Signal um, das an die Schaltungseinheit **6501** ausgegeben werden soll.

[0519] Die Bildverarbeitungsschaltung **6506**, die in der Schaltungseinheit **6501** enthalten ist, weist eine Funktion zum Erzeugen und Ausgeben eines Signals zum Betreiben des Anzeigeabschnitts **6511** des Touchscreens **6510**, eine Funktion zum Erzeugen und Ausgeben eines Signals zum Betreiben des Eingabeabschnitts **6512** und eine Funktion zum Analysieren eines Signals, das von dem Eingabeabschnitt **6512** ausgegeben wird, und eine Funktion zum Ausgeben des Signals an eine CPU **6540** auf.

[0520] Die Bildverarbeitungsschaltung **6506** weist als spezifische Beispiele die folgenden Funktionen auf: eine Funktion zum Erzeugen eines Videosignals entsprechend einem Befehl von der CPU **6540**; eine Funktion zum Durchführen einer Signalverarbeitung an einem Videosignal entsprechend der Spezifikation des Anzeigeabschnitts **6511**, Umwandeln des Signals in ein analoges Videosignal und Zuführen des umgewandelten Signals zu der Signalleitungstreiberschaltung **6502**; eine Funktion zum Erzeugen eines Antriebssignals, das entsprechend einem Befehl von der CPU **6540** an die Sensortreiberschaltung **6503** ausgegeben wird; und eine Funktion zum Analysieren eines Signals, das von der Erfassungsschaltung **6504** eingegeben wird, und Ausgeben des analysierten Signals an die CPU **6540** als Positionsinformation.

[0521] Der Timing-Controller **6505** kann eine Funktion zum Erzeugen und Ausgeben eines Signals (z. B. eines Taktsignals oder eines Impulsstartsignals) aufweisen, das an die Abtastleitungstreiberschaltung **6513** und die Sensortreiberschaltung **6503** ausgegeben wird, auf Basis eines Synchronisationssignals, das in einem Videosignal oder dergleichen enthalten ist, an dem die Bildverarbeitungsschaltung **6506** eine Verarbeitung durchführt. Des Weiteren kann der Timing-Controller **6505** eine Funktion zum Erzeugen und Ausgeben eines Signals zum Bestimmen des Zeitpunkts aufweisen, wann die Erfassungsschaltung **6504** ein Signal ausgeben soll. Hier gibt der Timing-Controller **6505** vorzugsweise Synchronisationssignale als Signal, das an die Abtastleitungstreiberschaltung **6513** ausgegeben wird, und als Signal aus, das an die Sensortreiberschaltung **6503** ausgegeben wird. Im Besonderen wird bevorzugt, dass eine Periode, in der Daten in einem Pixel in dem Anzeigeabschnitt **6511** überschrieben werden, und eine Periode, in der mit dem Eingabeabschnitt **6512** ein Erfassen durchgeführt wird, separat bereitgestellt werden. Beispielsweise kann der Touchscreen **6510** betrieben werden, indem eine Bildperiode in eine Periode, in der Daten in einem Pixel überschrieben werden, und in eine Periode geteilt wird, in der ein Erfassen durchgeführt wird. Des Weiteren können die Erfassungsempfindlichkeit und die Erfassungsgenauigkeit erhöht werden, indem beispielsweise zwei oder mehr Erfassungsperioden in einer Bildperiode bereitgestellt werden.

[0522] Die Bildverarbeitungsschaltung **6506** kann beispielsweise einen Prozessor umfassen. Ein Mikroprozessor, wie z. B. ein digitaler Signalprozessor (DSP) oder ein Grafikprozessor (graphics processing unit: GPU), kann beispielsweise verwendet werden. Des Weiteren kann ein derartiger Mikroprozessor mit einem programmierbaren Logikbaustein (PLD), wie z. B. einem feldprogrammierbarem Gate-Array (FPGA) oder einer feldprogrammierbaren Analoganordnung (FPA, field programmable analog array), erhalten werden. Die Bildverarbeitungsschaltung **6506** interpretiert und führt mit dem Prozessor Befehle von verschiedenen Programmen aus, um verschiedene Arten von Daten zu verarbeiten und Programme zu steuern. Die Programme, die von dem Prozessor ausgeführt werden, können in einem Speicherbereich, der in dem Prozessor enthalten ist, oder einer Speichervorrichtung, die zusätzlich bereitgestellt ist, gespeichert werden.

[0523] Ein Transistor, der in einem Kanalbildungsbereich einen Oxidhalbleiter umfasst und einen sehr niedrigen Sperrstrom aufweist, kann in dem Anzeigeabschnitt **6511** oder der Abtastleitungstreiberschaltung **6513**, die in dem Touchscreen **6510** enthalten sind, der Schaltungseinheit **6501**, der Signalleitungstreiberschaltung **6502**, der Sensortreiberschaltung **6503** oder der Erfassungsschaltung **6504**, die in

der IC **6520** enthalten sind, der CPU **6540**, die außerhalb des Touchscreen-Moduls **6500** bereitgestellt ist, oder dergleichen verwendet werden. Bei Verwendung des Transistors mit einem sehr niedrigen Sperrstrom als Schalter zum Halten einer elektrischen Ladung (Daten), die in einen Kondensator fließt, der als Speicherelement dient, kann eine lange Datenhalteperiode sichergestellt werden. Beispielsweise wird durch Verwendung der Eigenschaften für ein Register oder einen Cache-Speicher der Bildverarbeitungsschaltung **6506**, eine selbstsperrende EDV erhalten, bei der die Bildverarbeitungsschaltung **6506** nur arbeitet, wenn sie benötigt wird und Daten über den vorhergehenden Prozess in dem Speicherelement in der restlichen Zeit gespeichert werden; somit kann der Stromverbrauch des Touchscreen-Moduls **6500** und eines elektronischen Geräts, auf dem das Touchscreen-Modul **6500** montiert ist, verringert werden.

[0524] Obwohl hier die Struktur verwendet wird, bei der die Schaltungseinheit **6501** den Timing-Controller **6505** und die Bildverarbeitungsschaltung **6506** umfasst, kann die Bildverarbeitungsschaltung **6506** an sich oder eine Schaltung, die eine Funktion eines Teils der Bildverarbeitungsschaltung **6506** aufweist, außerhalb der IC **6520** bereitgestellt werden. Alternativ kann die CPU **6540** eine Funktion der Bildverarbeitungsschaltung **6506** oder eines Teils davon aufweisen. Beispielsweise kann die Schaltungseinheit **6501** die Signalleitungstreiberschaltung **6502**, die Sensortreiberschaltung **6503**, die Erfassungsschaltung **6504** und den Timing-Controller **6505** umfassen.

[0525] Obwohl hier das Beispiel gezeigt wird, in dem die IC **6520** die Schaltungseinheit **6501** umfasst, kann die Struktur zum Einsatz kommen, bei der die Schaltungseinheit **6501** nicht in der IC **6520** enthalten ist. In diesem Fall kann die IC **6520** die Signalleitungstreiberschaltung **6502**, die Sensortreiberschaltung **6503** und die Erfassungsschaltung **6504** umfassen. Beispielsweise kann in dem Fall, in dem das Touchscreen-Modul **6500** eine Vielzahl von ICs umfasst, die Schaltungseinheit **6501** separat bereitgestellt werden und kann eine Vielzahl von ICs **6520** ohne die Schaltungseinheit **6501** bereitgestellt werden, und alternativ können die IC **6520** und eine IC, die lediglich die Signalleitungstreiberschaltung **6502** umfasst, in Kombination bereitgestellt werden.

[0526] Wenn eine IC, wie vorstehend beschrieben, eine Funktion zum Betreiben des Anzeigeabschnitts **6511** des Touchscreens **6510** und eine Funktion zum Betreiben des Eingabeabschnitts **6512** aufweist, kann die Anzahl von ICs, die auf dem Touchscreen-Modul montiert werden, verringert werden; folglich können die Kosten verringert werden.

[0527] **Fig. 51A** bis **Fig. 51C** sind jeweils eine schematische Ansicht des Touchscreen-Moduls **6500**, auf dem die IC **6520** montiert ist.

[0528] In **Fig. 51A** umfasst das Touchscreen-Modul **6500** ein Substrat **6531**, ein Gegensubstrat **6532**, eine Vielzahl von FPCs **6533**, die IC **6520**, ICs **6530** und dergleichen. Der Anzeigeabschnitt **6511**, der Eingabeabschnitt **6512** und die Abtastleitungstreiberschaltungen **6513** werden zwischen dem Substrat **6531** und dem Gegensubstrat **6532** bereitgestellt. Die IC **6520** und die ICs **6530** werden auf dem Substrat **6531** durch ein COG-Verfahren montiert.

[0529] Die IC **6530** ist eine IC, bei der lediglich die Signalleitungstreiberschaltung **6502** in der vorstehend beschriebenen IC **6520** bereitgestellt ist, oder eine IC, bei der die Signalleitungstreiberschaltung **6502** und die Schaltungseinheit **6501** in der vorstehend beschriebenen IC **6520** bereitgestellt sind. Die IC **6520** und die IC **6530** werden mit einem Signal von außen über die FPCs **6533** versorgt. Des Weiteren kann ein Signal von der IC **6520** oder der IC **6530** über die FPC **6533** nach außen ausgegeben werden.

[0530] **Fig. 51A** stellt ein Beispiel dar, in dem der Anzeigeabschnitt **6511** zwischen zwei Abtastleitungstreiberschaltungen **6513** positioniert ist. Die ICs **6530** werden zusätzlich zu der IC **6520** bereitgestellt. Eine derartige Struktur wird in dem Fall bevorzugt, in dem der Anzeigeabschnitt **6511** eine sehr hohe Auflösung aufweist.

[0531] **Fig. 51B** stellt ein Beispiel dar, in dem eine IC **6520** und eine FPC **6533** bereitgestellt sind. Vorzugsweise werden auf diese Weise Funktionen in einer IC **6520** vereint, damit die Anzahl der Komponenten verringert werden kann. Bei dem Beispiel in **Fig. 51B** wird die Abtastleitungstreiberschaltung **6513** entlang einer Seite, die nahe an der FPC **6533** ist, unter zwei kurzen Seiten des Anzeigeabschnitts **6511** bereitgestellt.

[0532] **Fig. 51C** stellt ein Beispiel dar, in dem eine gedruckte Leiterplatte (PCB) **6534**, auf der die Bildverarbeitungsschaltung **6506** und dergleichen montiert werden, bereitgestellt wird. Die ICs **6520** und **6530** über dem Substrat **6531** sind elektrisch mit der PCB **6534** über die FPCs **6533** verbunden. Die vorstehend beschriebene Struktur ohne die Bildverarbeitungsschaltung **6506** kann auf die IC **6520** angewandt werden.

[0533] In **Fig. 51A** bis **Fig. 51C** können die IC **6520** oder die IC **6530** jeweils auf der FPC **6533** montiert werden und nicht auf dem Substrat **6531**. Beispielsweise kann die IC **6520** oder die IC **6530** auf der FPC **6533** durch ein Chip-on-Film-(COF-)Verfahren, ein Tape-automated Bonding-(TAB-)Verfahren oder dergleichen montiert werden.

[0534] Eine Struktur, bei der, wie in **Fig. 51A** und **Fig. 51B** dargestellt, die FPC **6533**, die IC **6520** (und die IC **6530**) oder dergleichen an einer kurzen Seite des Anzeigeabschnitts **6511** bereitgestellt wird, ermöglicht, dass der Rahmen der Anzeigevorrichtung verkleinert wird; somit wird beispielsweise die Struktur vorzugsweise für elektronische Geräte, wie z. B. Smartphones, Mobiltelefone und Tablet-Computer, verwendet. Die Struktur mit der PCB **6534**, die in **Fig. 51C** dargestellt wird, kann beispielsweise vorzugsweise für Fernsehgeräte, Bildschirme, Tablet-Computer oder Laptop-PCs verwendet werden.

[0535] Mindestens ein Teil dieser Ausführungsform kann in angemessener Weise in Kombination mit einer der anderen Ausführungsformen implementiert werden, die in dieser Beschreibung beschrieben werden.

(Ausführungsform 5)

[0536] Bei dieser Ausführungsform werden ein Anzeigemodul und elektronische Geräte, die die Anzeigevorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung oder ein Anzeigesystem umfassen, anhand von **Fig. 52**, **Fig. 53A** bis **Fig. 53H** und **Fig. 54A** und **Fig. 54B** beschrieben.

[0537] Bei einem Anzeigemodul **8000**, das in **Fig. 52** dargestellt wird, sind ein Touchscreen **8004**, der mit einer FPC **8003** verbunden ist, ein Rahmen **8009**, eine gedruckte Leiterplatte **8010** und eine Batterie **8011** zwischen einer oberen Abdeckung **8001** und einer unteren Abdeckung **8002** bereitgestellt.

[0538] Das Anzeigefeld, der Touchscreen oder das Touchscreen-Modul einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann beispielsweise für den Touchscreen **8004** verwendet werden.

[0539] Die Formen und Größen der oberen Abdeckung **8001** und der unteren Abdeckung **8002** können in angemessener Weise entsprechend der Größe des Touchscreens **8004** geändert werden.

[0540] Der Touchscreen **8004** kann ein resistiver Touchscreen oder ein kapazitiver Touchscreen sein und kann derart ausgebildet werden, dass er sich mit dem Anzeigefeld überlappt. Ein Gegensubstrat (Abdichtungssubstrat) des Touchscreens **8004** kann eine Touchscreen-Funktion aufweisen. Ein Fotosensor kann in jedem Pixel des Touchscreens **8004** bereitgestellt sein, so dass ein optischer Touchscreen erhalten werden kann.

[0541] Im Falle eines transmissiven oder semi-transmissiven Flüssigkristallelementen kann, wie in **Fig. 52** dargestellt, eine Hintergrundbeleuchtung **8007** bereitgestellt werden. Die Hintergrundbeleuchtung **8007** umfasst eine Lichtquelle **8008**. Es sei an-

gemerkt, dass, obwohl eine Struktur, bei der die Lichtquelle **8008** über der Hintergrundbeleuchtung **8007** bereitgestellt ist, in **Fig. 52** dargestellt wird, eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung nicht auf diese Struktur beschränkt ist. Beispielsweise kann eine Struktur zum Einsatz kommen, bei der die Lichtquelle **8008** an einem Endabschnitt der Hintergrundbeleuchtung **8007** bereitgestellt ist und ferner eine Lichtstreu Scheibe bereitgestellt ist. Es sei angemerkt, dass in dem Fall, in dem ein selbstleuchtendes Licht emittierendes Element, wie z. B. ein organisches EL-Element, verwendet wird, oder in dem Fall, in dem ein reflektiver Bildschirm oder dergleichen eingesetzt wird, die Hintergrundbeleuchtung **8007** nicht bereitgestellt werden muss.

[0542] Der Rahmen **8009** schützt den Touchscreen **8004** und dient als elektromagnetische Abschirmung zum Blockieren von elektromagnetischen Wellen, die durch den Betrieb der gedruckten Leiterplatte **8010** erzeugt werden. Der Rahmen **8009** kann als Abstrahlplatte dienen.

[0543] Die gedruckte Leiterplatte **8010** ist mit einer Stromversorgungsschaltung und einer Signalverarbeitungsschaltung zum Ausgeben eines Videosignals und eines Taktsignals bereitgestellt. Als Stromquelle zum Zuführen von Strom zu der Stromversorgungsschaltung kann eine externe Netzstromquelle oder eine Stromquelle verwendet werden, bei der die getrennt bereitgestellte Batterie **8011** verwendet wird. Die Batterie **8011** kann im Falle der Verwendung einer Netzstromquelle weggelassen werden.

[0544] Der Touchscreen **8004** kann zusätzlich mit einer Komponente, wie z. B. einer polarisierenden Platte, einer Retardationsplatte oder einer Prismenfolie, bereitgestellt sein.

[0545] **Fig. 53A** bis **Fig. 53H** und **Fig. 54A** und **Fig. 54B** stellen elektronische Geräte dar. Diese elektronischen Geräte können jeweils ein Gehäuse **5000**, einen Anzeigeabschnitt **5001**, einen Lautsprecher **5003**, eine LED-Lampe **5004**, Bedienungstasten **5005** (einschließlich eines Netzschatlers oder eines Bedienungsschalters), einen Verbindungsanschluss **5006**, einen Sensor **5007** (einen Sensor mit einer Funktion zum Messen oder Erkennen von Kraft, Verschiebung, Position, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Winkelgeschwindigkeit, Drehzahl, Abstand, Licht, Flüssigkeit, Magnetismus, Temperatur, chemischer Substanz, Ton, Zeit, Härte, elektrischem Feld, Strom, Spannung, elektrischer Leistung, Strahlung, Durchflussmenge, Feuchtigkeit, Steigungsgrad, Schwingung, Geruch oder Infrarotstrahl), ein Mikrofon **5008** und dergleichen umfassen.

[0546] **Fig. 53A** stellt einen tragbaren Computer dar, der zusätzlich zu den vorstehenden Komponenten

einen Schalter **5009**, einen Infrarot-Anschluss **5010** und dergleichen umfassen kann.

[0547] **Fig. 53B** stellt eine tragbare Bildwiedergabevorrichtung (z. B. einen DVD-Spieler) dar, die mit einem Speichermedium bereitgestellt ist und zusätzlich zu den vorstehenden Komponenten einen zweiten Anzeigeabschnitt **5002**, einen Speichermediumleseabschnitt **5011** und dergleichen umfassen kann.

[0548] **Fig. 53C** stellt ein Fernsehgerät dar, das zusätzlich zu den vorstehenden Komponenten einen Ständer **5012** und dergleichen umfassen kann. Das Fernsehgerät kann mittels eines Bedienungsschalters des Gehäuses **5000** oder einer separaten Fernbedienung **5013** bedient werden. Über Bedientasten der Fernbedienung **5013** können Kanäle und die Lautstärke gesteuert werden, und Bilder, die auf dem Anzeigeabschnitt **5001** angezeigt werden, können gesteuert werden. Die Fernbedienung **5013** kann mit einem Anzeigeabschnitt zum Anzeigen von Daten, die von der Fernsteuerung **5013** ausgegeben werden, bereitgestellt sein.

[0549] **Fig. 53D** stellt eine tragbare Spielkonsole dar, die zusätzlich zu den vorstehenden Komponenten den Speichermediumleseabschnitt **5011** und dergleichen umfassen kann.

[0550] **Fig. 53E** stellt eine Digitalkamera dar, die eine Fernsehempfangsfunktion aufweist und zusätzlich zu den vorstehenden Komponenten eine Antenne **5014**, einen Auslöseknopf **5015**, einen Bildempfangsabschnitt **5016** und dergleichen umfassen kann.

[0551] **Fig. 53F** stellt eine tragbare Spielkonsole dar, die zusätzlich zu den vorstehenden Komponenten den zweiten Anzeigeabschnitt **5002**, den Speichermediumleseabschnitt **5011** und dergleichen umfassen kann.

[0552] **Fig. 53G** stellt einen tragbaren Fernsehempfänger dar, der zusätzlich zu den vorstehenden Komponenten ein Ladegerät **5017**, das Signale übertragen und empfangen kann, und dergleichen umfassen kann.

[0553] **Fig. 53H** stellt ein am Handgelenk tragbares Informationsendgerät dar, das zusätzlich zu den vorstehenden Komponenten ein Band **5018**, eine Schnalle **5019** und dergleichen umfassen kann. Der Anzeigeabschnitt **5001**, der in dem als Einfassung dienenden Gehäuse **5000** montiert ist, umfasst einen nicht rechteckigen Anzeigebereich. Der Anzeigeabschnitt **5001** kann ein Icon **5020**, das die Zeit anzeigt, ein weiteres Icon **5021** und dergleichen anzeigen.

[0554] **Fig. 54A** stellt eine digitale Beschilderung dar. **Fig. 54B** stellt eine digitale Beschilderung dar, die auf einer zylindrischen Säule montiert ist.

[0555] Die elektronischen Geräte, die in **Fig. 53A** bis **Fig. 53H** und **Fig. 54A** und **Fig. 54B** dargestellt werden, können verschiedene Funktionen aufweisen, wie z. B. eine Funktion zum Anzeigen verschiedener Informationen (z. B. eines Standbildes, eines Bewegtbildes und eines Textbildes) auf einem Anzeigeabschnitt, eine Touchscreen-Funktion, eine Funktion zum Anzeigen eines Kalenders, des Datums, der Zeit und dergleichen, eine Funktion zum Steuern einer Verarbeitung mit diversen Arten von Software (Programmen), eine drahtlose Kommunikationsfunktion, eine Funktion zum Verbinden mit verschiedenen Computernetzwerken mittels einer drahtlosen Kommunikationsfunktion, eine Funktion zum Übertragen und Empfangen verschiedener Daten mittels einer drahtlosen Kommunikationsfunktion und eine Funktion zum Lesen eines Programms oder Daten, die in einem Speichermedium gespeichert sind, und Anzeigen des Programms oder Daten auf dem Anzeigeabschnitt. Ferner kann das elektronische Gerät, das eine Vielzahl von Anzeigeabschnitten umfasst, eine Funktion zum Anzeigen von Bildinformationen hauptsächlich auf einem Anzeigeabschnitt bei gleichzeitigem Anzeigen von Textinformationen auf einem anderen Anzeigeabschnitt, eine Funktion zum Anzeigen eines dreidimensionalen Bildes durch Anzeigen von Bildern auf einer Vielzahl von Anzeigeabschnitten unter Berücksichtigung einer Parallaxe oder dergleichen aufweisen. Darüber hinaus kann das elektronische Gerät, das einen Bildempfangsabschnitt umfasst, eine Funktion zum Aufnehmen eines Standbildes, eine Funktion zum Aufnehmen eines Bewegtbildes, eine Funktion zum automatischen oder manuellen Korrigieren eines aufgenommenen Bildes, eine Funktion zum Speichern eines aufgenommenen Bildes in einem Speichermedium (einem externen Speichermedium oder einem Speichermedium, das in der Kamera eingebaut ist), eine Funktion zum Anzeigen eines aufgenommenen Bildes auf einem Anzeigeabschnitt oder dergleichen aufweisen. Es sei angemerkt, dass die Funktionen der elektronischen Geräte, die in **Fig. 53A** bis **Fig. 53H** und **Fig. 54A** und **Fig. 54B** dargestellt werden, nicht darauf beschränkt sind, und die elektronischen Geräte können verschiedene Funktionen aufweisen.

[0556] Die elektronischen Geräte bei dieser Ausführungsform beinhalten jeweils einen Anzeigeabschnitt zum Anzeigen gewisser Arten von Informationen. Das Anzeigefeld, der Touchscreen, das Touchscreen-Modul oder dergleichen einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung können für den Anzeigeabschnitt verwendet werden.

[0557] Mindestens ein Teil dieser Ausführungsform kann in angemessener Weise in Kombination mit ei-

ner der anderen Ausführungsformen implementiert werden, die in dieser Beschreibung beschrieben werden.

[0558] Diese Anmeldung basiert auf der japanischen Patentanmeldung mit der Seriennr. 2015-095745, eingereicht beim japanischen Patentamt am 8. Mai 2015, und auf der japanischen Patentanmeldung mit der Seriennr. 2015-095796, eingereicht beim japanischen Patentamt am 8. Mai 2015, deren gesamte Inhalte hiermit zum Gegenstand der vorliegenden Offenlegung gemacht werden.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- JP 2007-123861 [0010]
- JP 2007-096055 [0010]
- JP 2015-095745 [0558]
- JP 2015-095796 [0558]

Patentansprüche

1. Touchscreen, der umfasst:
 ein erstes Substrat;
 eine erste leitfähige Schicht;
 eine zweite leitfähige Schicht;
 eine dritte leitfähige Schicht;
 eine vierte leitfähige Schicht; und
 eine Flüssigkristallschicht,
 wobei sich die dritte leitfähige Schicht über dem ersten Substrat befindet,
 wobei sich die vierte leitfähige Schicht entfernt von der dritten leitfähigen Schicht auf der gleichen Ebene befindet,
 wobei sich die Flüssigkristallschicht über der dritten leitfähigen Schicht befindet,
 wobei sich die zweite leitfähige Schicht über der Flüssigkristallschicht befindet,
 wobei sich die erste leitfähige Schicht über der zweiten leitfähigen Schicht befindet,
 wobei die erste leitfähige Schicht eine Netzform aufweist, die eine Vielzahl von Öffnungen umfasst,
 wobei die zweite leitfähige Schicht konfiguriert ist, sichtbares Licht durchzulassen, und einen Abschnitt, der sich mit der dritten leitfähigen Schicht überlappt, und einen Abschnitt umfasst, der sich mit der vierten leitfähigen Schicht überlappt.
 wobei die dritte leitfähige Schicht und die vierte leitfähige Schicht konfiguriert sind, sichtbares Licht durchzulassen,
 wobei die dritte leitfähige Schicht einen Abschnitt umfasst, der sich mit einer der Vielzahl von Öffnungen überlappt,
 wobei die vierte leitfähige Schicht einen Abschnitt umfasst, der sich mit einer anderen der Vielzahl von Öffnungen überlappt, und
 wobei sich in einer Draufsicht die erste leitfähige Schicht zwischen der dritten leitfähigen Schicht und der vierten leitfähigen Schicht befindet.

2. Touchscreen nach Anspruch 1,
 wobei die zweite leitfähige Schicht als gemeinsame Elektrode dient, und
 wobei die dritte leitfähige Schicht und die vierte leitfähige Schicht jeweils als Pixel-Elektrode dienen.

3. Touchscreen, der umfasst:
 ein erstes Substrat;
 eine erste leitfähige Schicht;
 eine zweite leitfähige Schicht;
 eine dritte leitfähige Schicht;
 eine vierte leitfähige Schicht;
 eine fünfte leitfähige Schicht; und
 eine Flüssigkristallschicht,
 wobei sich die fünfte leitfähige Schicht über dem ersten Substrat befindet,
 wobei die fünfte leitfähige Schicht einen Abschnitt, der sich mit der dritten leitfähigen Schicht überlappt, und einen Abschnitt umfasst, der sich mit der vierten leitfähigen Schicht überlappt,

wobei sich die vierte leitfähige Schicht entfernt von der dritten leitfähigen Schicht auf der gleichen Ebene befindet,
 wobei sich die Flüssigkristallschicht über der dritten leitfähigen Schicht und der fünften leitfähigen Schicht befindet,
 wobei sich die zweite leitfähige Schicht über der Flüssigkristallschicht befindet,
 wobei sich die erste leitfähige Schicht über der zweiten leitfähigen Schicht befindet,
 wobei die erste leitfähige Schicht eine Netzform aufweist, die eine Vielzahl von Öffnungen umfasst,
 wobei die zweite leitfähige Schicht konfiguriert ist, sichtbares Licht durchzulassen, und einen Abschnitt, der sich mit der dritten leitfähigen Schicht überlappt, und einen Abschnitt aufweist, der sich mit der vierten leitfähigen Schicht überlappt.
 wobei die dritte leitfähige Schicht einen Abschnitt umfasst, der sich mit einer der Vielzahl von Öffnungen überlappt,
 wobei die vierte leitfähige Schicht einen Abschnitt umfasst, der sich mit einer anderen der Vielzahl von Öffnungen überlappt,
 wobei die fünfte leitfähige Schicht konfiguriert ist, sichtbares Licht durchzulassen, oder die dritte leitfähige Schicht und die vierte leitfähige Schicht konfiguriert sind, sichtbares Licht durchzulassen,
 wobei sich in einer Draufsicht die erste leitfähige Schicht zwischen der dritten leitfähigen Schicht und der vierten leitfähigen Schicht befindet,
 wobei die dritte leitfähige Schicht oder die fünfte leitfähige Schicht eine kammartige Form aufweist oder einen Schlitz umfasst,
 wobei die eine der Vielzahl von Öffnungen, die dritte leitfähige Schicht und die fünfte leitfähige Schicht einander in einem ersten Bereich überlappen, und wobei sich in einem zweiten Bereich die eine der Vielzahl von Öffnungen entweder mit der dritten leitfähigen Schicht oder der fünften leitfähigen Schicht überlappt, sich jedoch nicht mit der anderen von der dritten leitfähigen Schicht und der fünften leitfähigen Schicht überlappt.

4. Touchscreen nach Anspruch 3,
 wobei die dritte leitfähige Schicht und die vierte leitfähige Schicht jeweils als Pixel-Elektrode dienen, und wobei die fünfte leitfähige Schicht als gemeinsame Elektrode dient.

5. Touchscreen nach Anspruch 3 oder 4, wobei sich die fünfte leitfähige Schicht unter der dritten leitfähigen Schicht und der vierten leitfähigen Schicht befindet.

6. Touchscreen nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die zweite leitfähige Schicht elektrisch mit einem Anschluss verbunden ist, dem ein konstantes Potential zugeführt wird.

7. Touchscreen nach einem der Ansprüche 1 bis 6,

wobei sich ein zweites Substrat über der ersten leitfähigen Schicht befindet, und
wobei die erste leitfähige Schicht und die zweite leitfähige Schicht über dem zweiten Substrat ausgebildet sind.

8. Touchscreen nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei sich eine lichtundurchlässige Schicht über der ersten leitfähigen Schicht befindet, und
wobei die lichtundurchlässige Schicht und die erste leitfähige Schicht einander in einem Bereich überlappen.

9. Touchscreen nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei sich eine zirkular polarisierende Platte über der ersten leitfähigen Schicht befindet.

10. Touchscreen nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei sich eine erste Farbschicht und eine zweite Farbschicht über der dritten leitfähigen Schicht befinden, wobei die erste Farbschicht einen Bereich umfasst, der sich mit der einen der Vielzahl von Öffnungen überlappt, und wobei die zweite Farbschicht einen Bereich umfasst, der sich mit einer anderen der Vielzahl von Öffnungen überlappt.

11. Touchscreen nach Anspruch 10, wobei die erste leitfähige Schicht einen Abschnitt umfasst, der sich mindestens mit der ersten Farbschicht oder der zweiten Farbschicht überlappt.

12. Touchscreen nach einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei sich ein Abstandhalter über der dritten leitfähigen Schicht und unter der zweiten leitfähigen Schicht befindet, und wobei der Abstandhalter einen Abschnitt umfasst, der sich mit der ersten leitfähigen Schicht überlappt.

13. Touchscreen nach einem der Ansprüche 1 bis 12, wobei sich ein Transistor zwischen der Flüssigkristallschicht und dem ersten Substrat befindet, wobei eine Source oder ein Drain des Transistors elektrisch mit der dritten leitfähigen Schicht verbunden ist, und wobei der Transistor eine Halbleiterschicht umfasst, die einen Oxidhalbleiter enthält.

14. Touchscreen nach Anspruch 13, wobei der Transistor eine erste Gate-Elektrode und eine zweite Gate-Elektrode umfasst, wobei sich die erste Gate-Elektrode unter der Halbleiterschicht befindet, wobei sich die zweite Gate-Elektrode über der Halbleiterschicht befindet, und

wobei die zweite Gate-Elektrode, die Halbleiterschicht und die dritte leitfähige Schicht einander in einem Bereich überlappen.

15. Touchscreen nach Anspruch 14, wobei die zweite Gate-Elektrode und die Halbleiterschicht das gleiche Metallelement umfassen.

16. Touchscreen nach einem der Ansprüche 1 bis 12, wobei sich ein Transistor zwischen der Flüssigkristallschicht und dem ersten Substrat befindet, wobei eine Source oder ein Drain des Transistors elektrisch mit der dritten leitfähigen Schicht verbunden ist, und wobei der Transistor eine Halbleiterschicht umfasst, die amorphes Silizium, polykristallines Silizium oder einkristallines Silizium enthält.

17. Touchscreen nach Anspruch 16, wobei der Transistor eine erste Gate-Elektrode und eine zweite Gate-Elektrode umfasst, wobei sich die erste Gate-Elektrode unter der Halbleiterschicht befindet, wobei sich die zweite Gate-Elektrode über der Halbleiterschicht befindet, und wobei die zweite Gate-Elektrode, die Halbleiterschicht und die dritte leitfähige Schicht einander in einem Bereich überlappen.

Es folgen 54 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

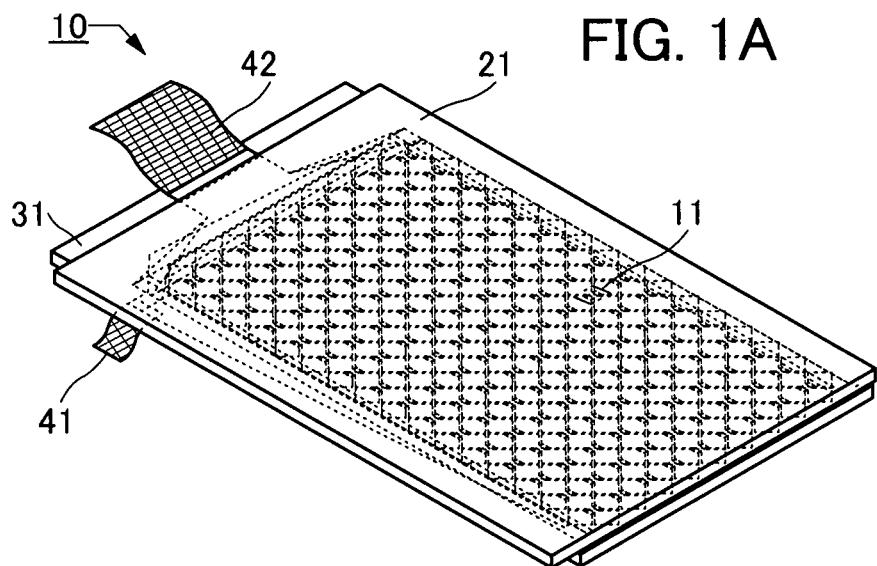


FIG. 1A

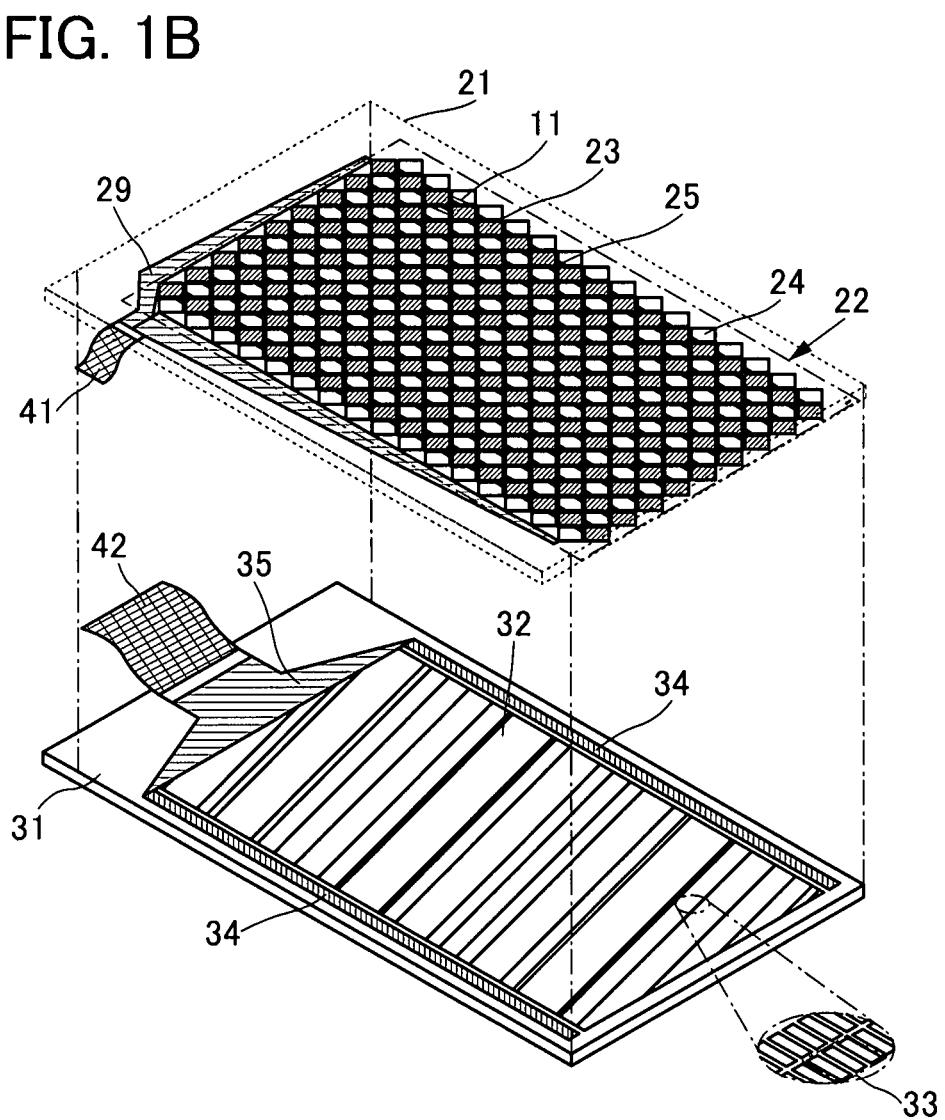


FIG. 1B

FIG. 2
10

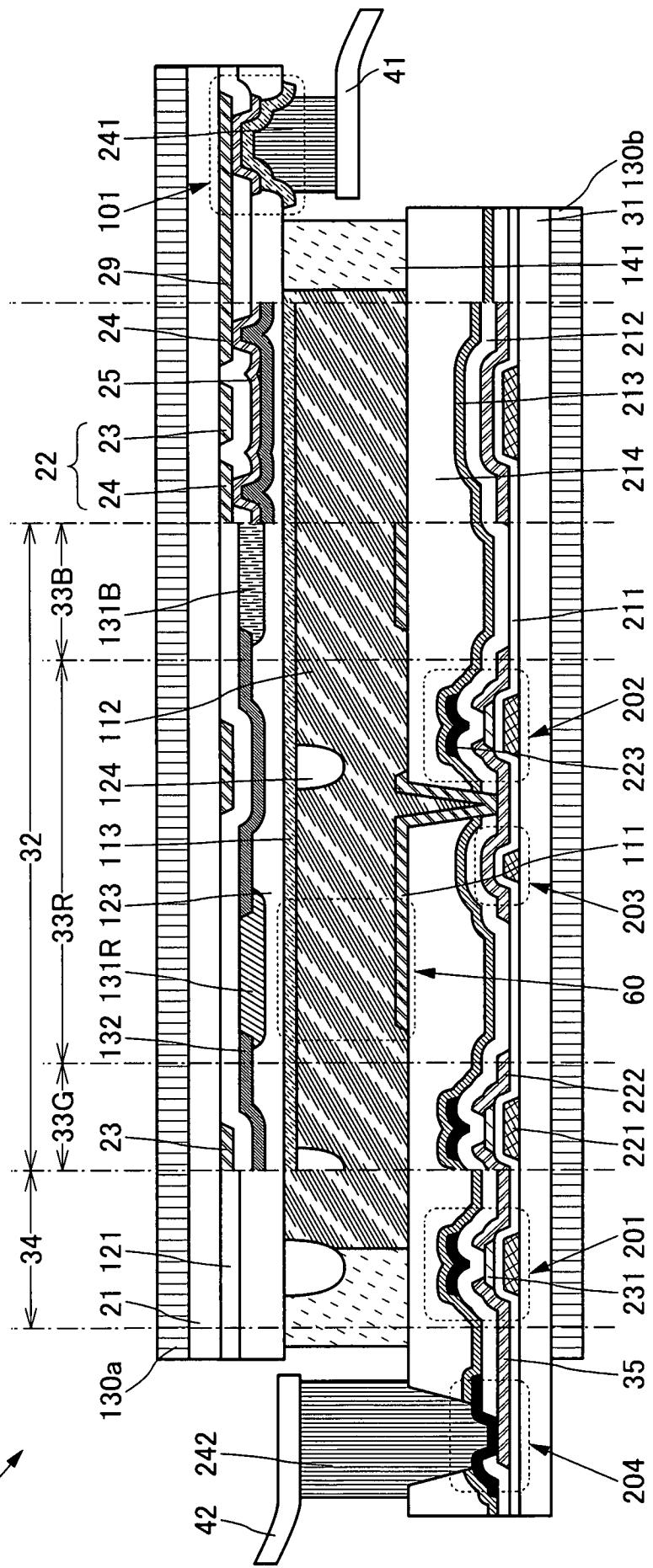


FIG. 3
10 ↗

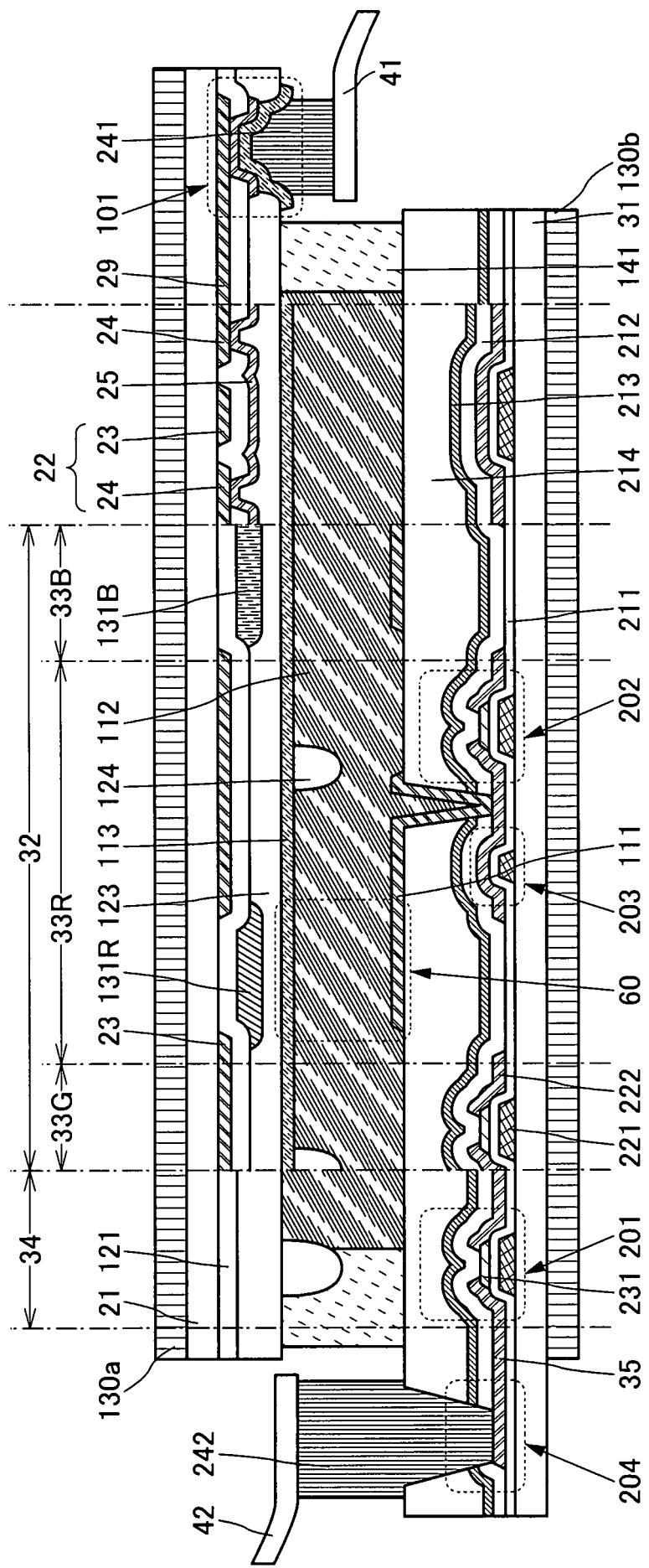


FIG. 4
10 →

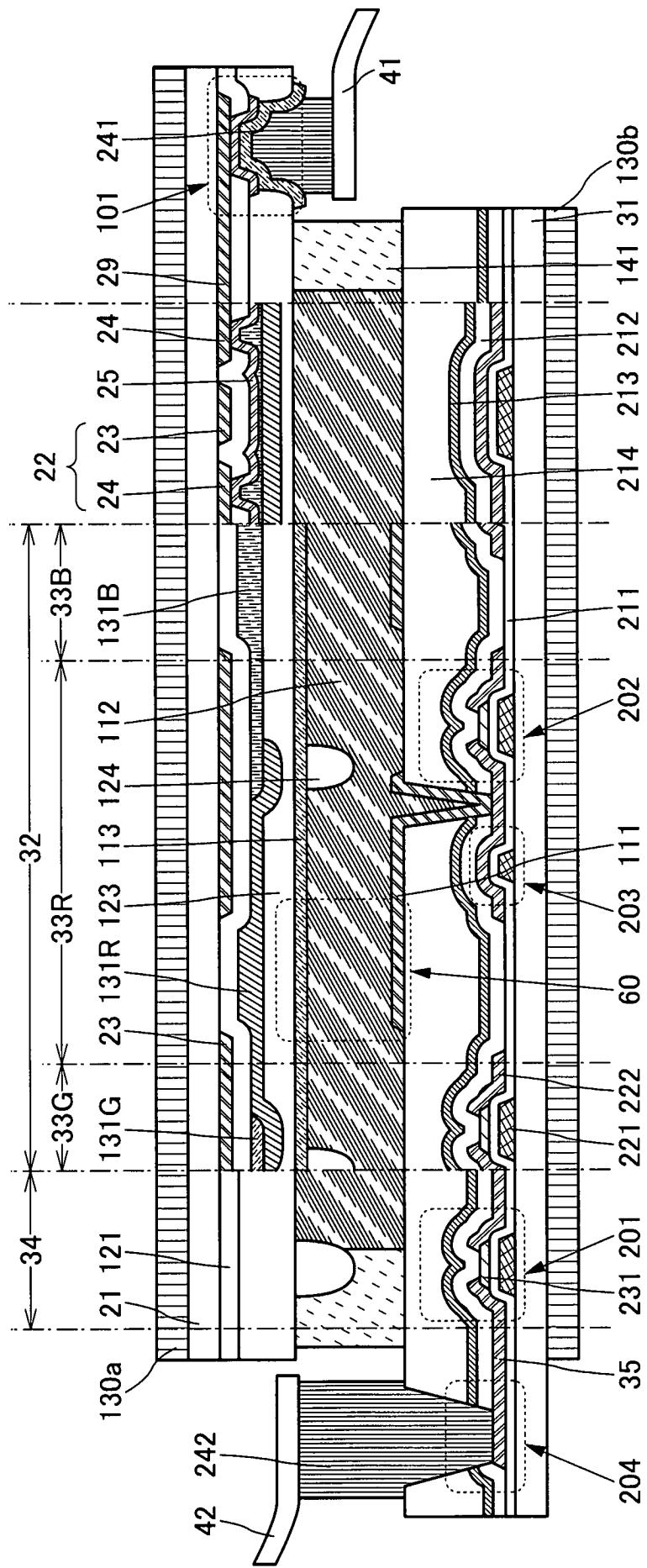


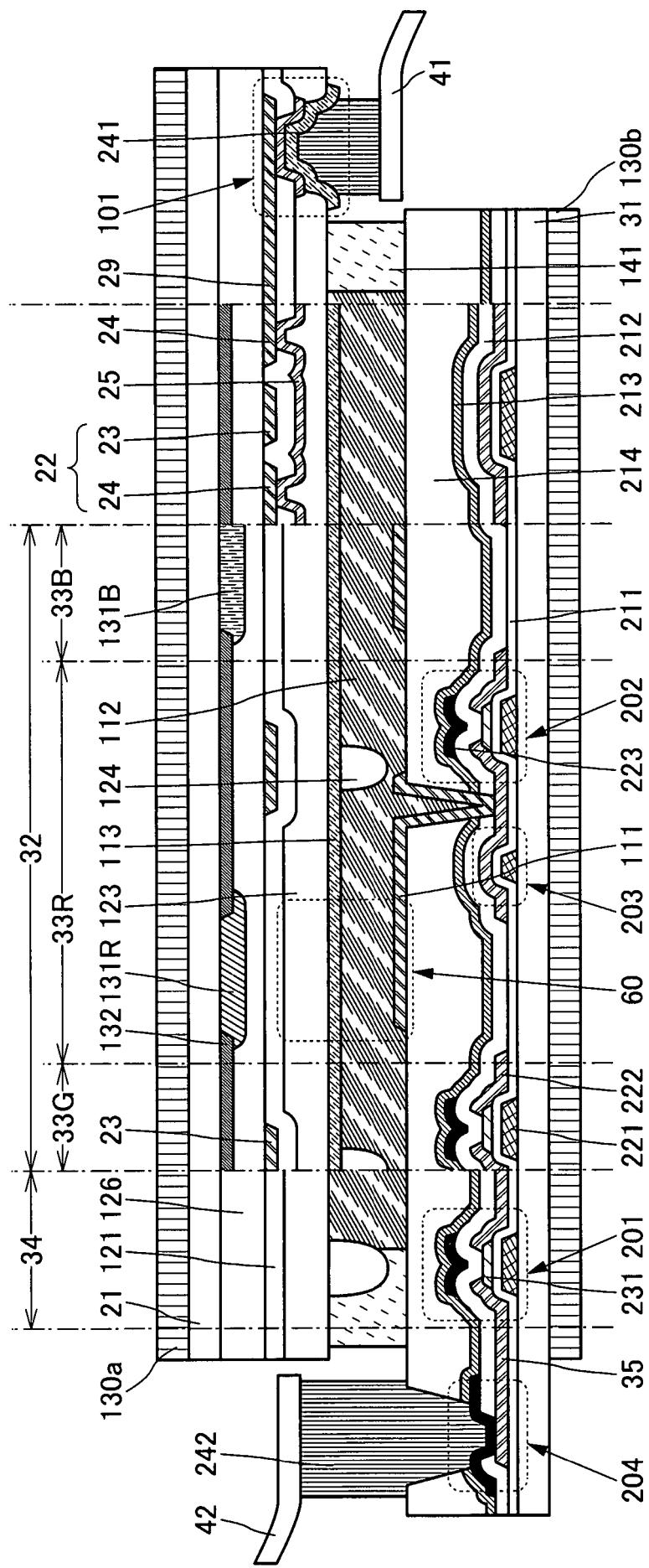
FIG. 5
10

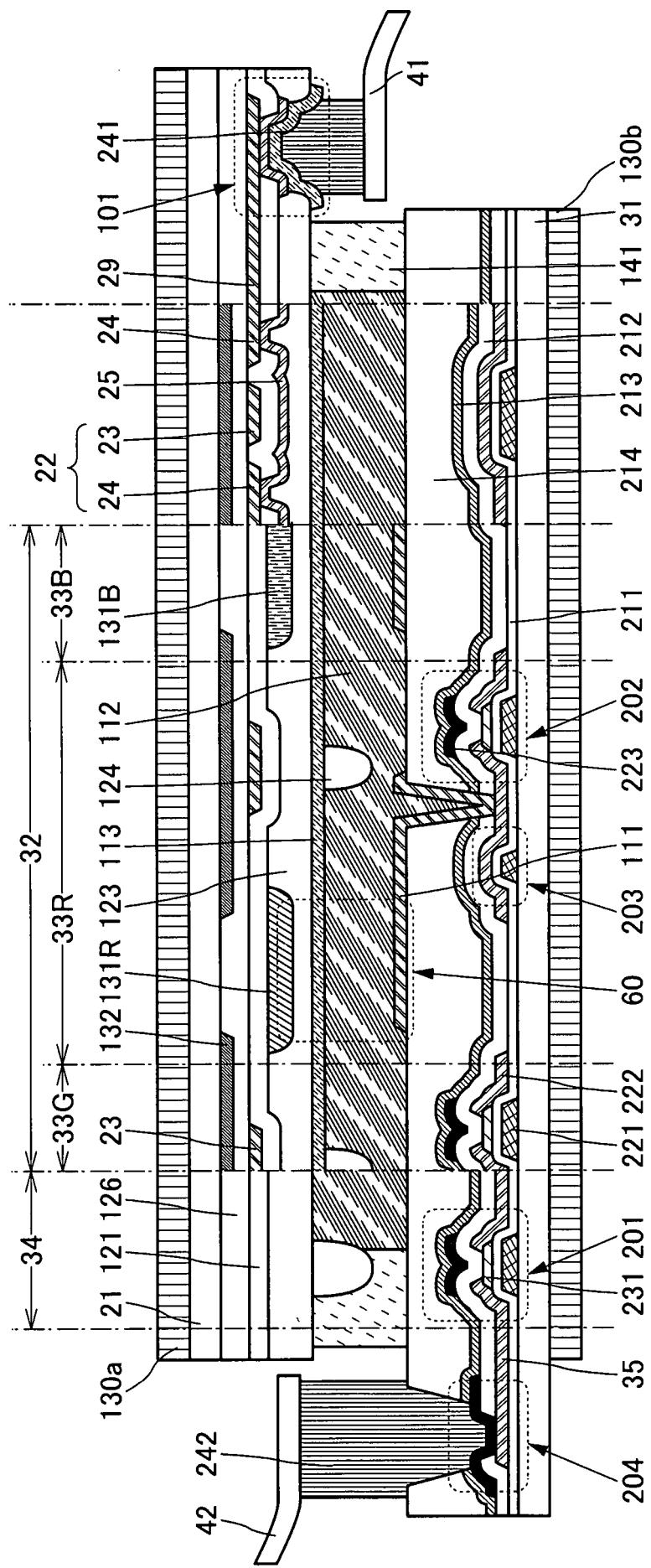
FIG. 6
10 →

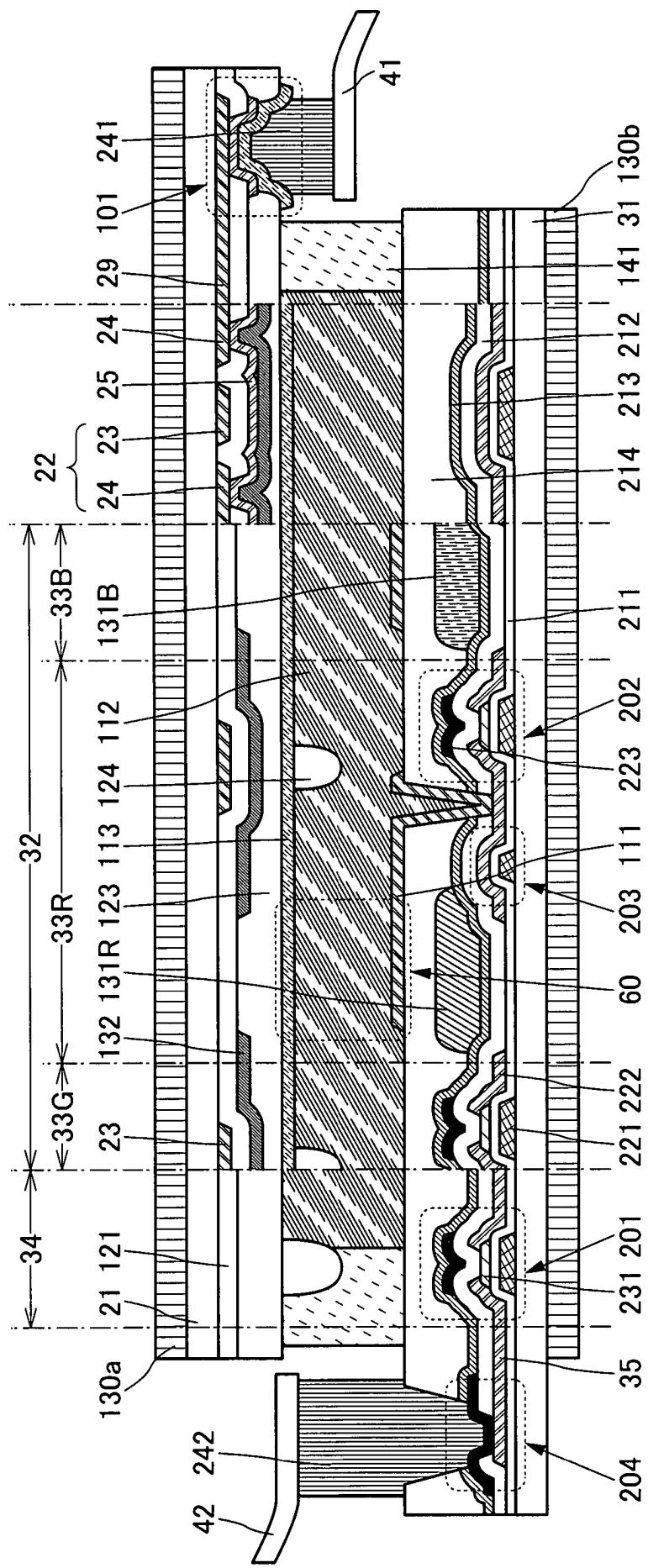
FIG. 7
10

FIG. 8

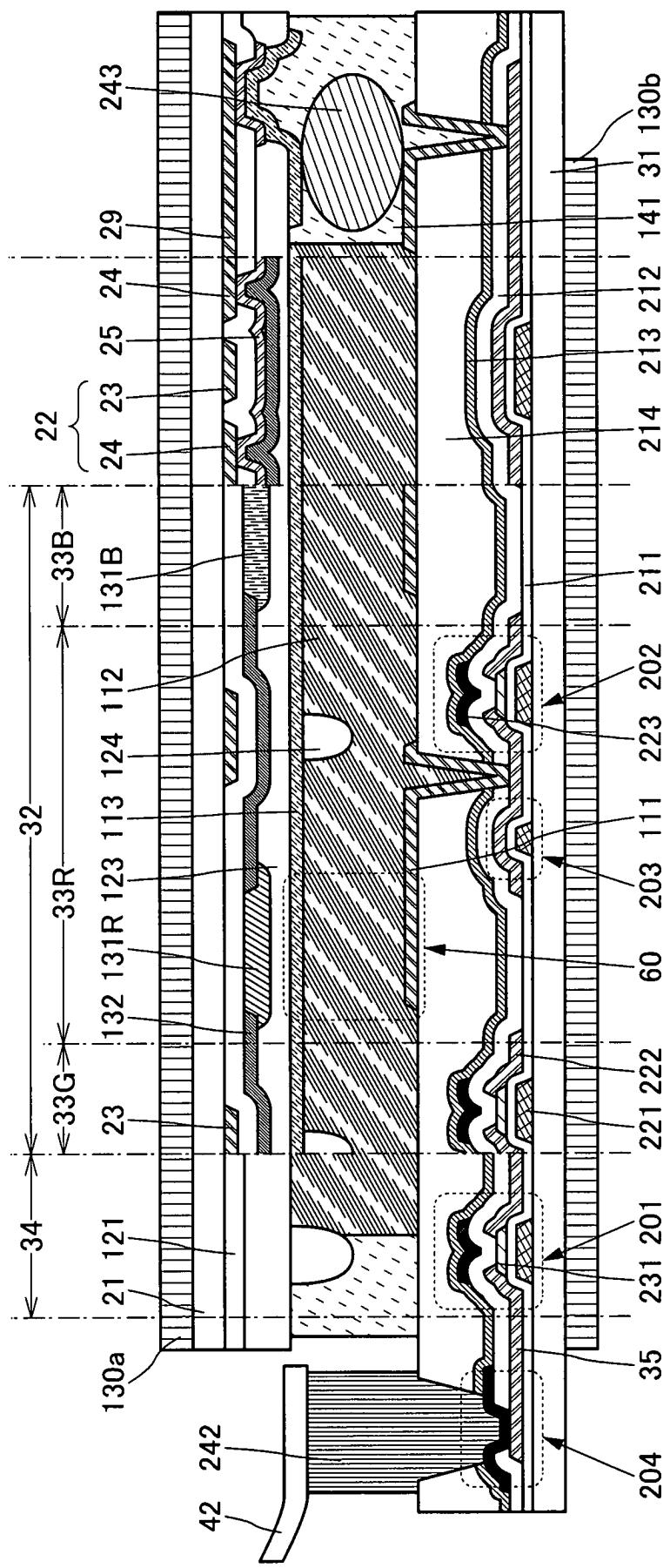


FIG. 9
10 →

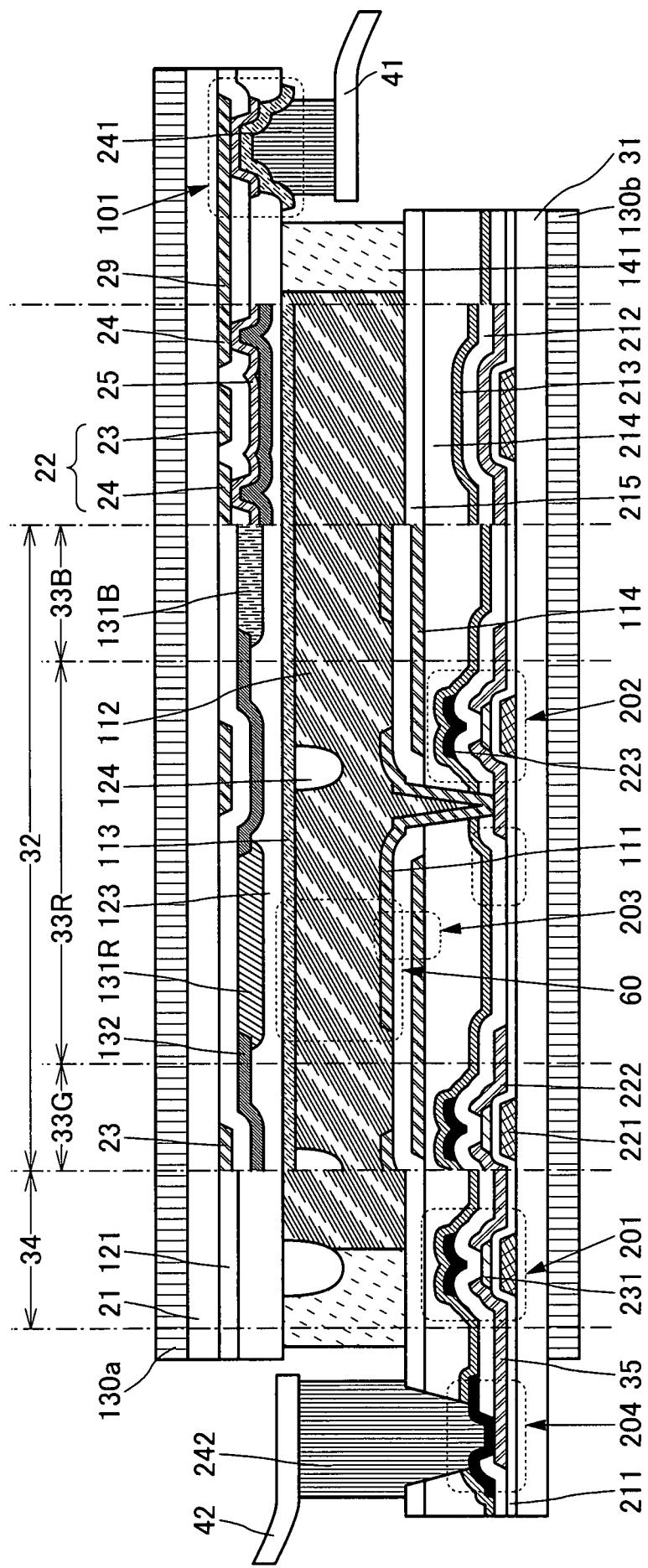


FIG. 10
10 ↗

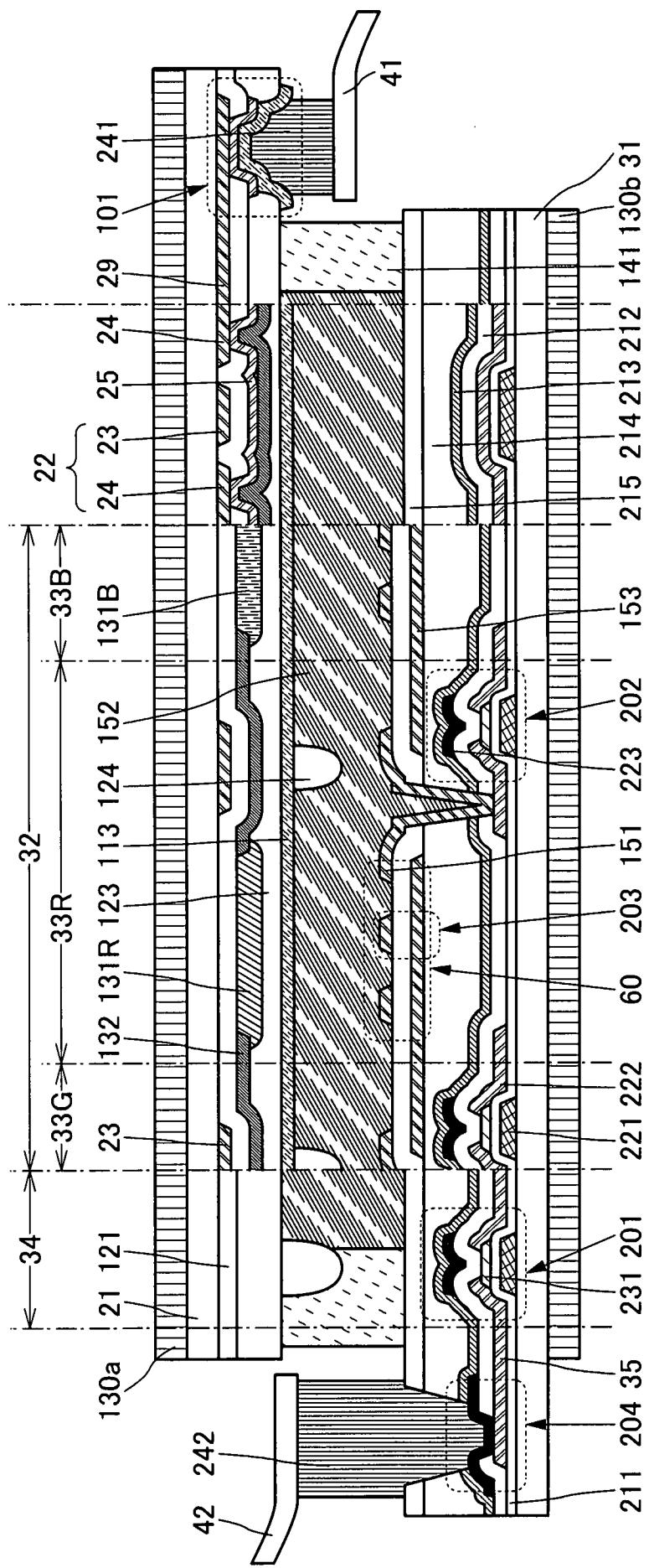


FIG. 11
10

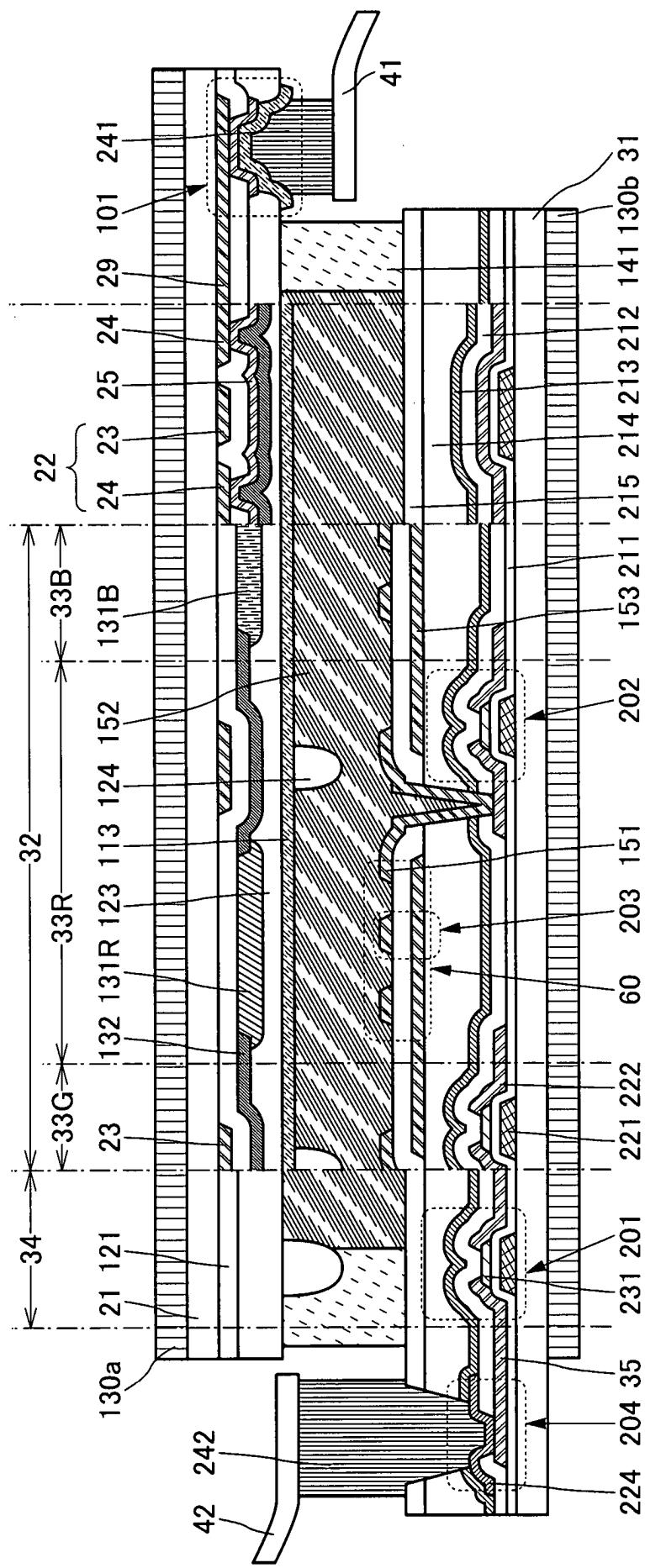


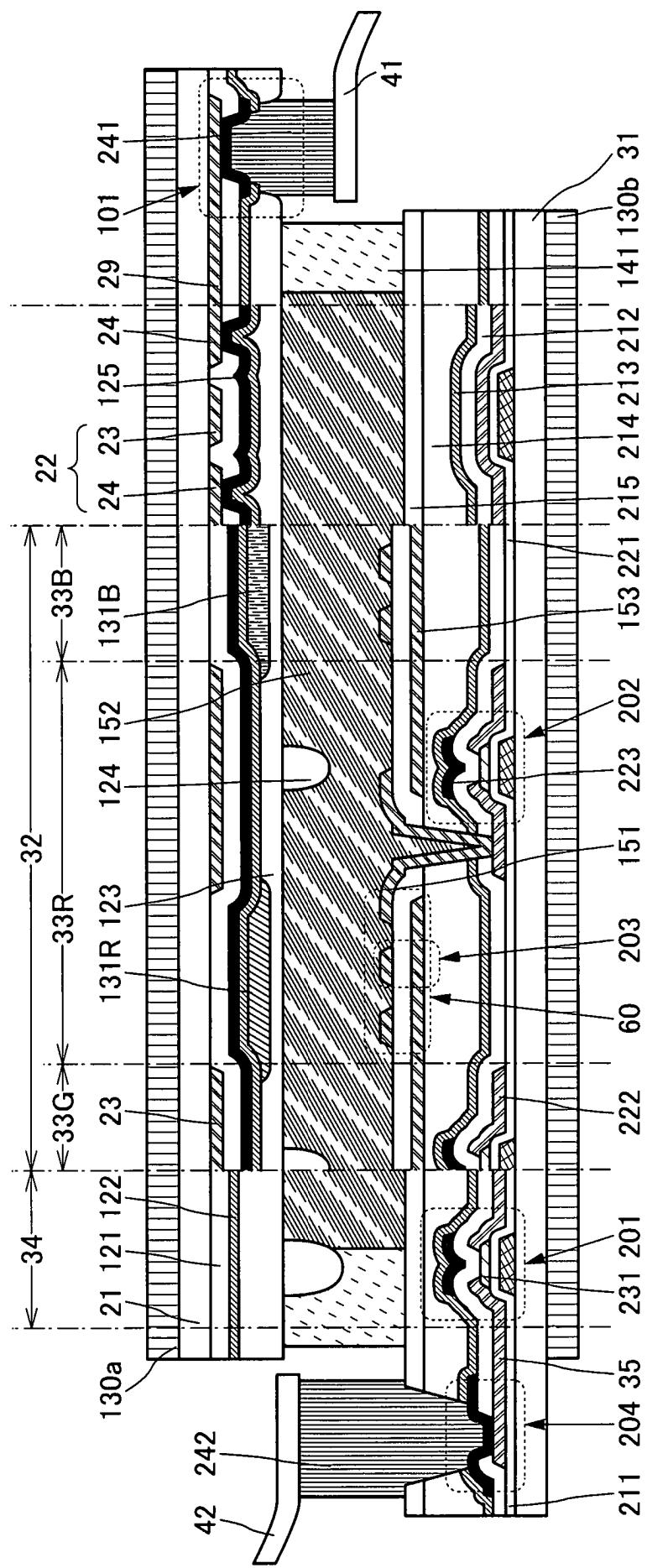
FIG. 12
10 →

FIG. 13
10 →

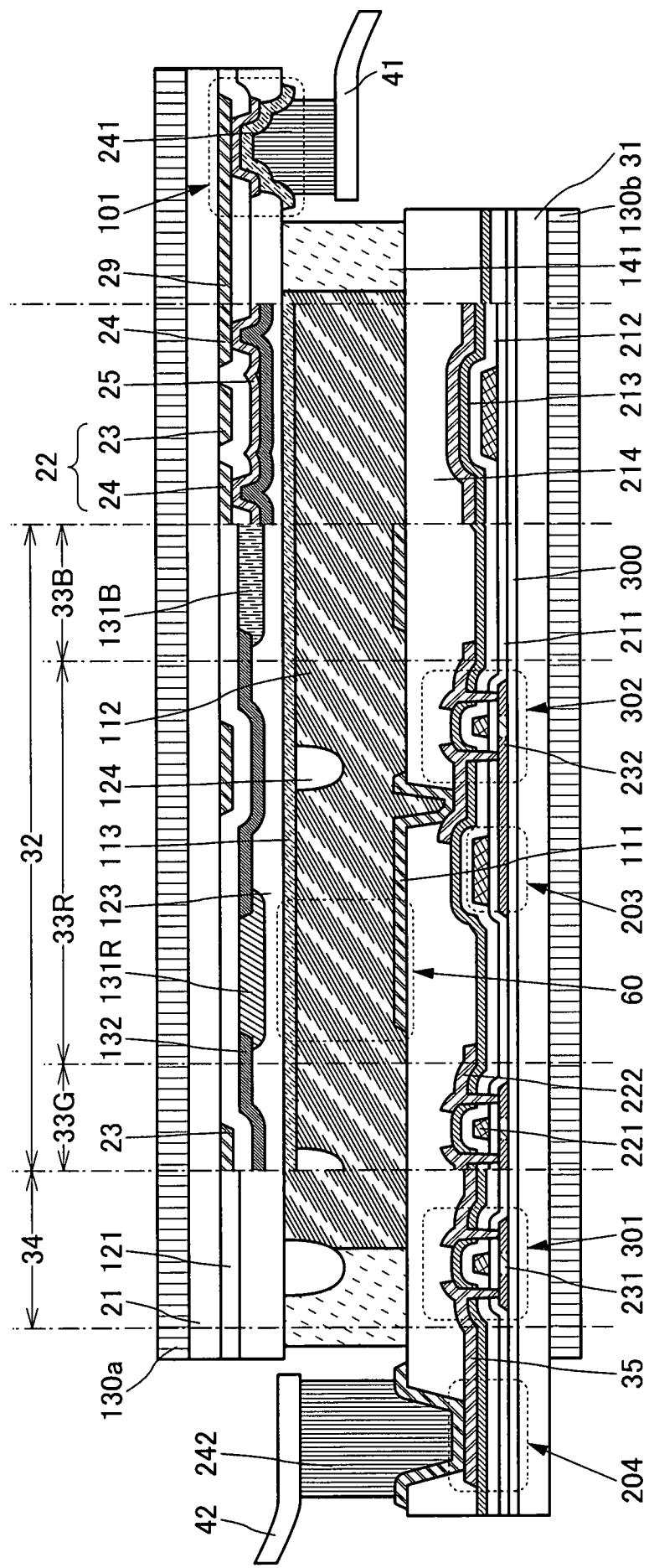


FIG. 14
10

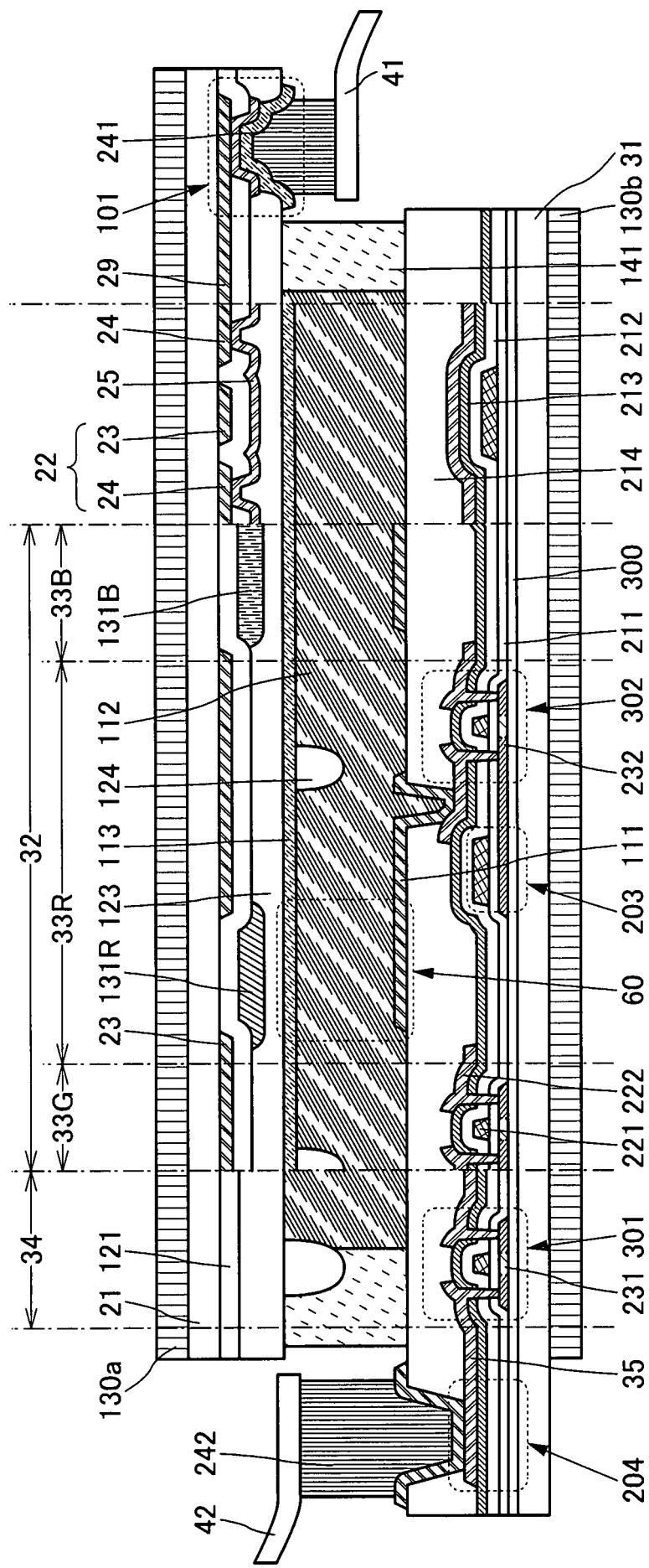


FIG. 15
10 ↗

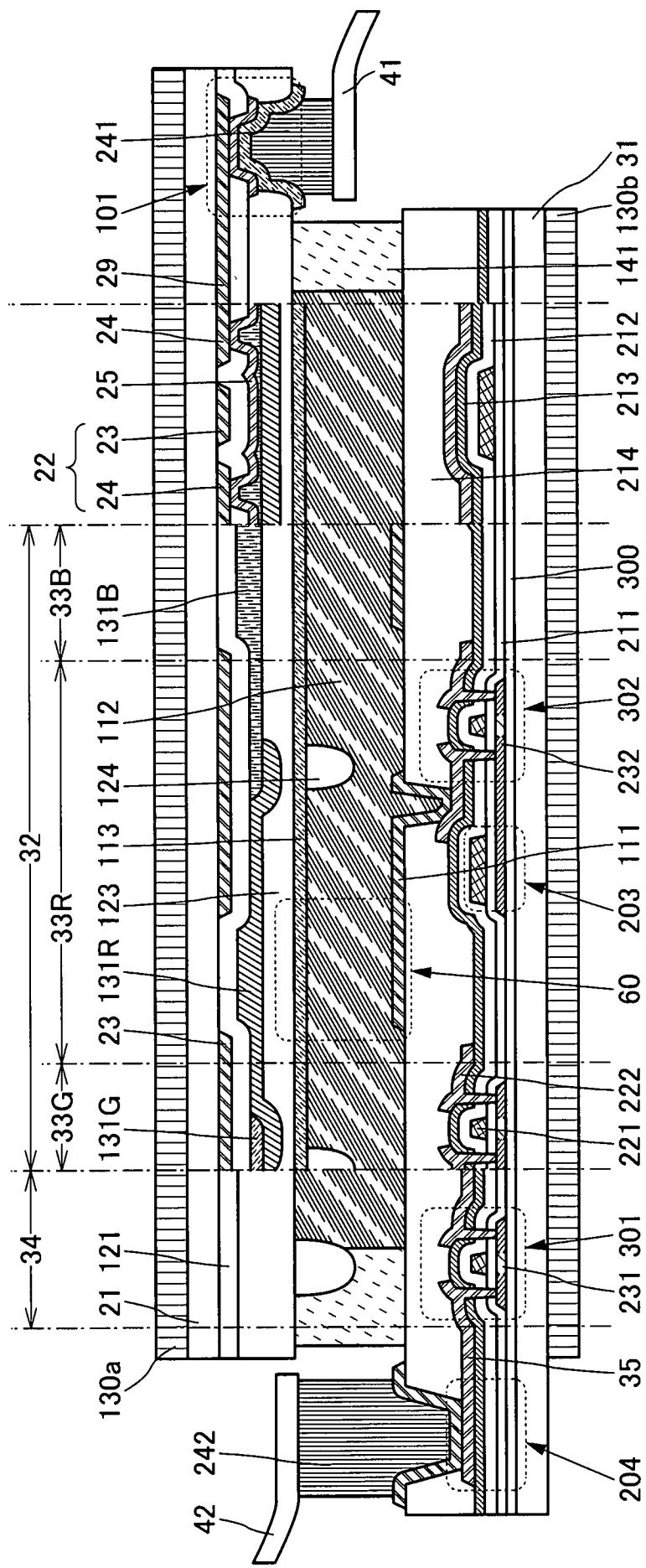


FIG. 16
10 ↗

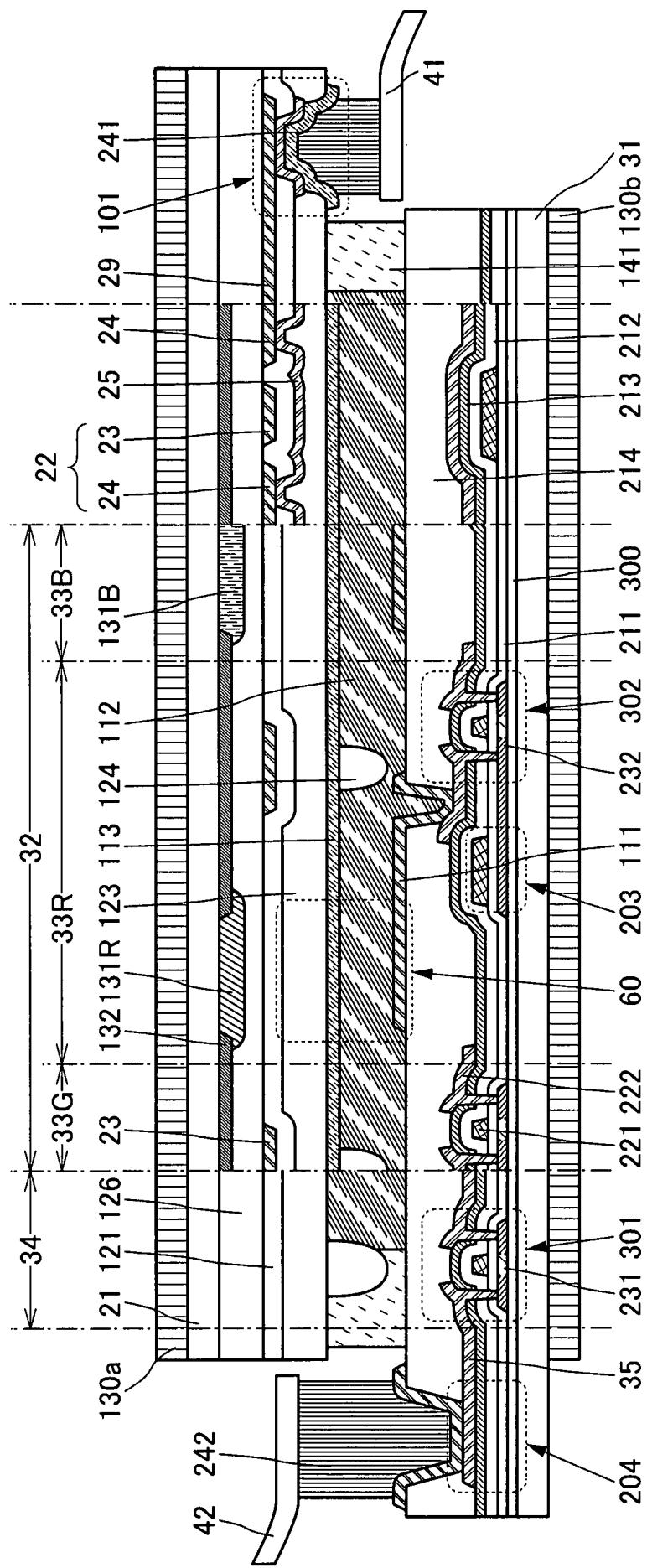


FIG. 17
10 →

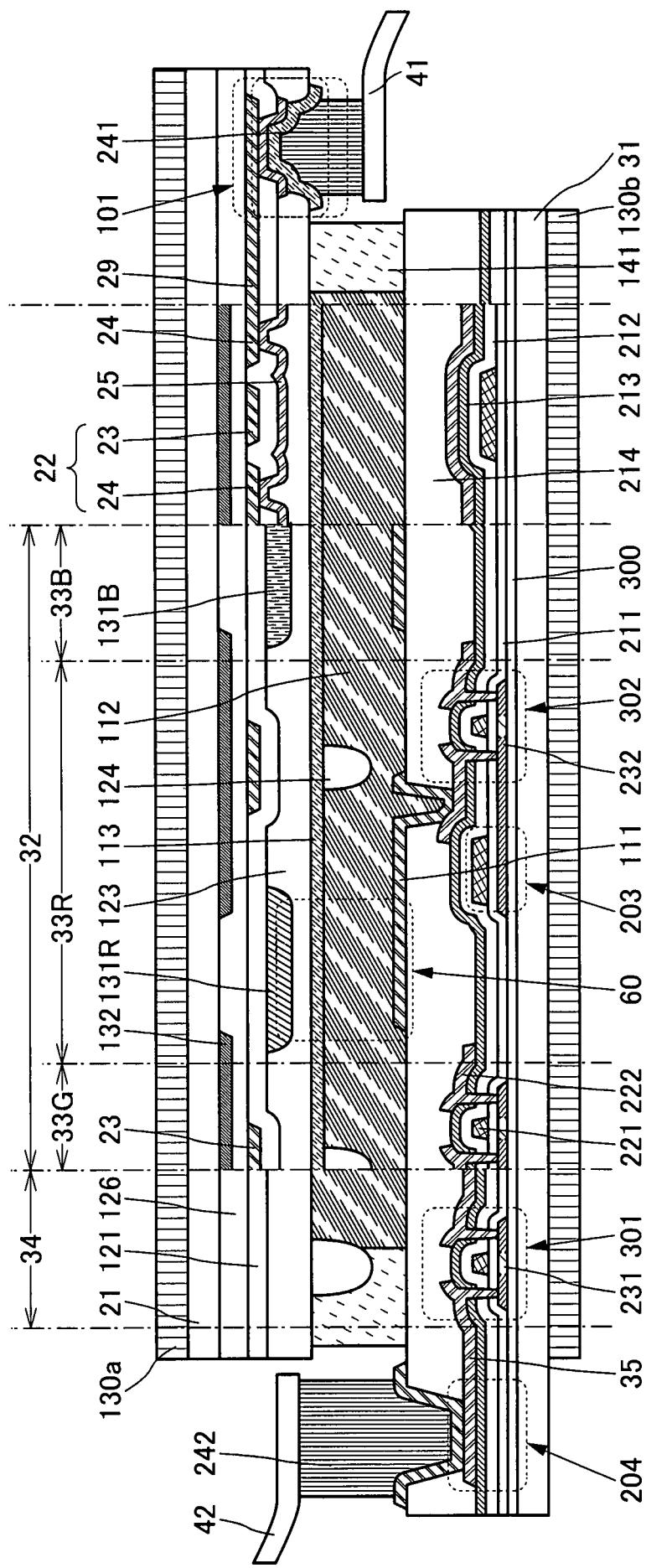


FIG. 18
10 →

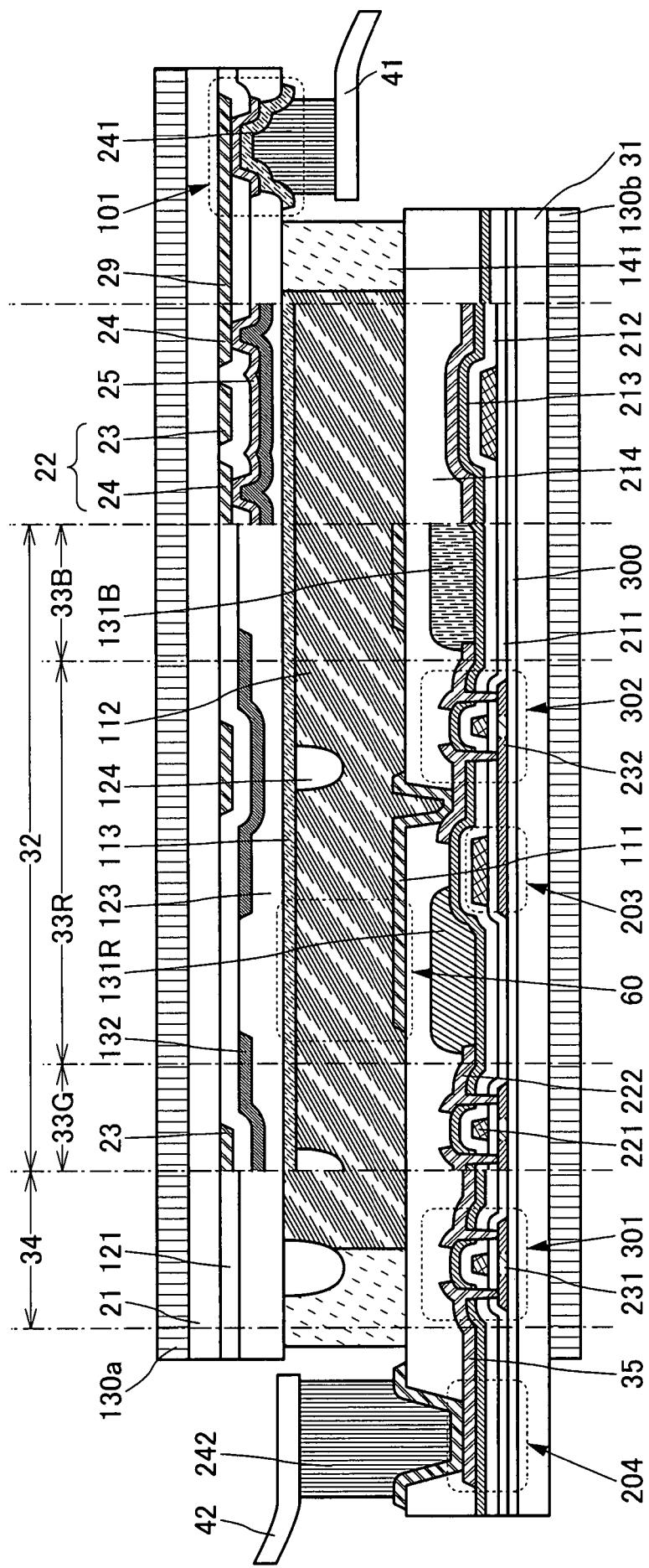


FIG. 19
10 →

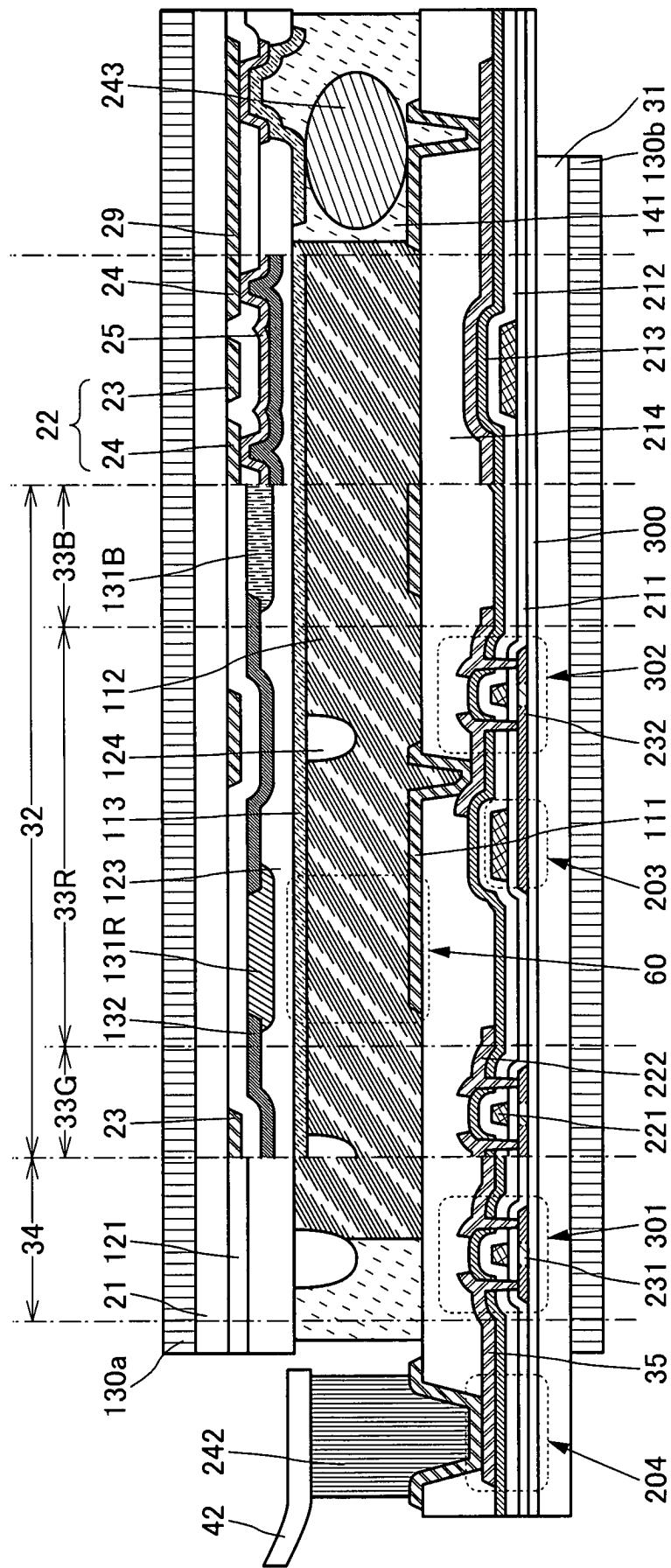


FIG. 20
10 →

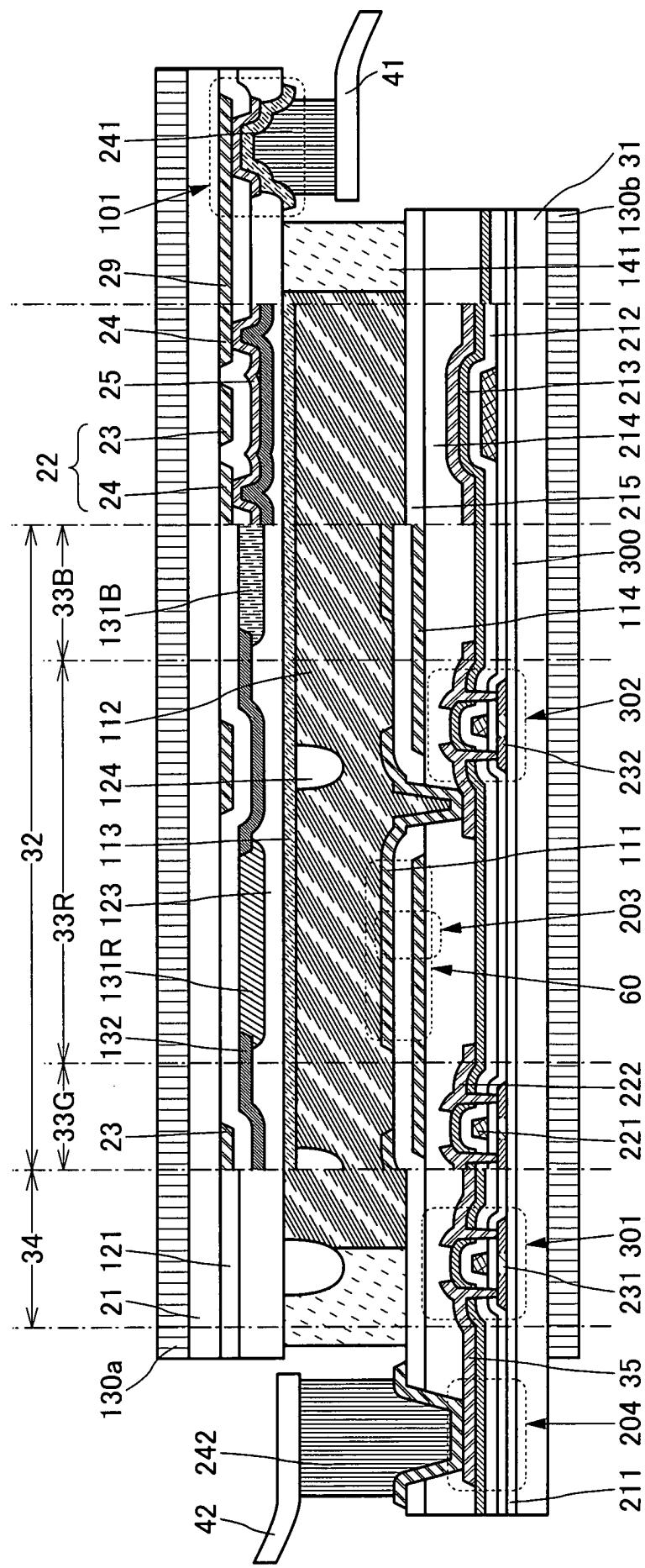


FIG. 21
10 →

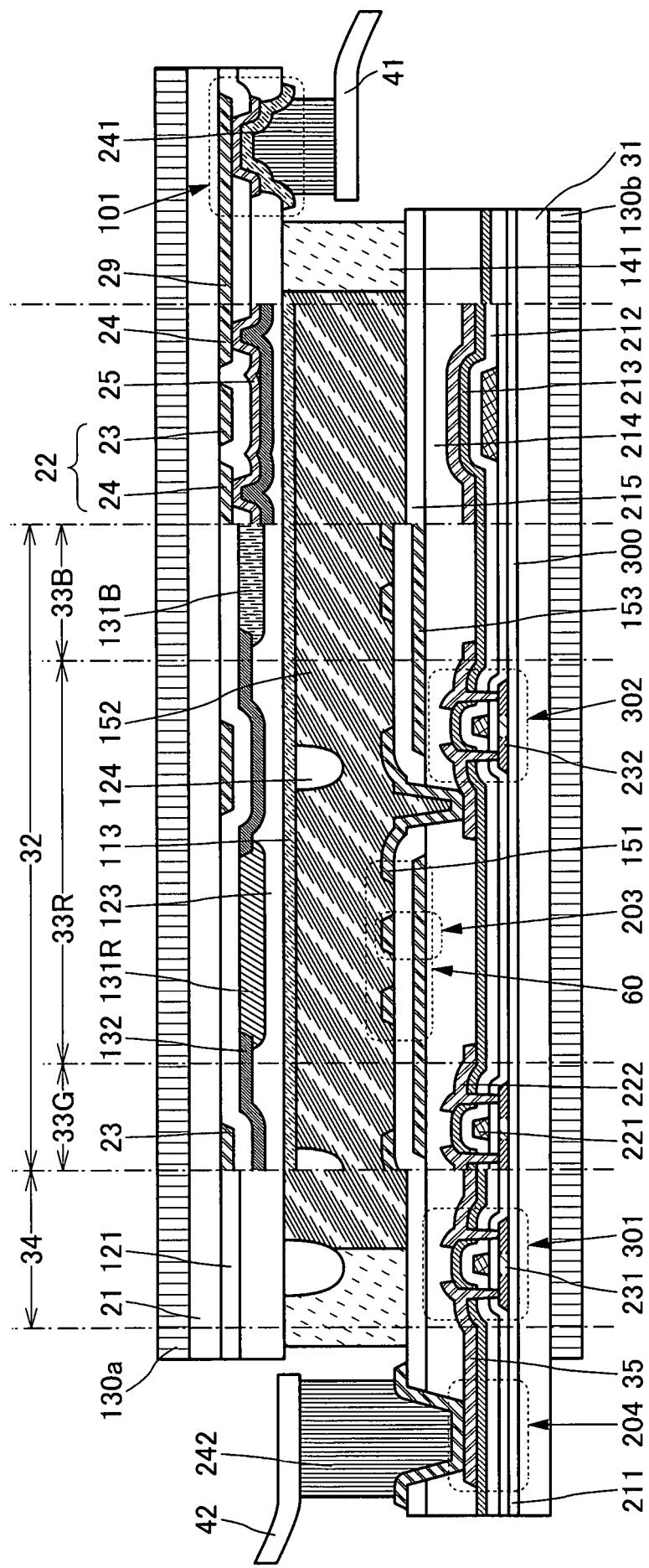


FIG. 22
10

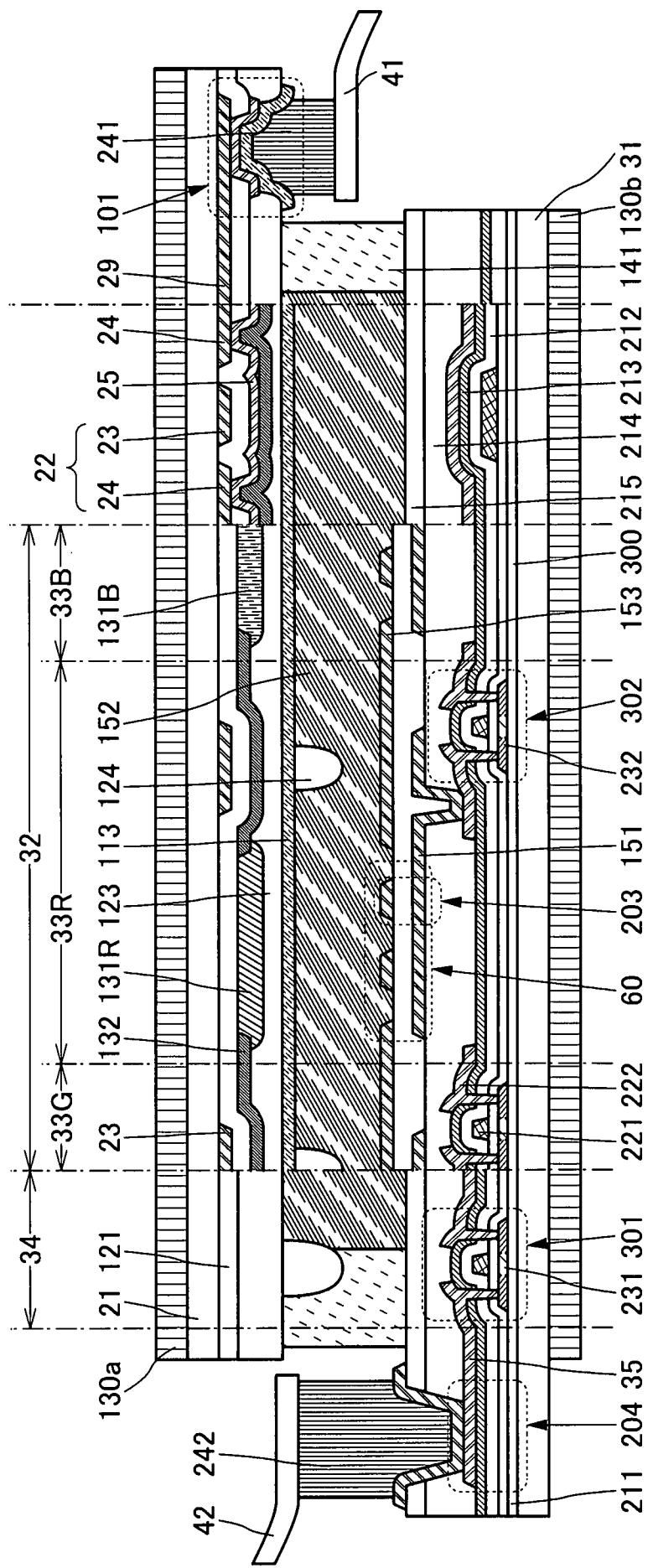


FIG. 23
10

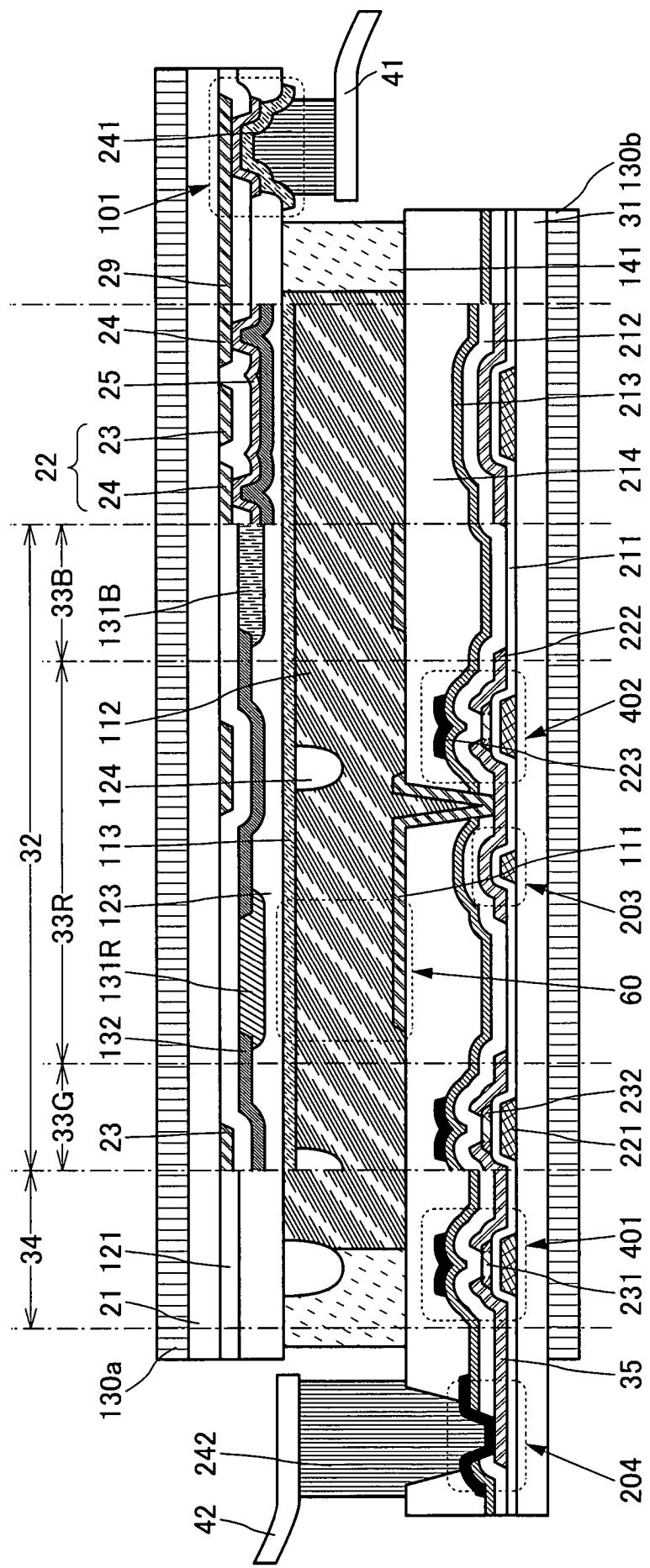


FIG. 24
10

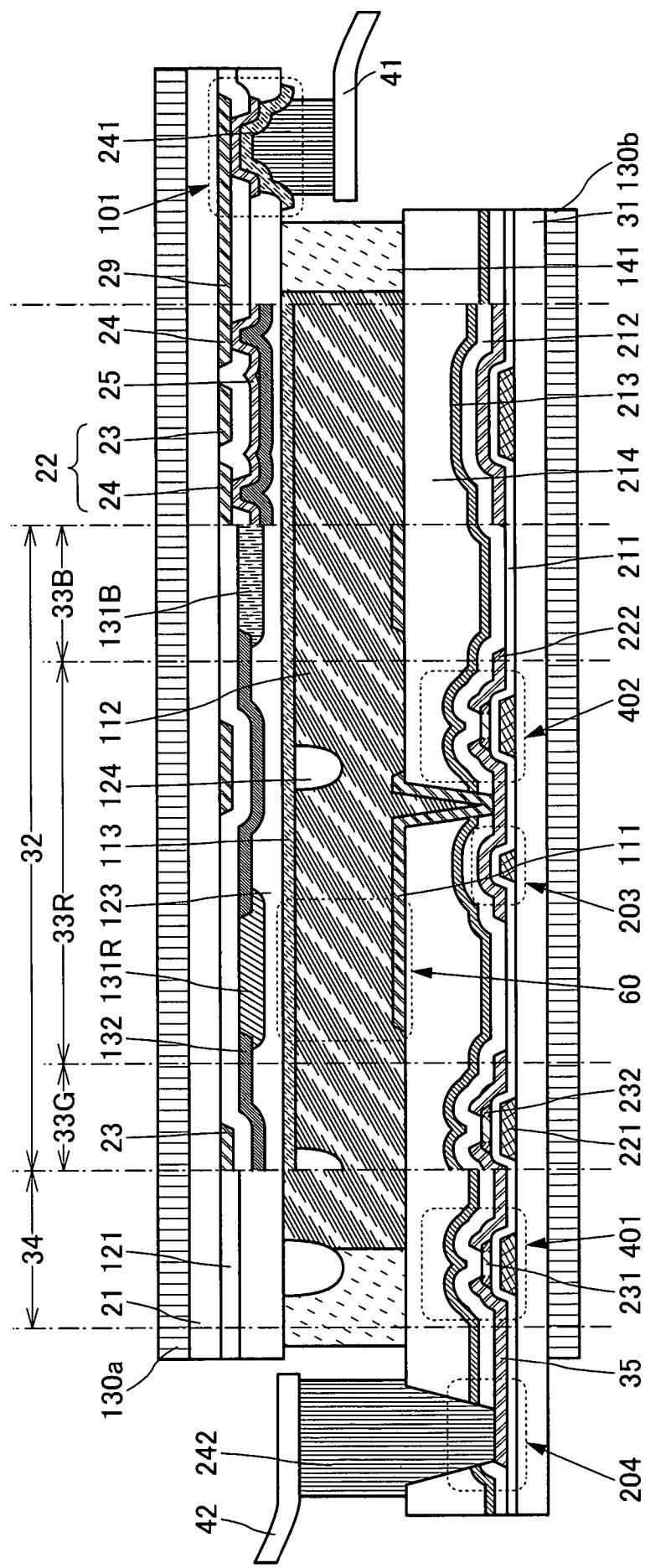


FIG. 25A

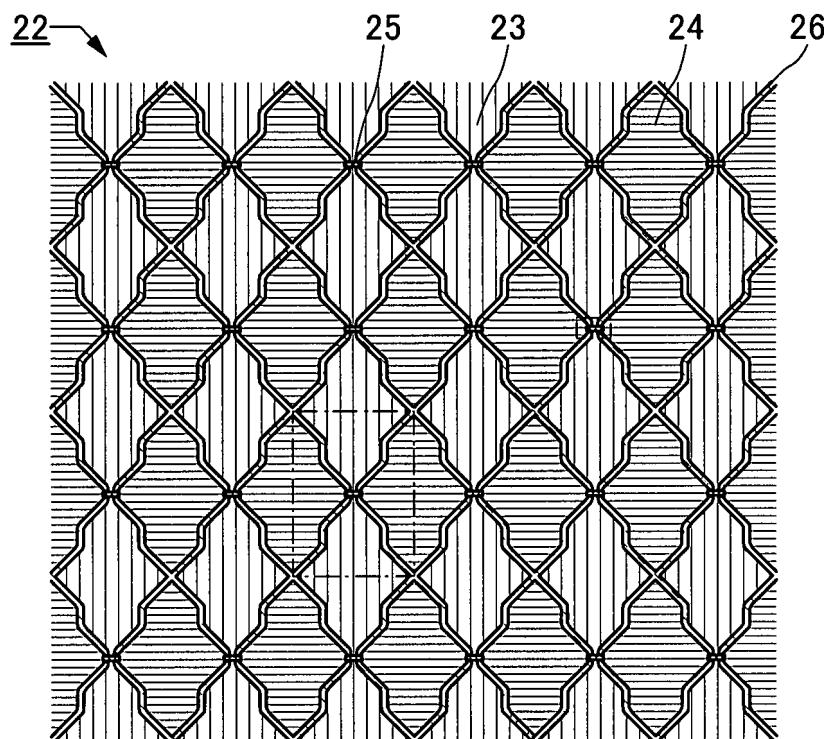


FIG. 25B

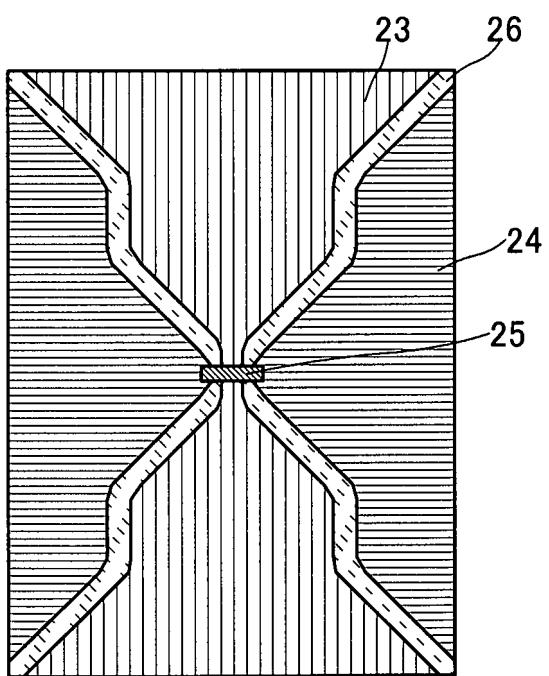


FIG. 25C

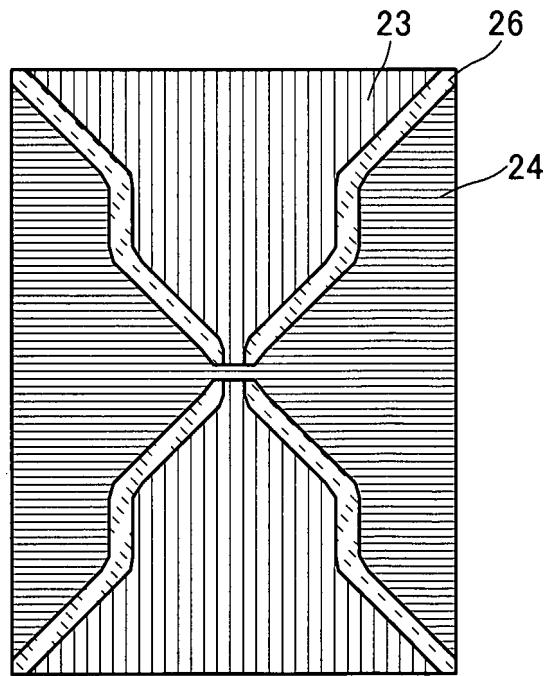


FIG. 26A

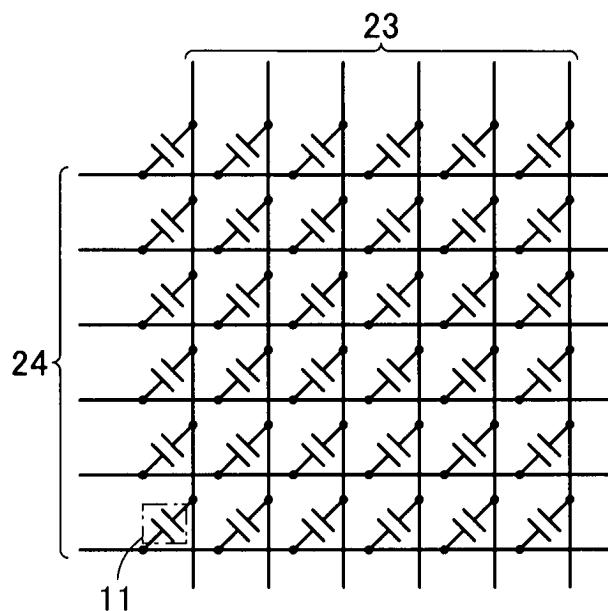


FIG. 26B

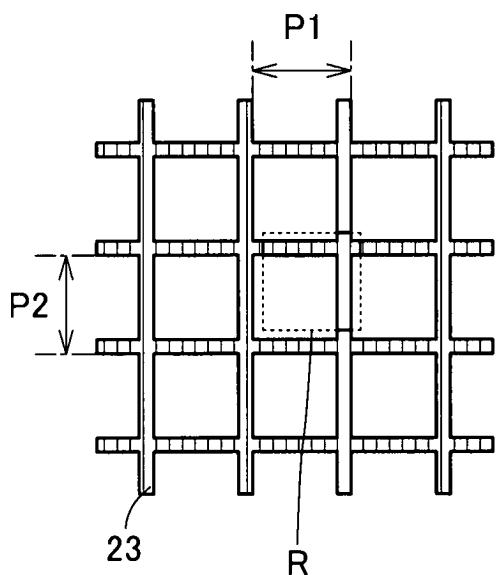


FIG. 26C

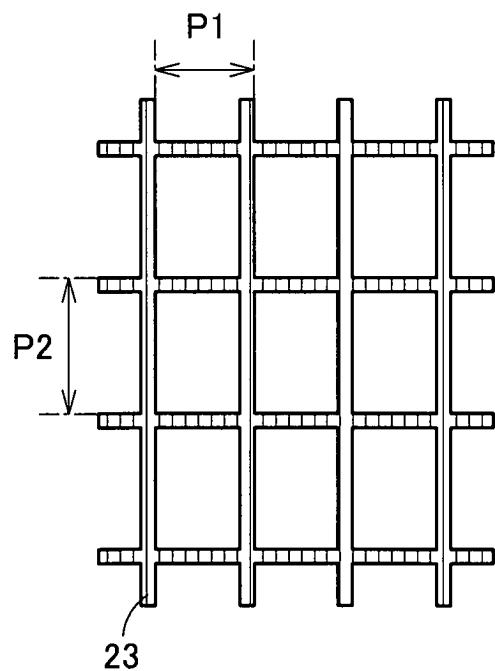


FIG. 27A

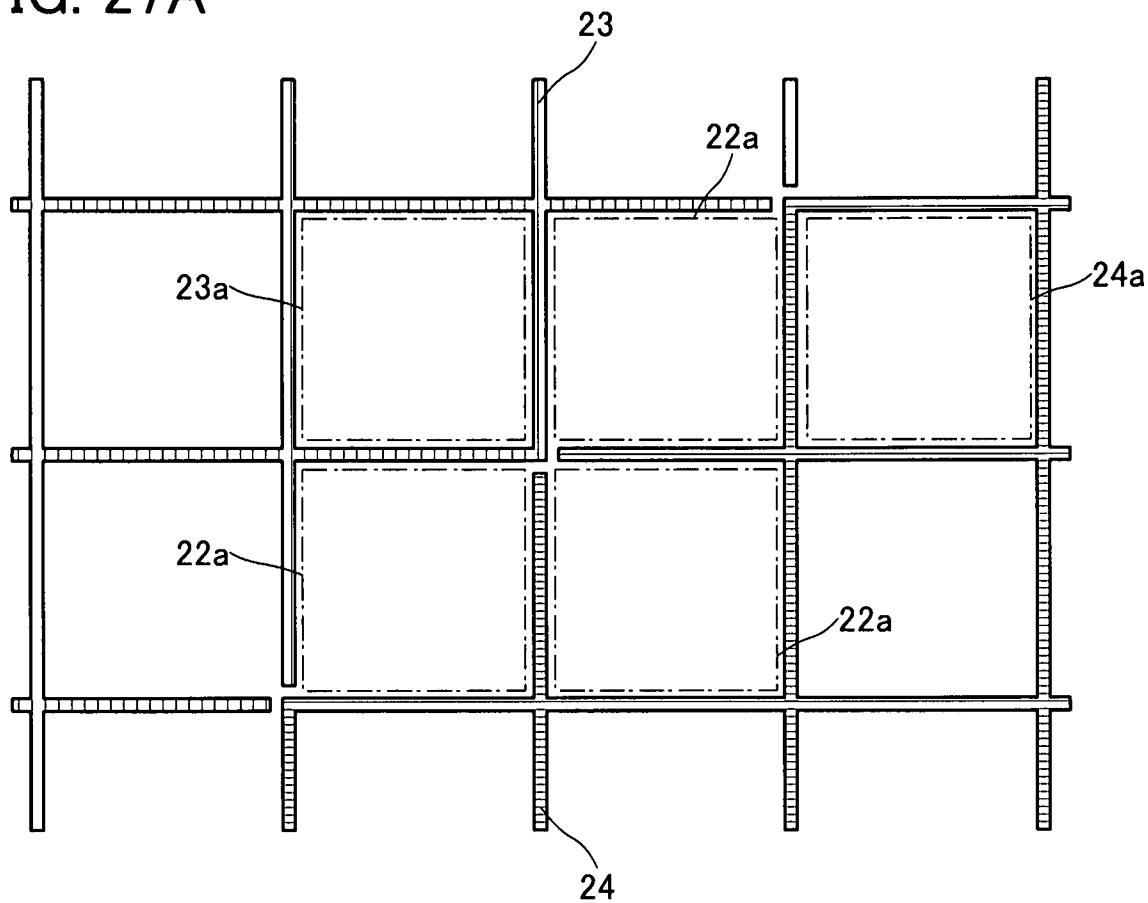


FIG. 27B

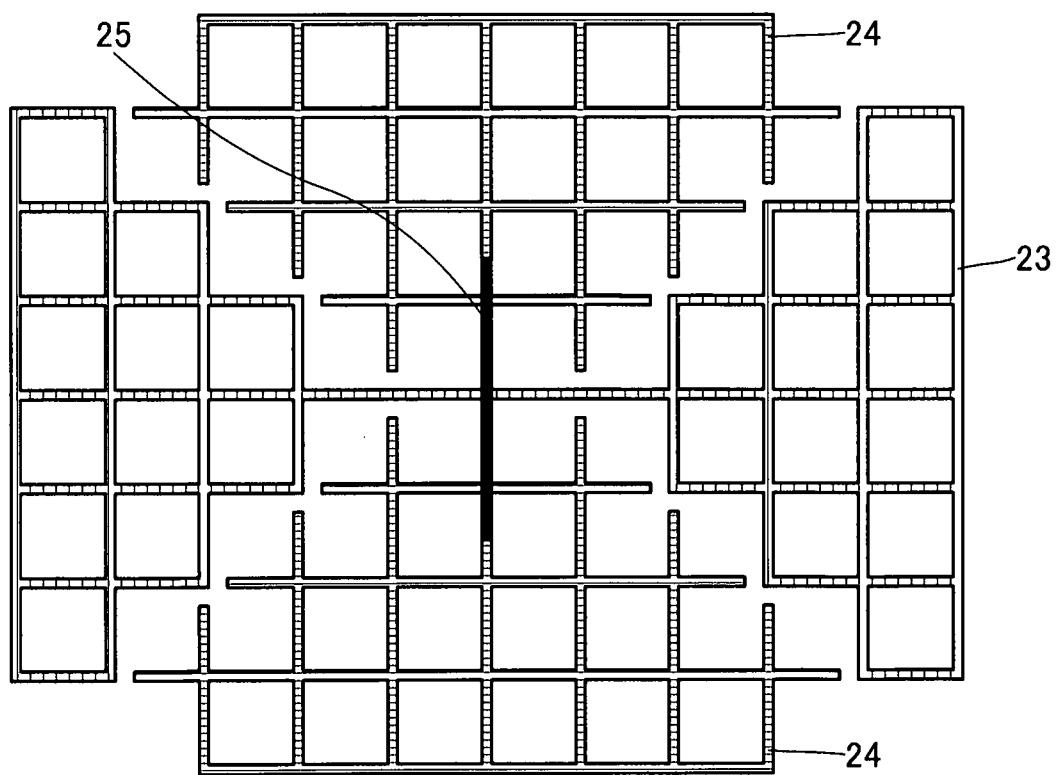


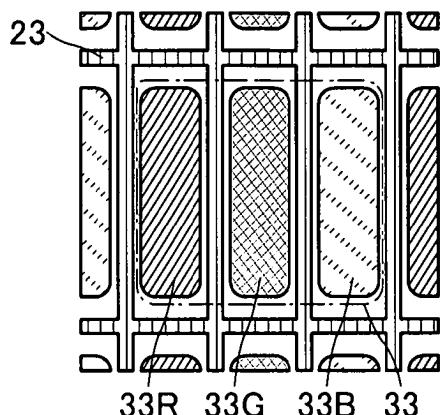
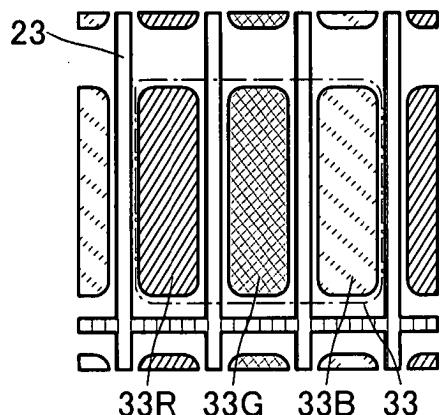
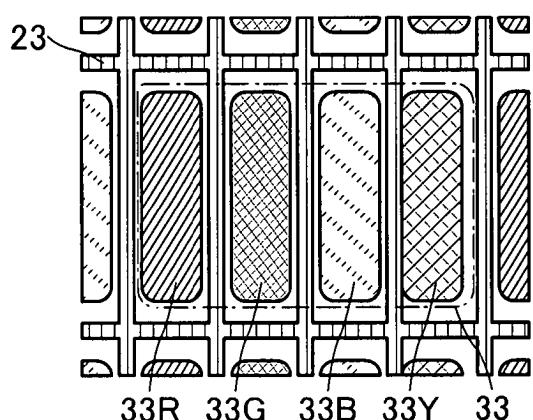
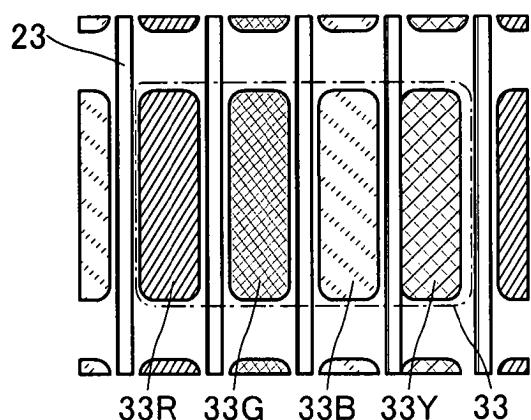
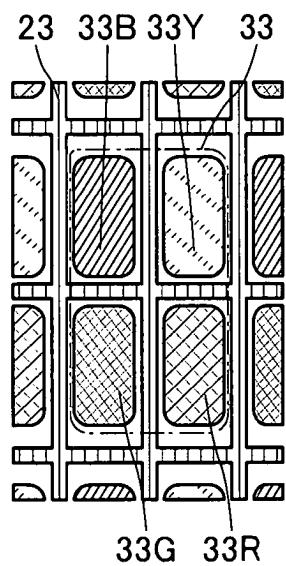
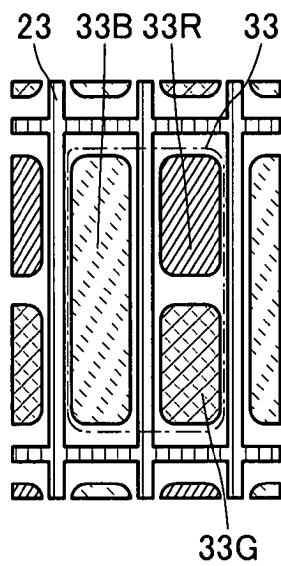
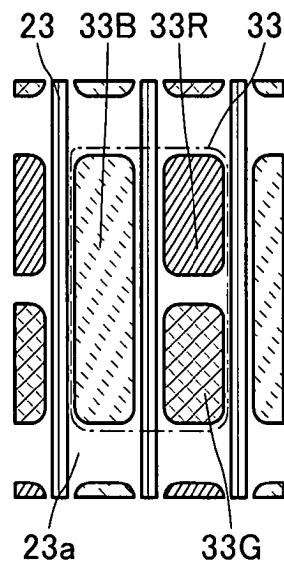
FIG. 28A**FIG. 28B****FIG. 28C****FIG. 28D****FIG. 28E****FIG. 28F****FIG. 28G**

FIG. 29A

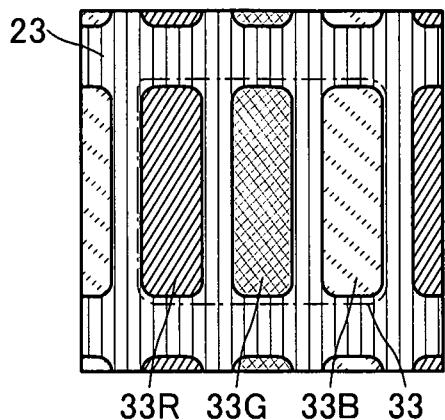


FIG. 29B

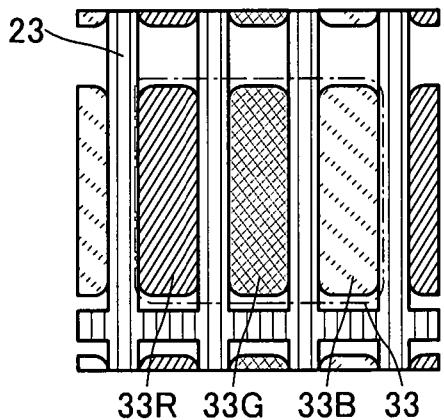


FIG. 29C

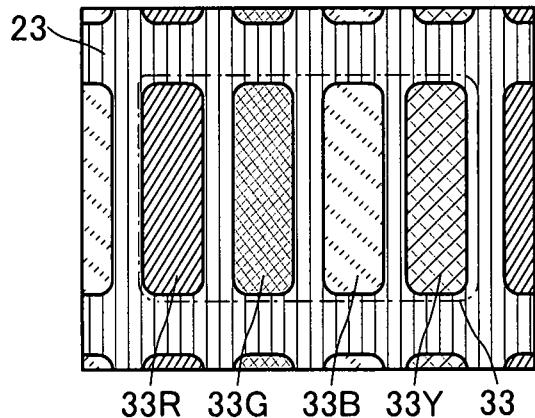


FIG. 29D

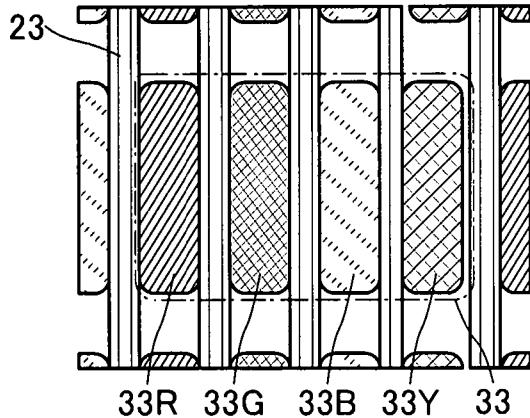


FIG. 29E

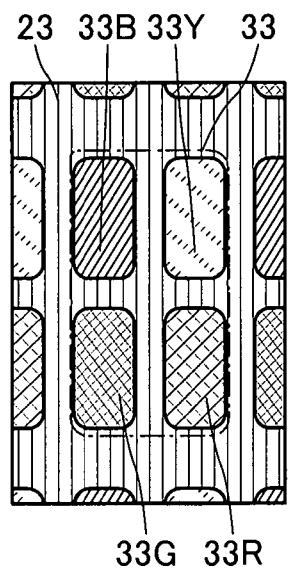


FIG. 29F

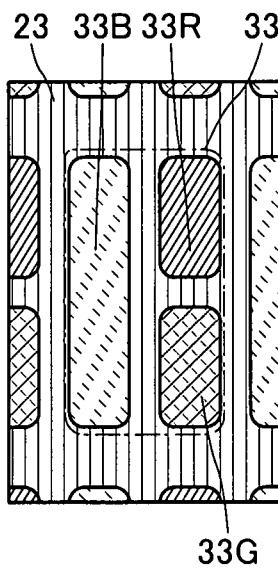


FIG. 29G

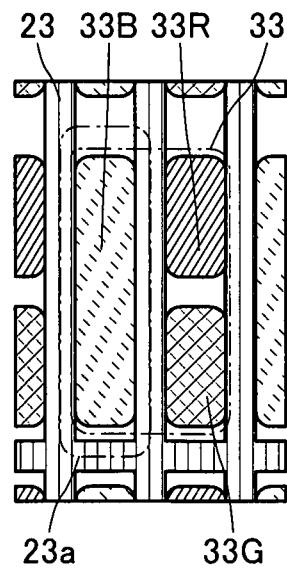


FIG. 30A

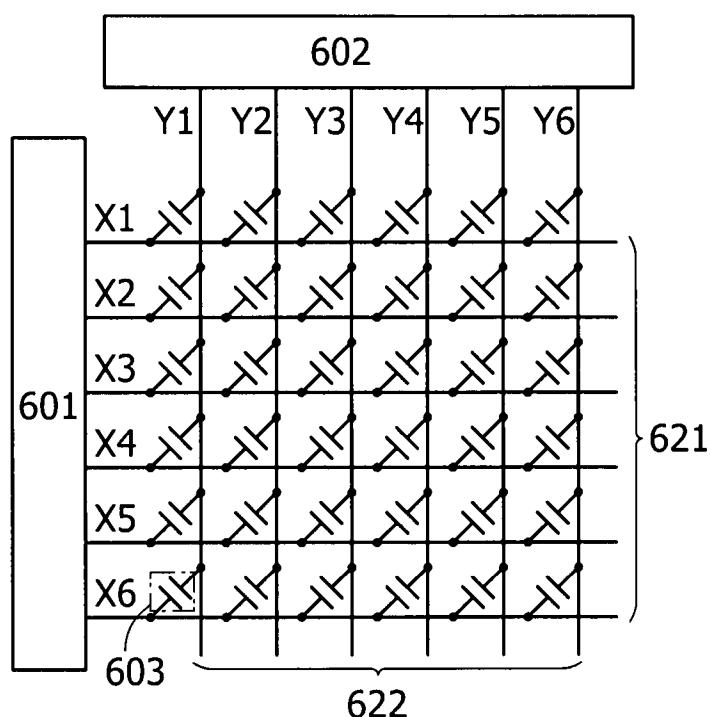


FIG. 30B

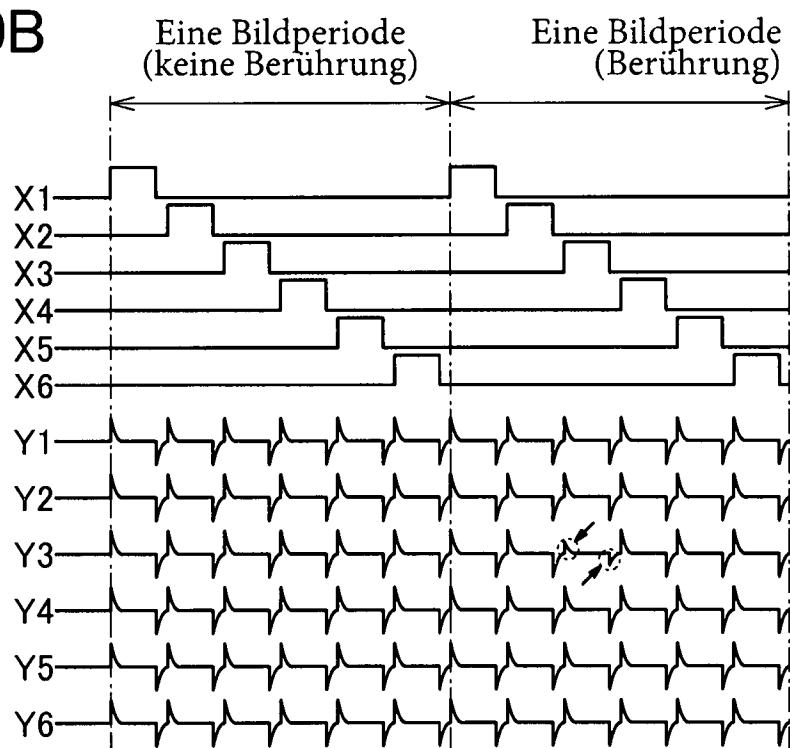


FIG. 31A

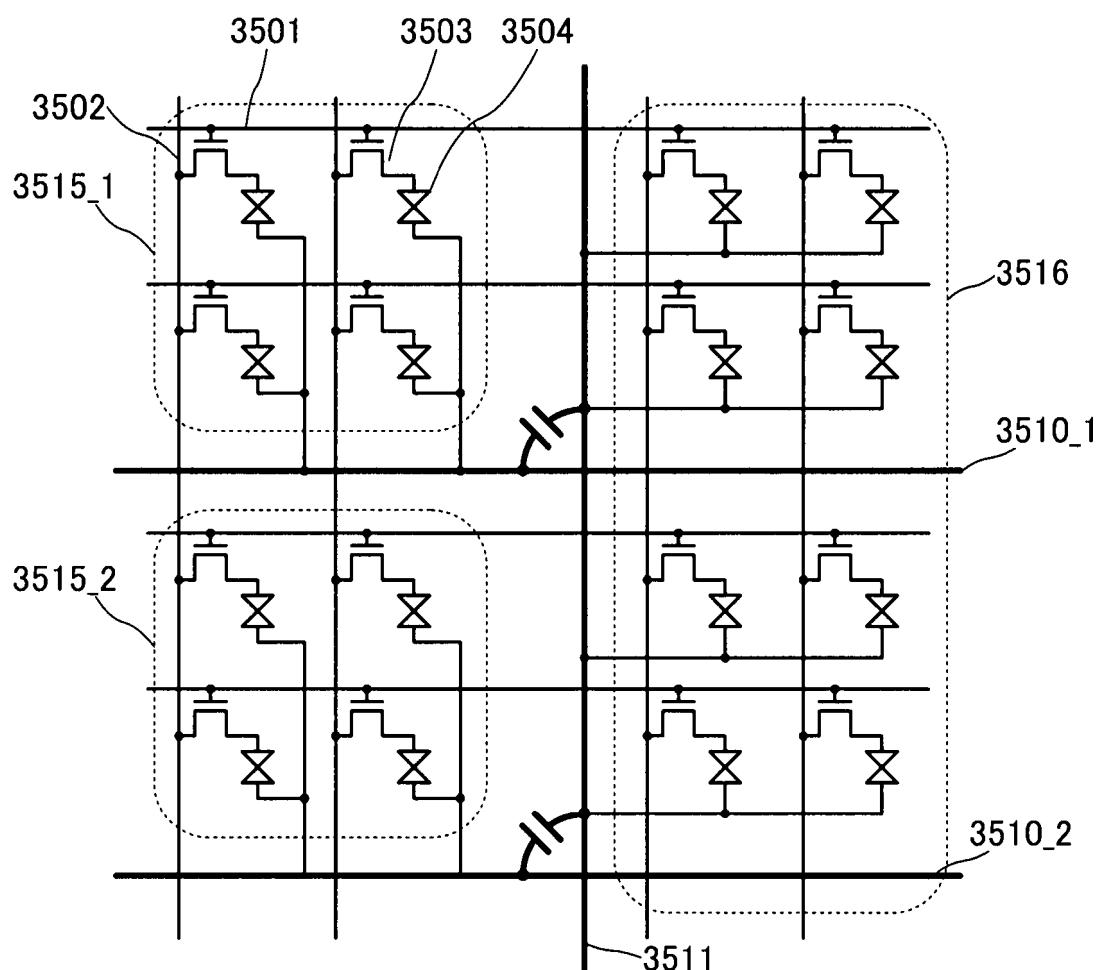


FIG. 31B

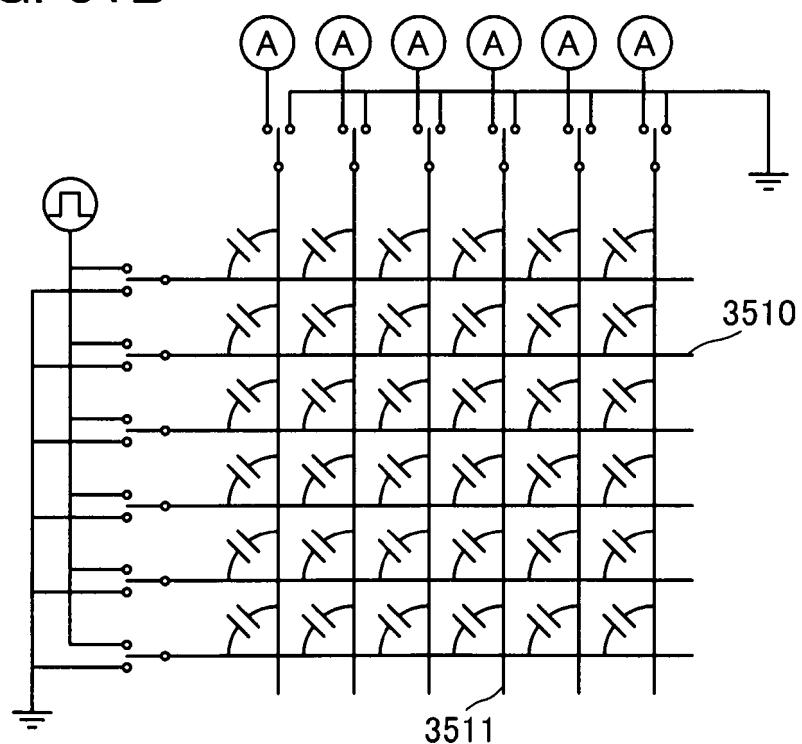


FIG. 32A

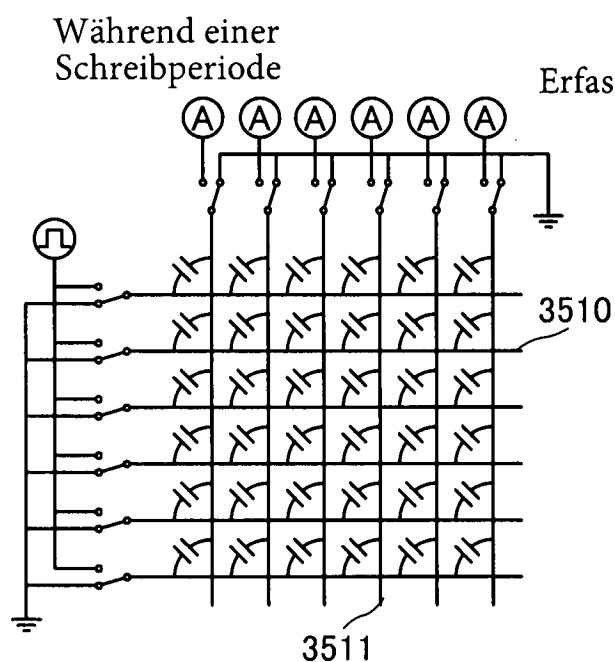


FIG. 32B

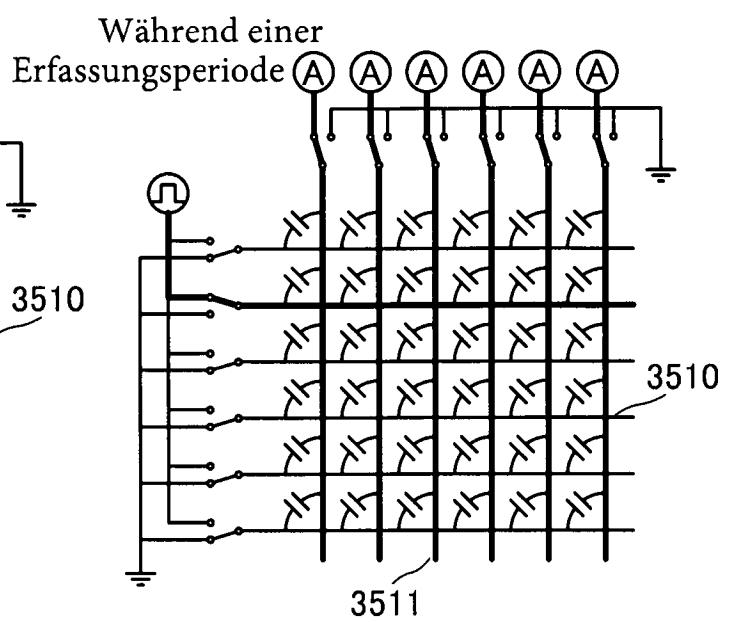


FIG. 33A1

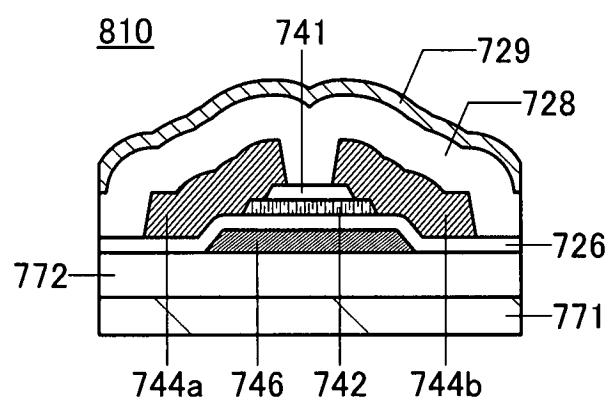


FIG. 33A2

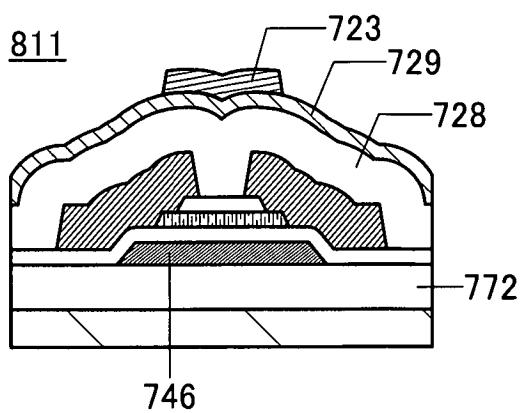


FIG. 33B1

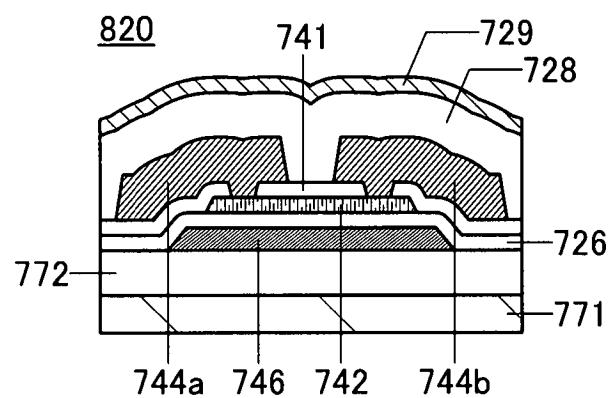


FIG. 33B2

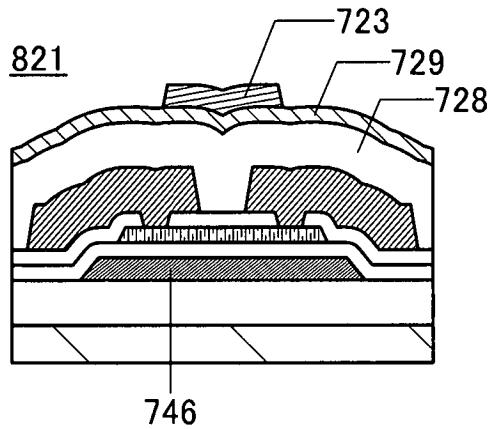


FIG. 33C1

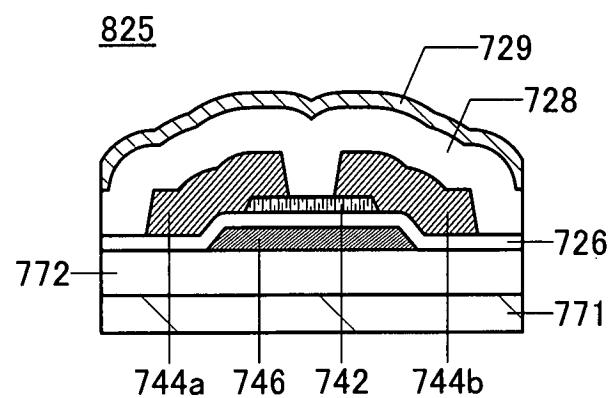


FIG. 33C2

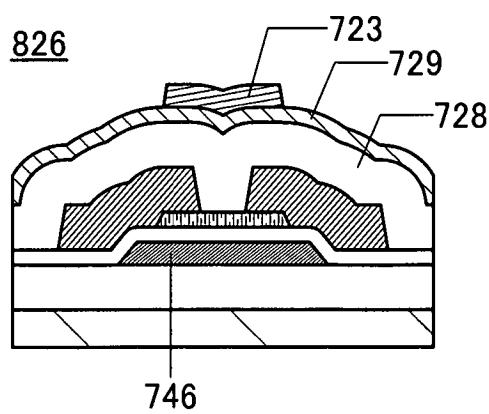


FIG. 34A1

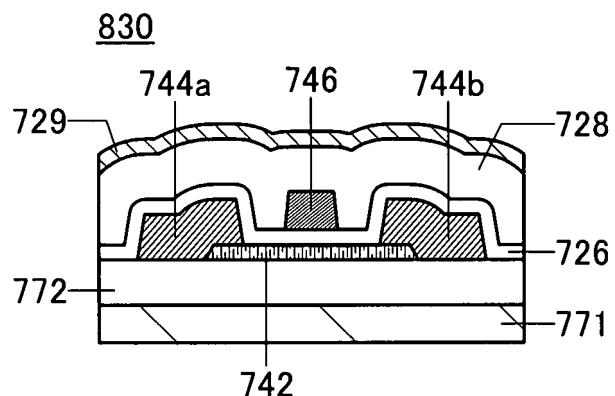


FIG. 34A2

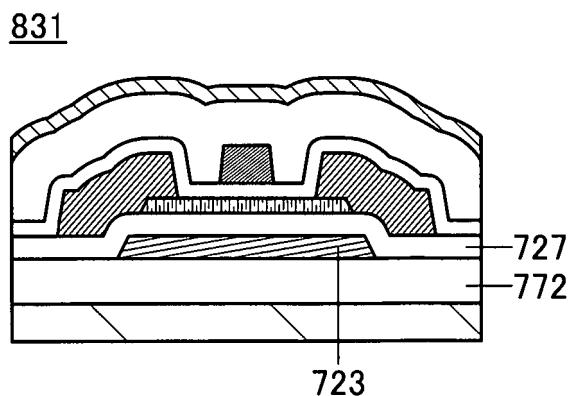


FIG. 34A3

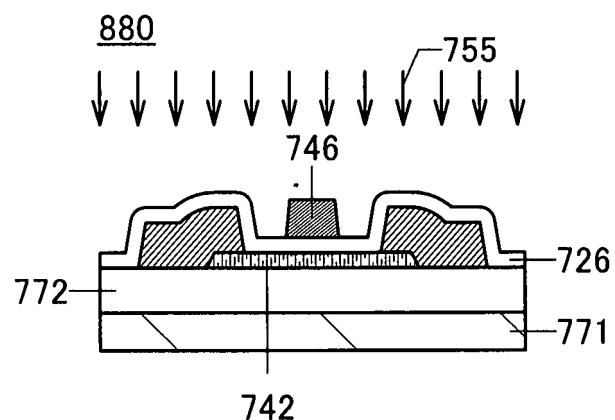


FIG. 34B1

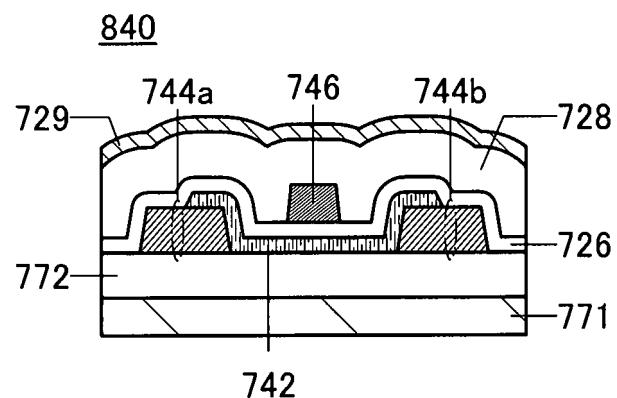


FIG. 34B2

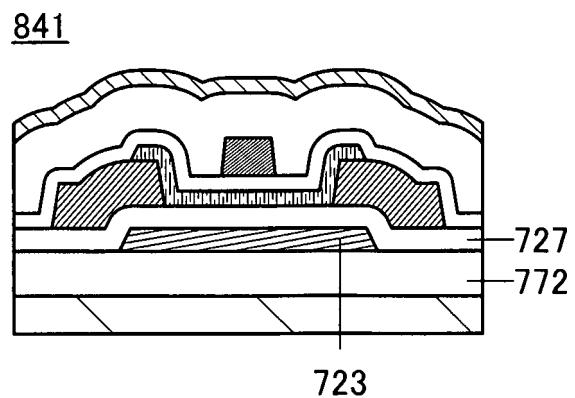


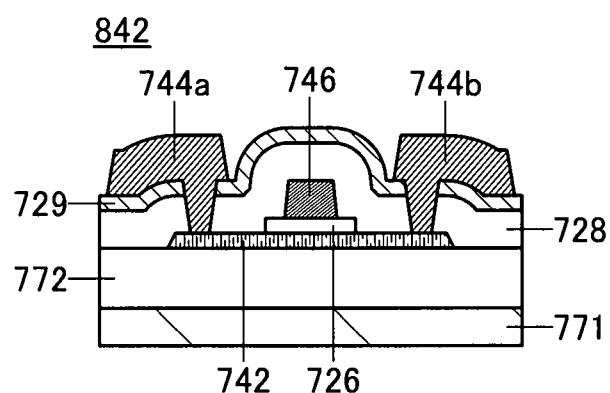
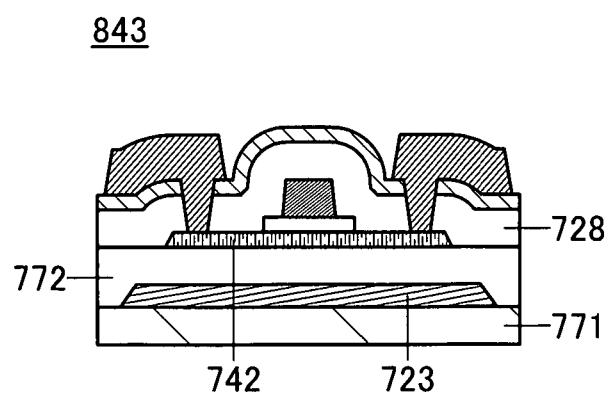
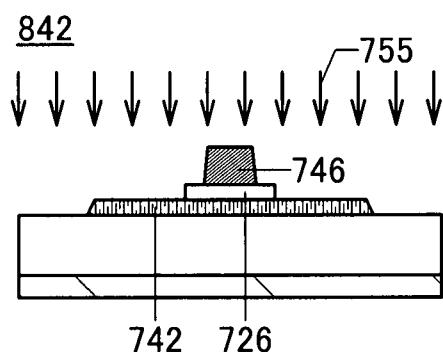
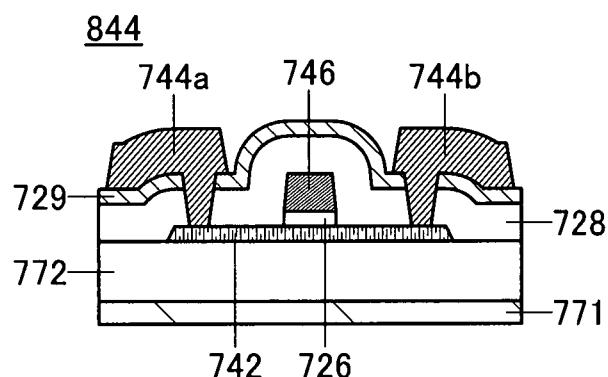
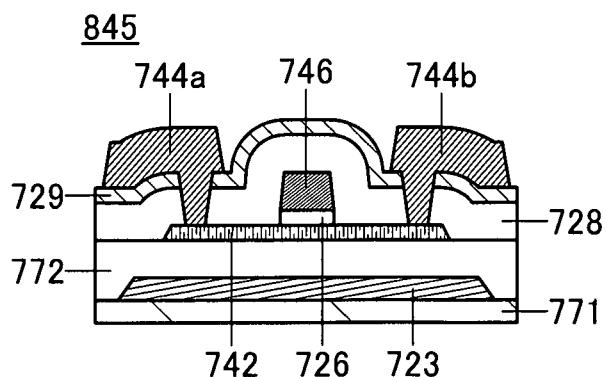
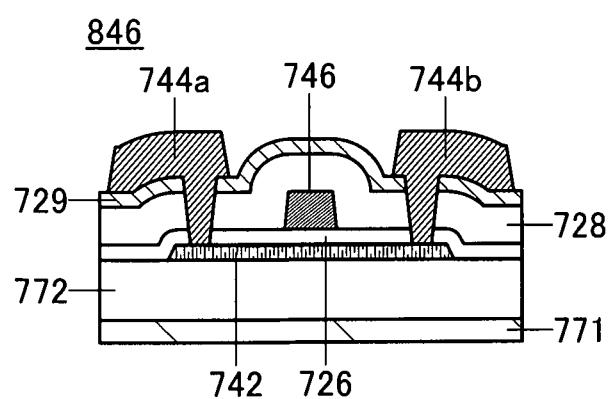
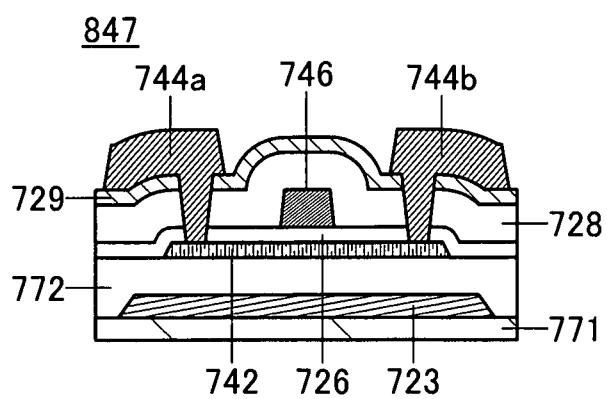
FIG. 35A1**FIG. 35A2****FIG. 35A3****FIG. 35B1****FIG. 35B2****FIG. 35C1****FIG. 35C2**

FIG. 36C

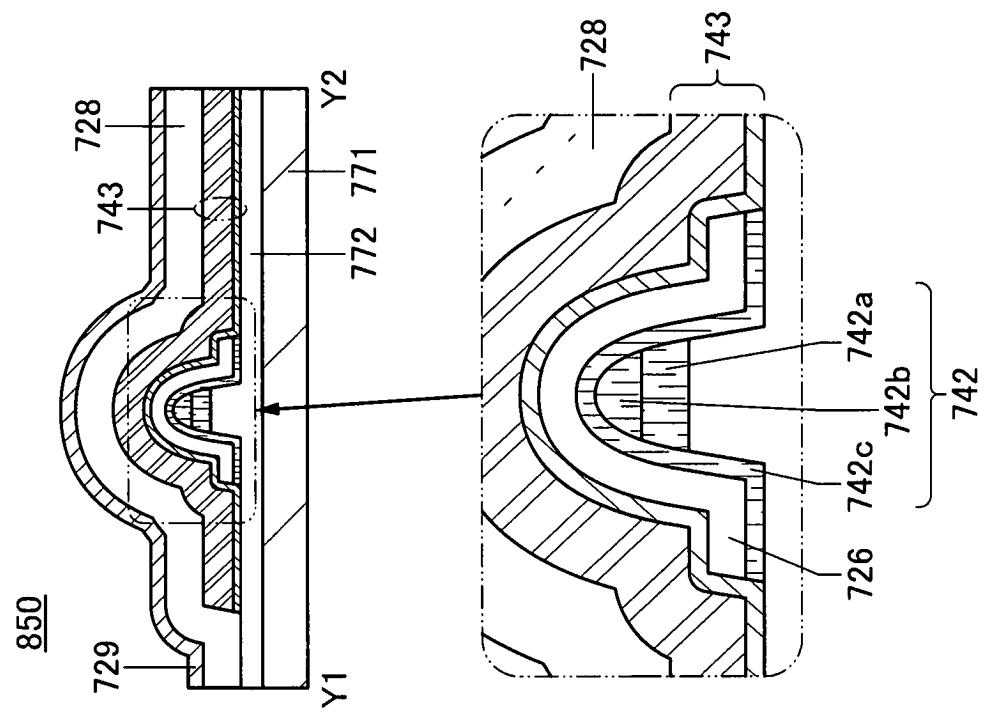


FIG. 36A

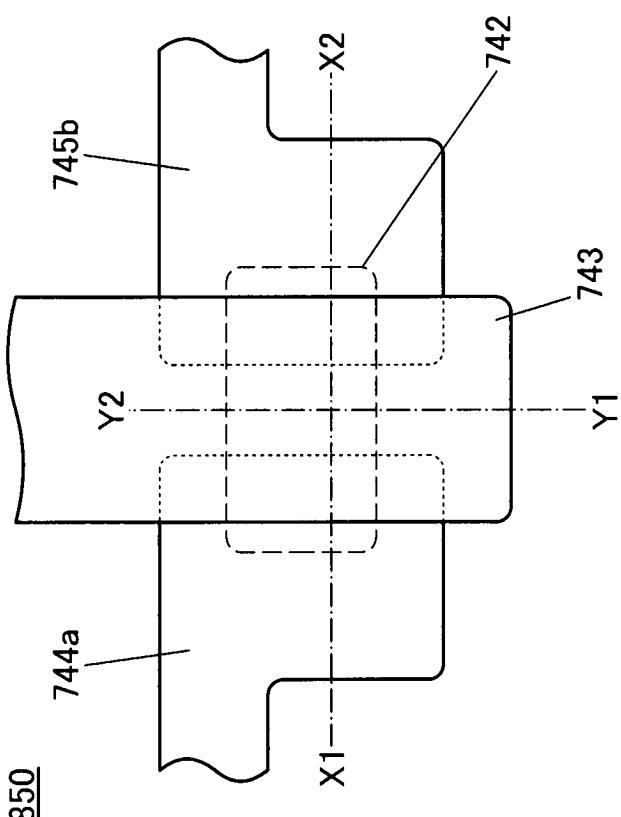


FIG. 36B

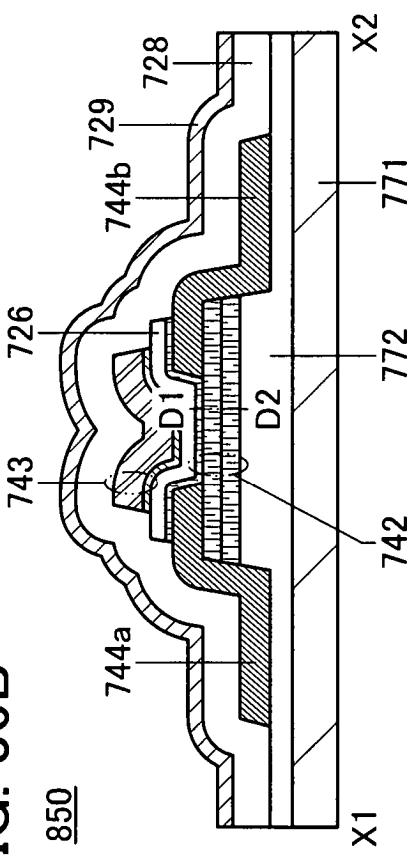


FIG. 37A

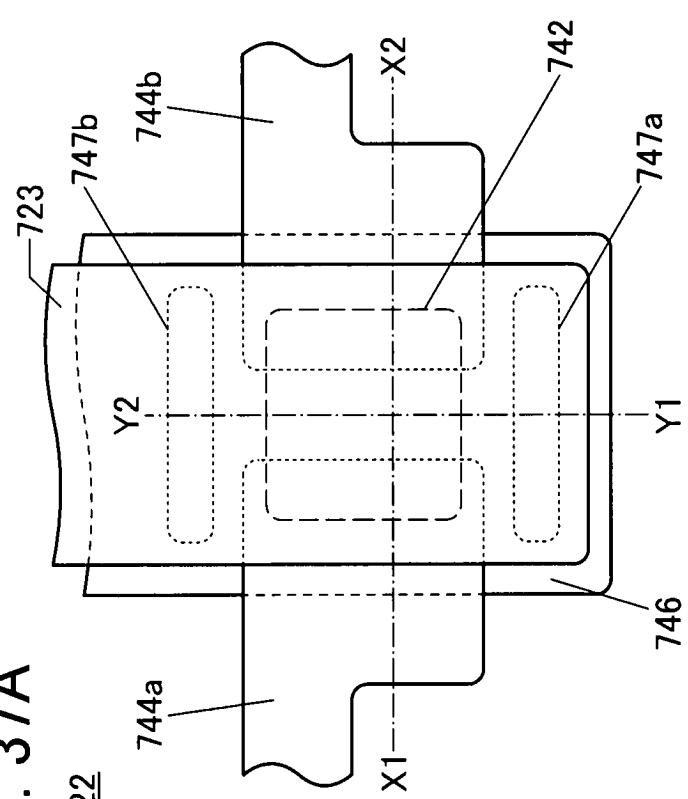


FIG. 37C

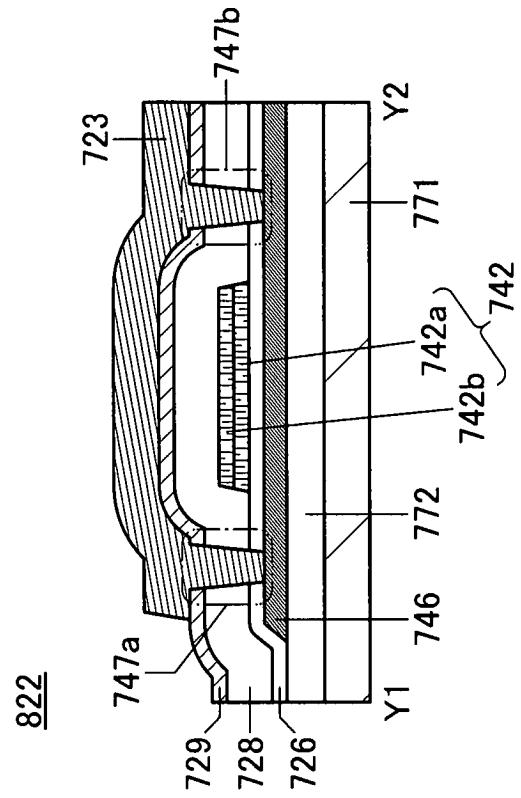


FIG. 37B

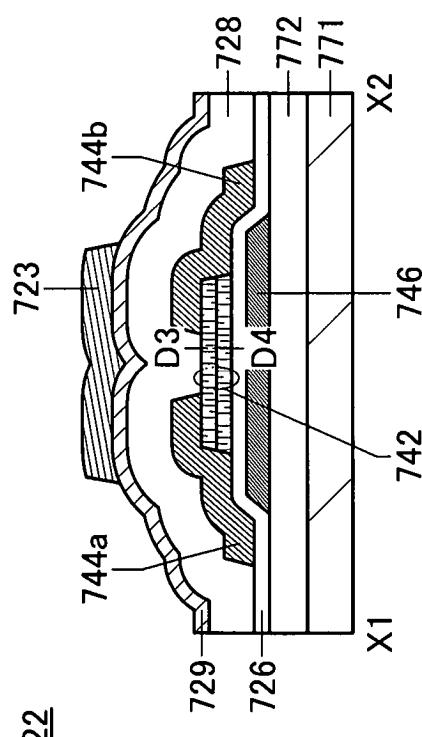


FIG. 38A FIG. 38C

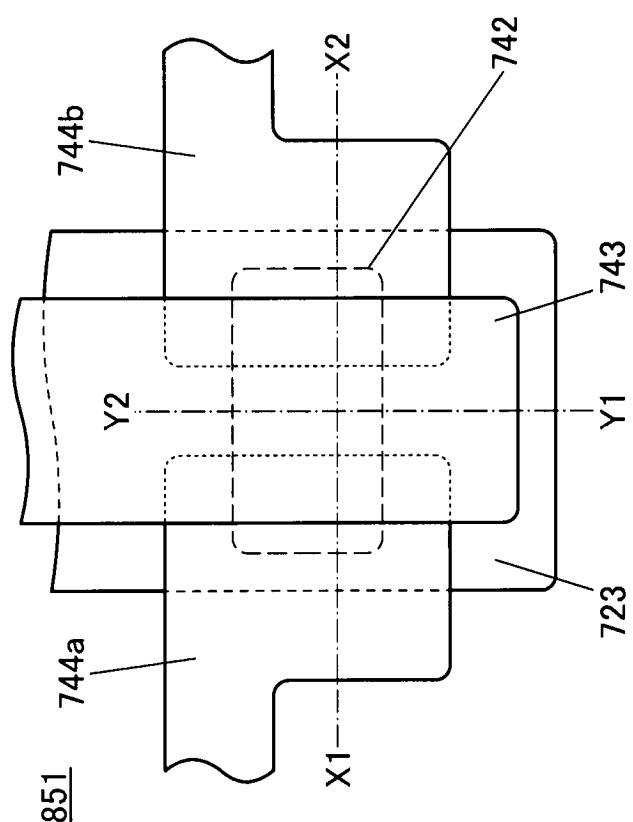


FIG. 38B

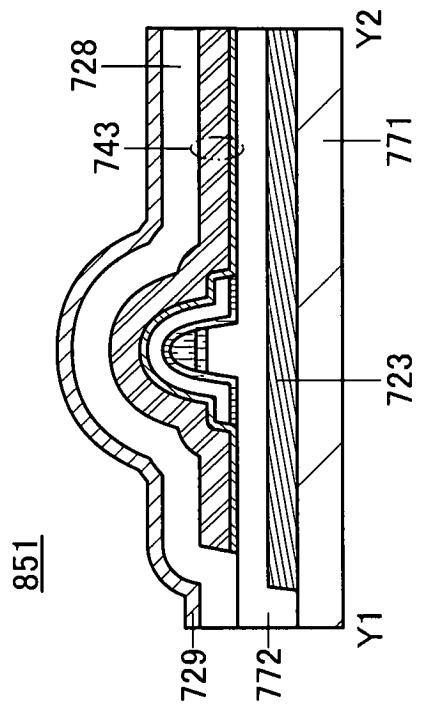
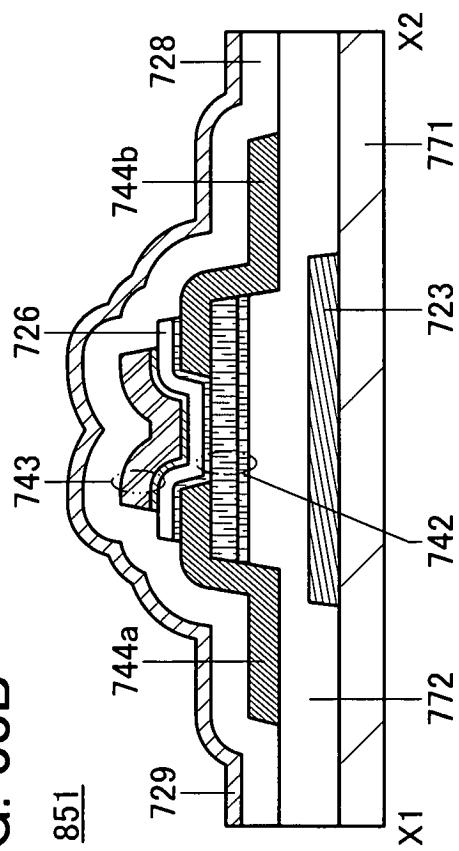


FIG. 39A

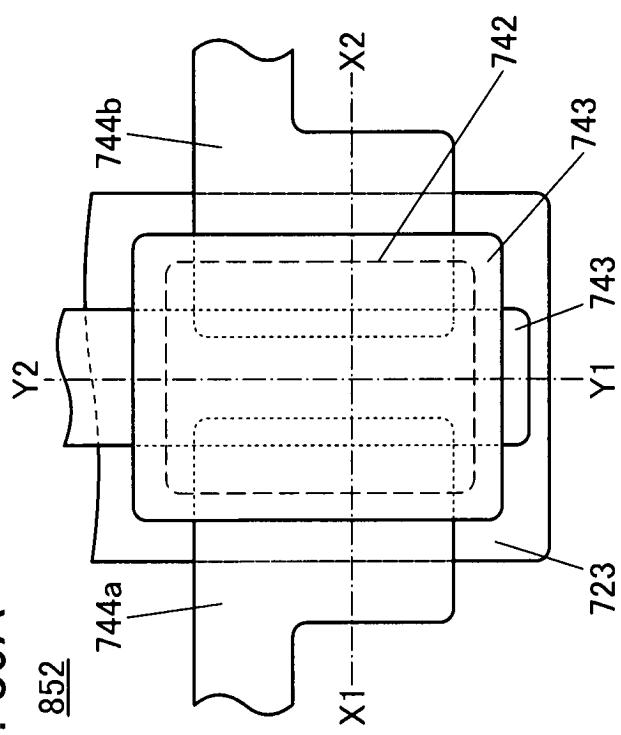


FIG. 39C

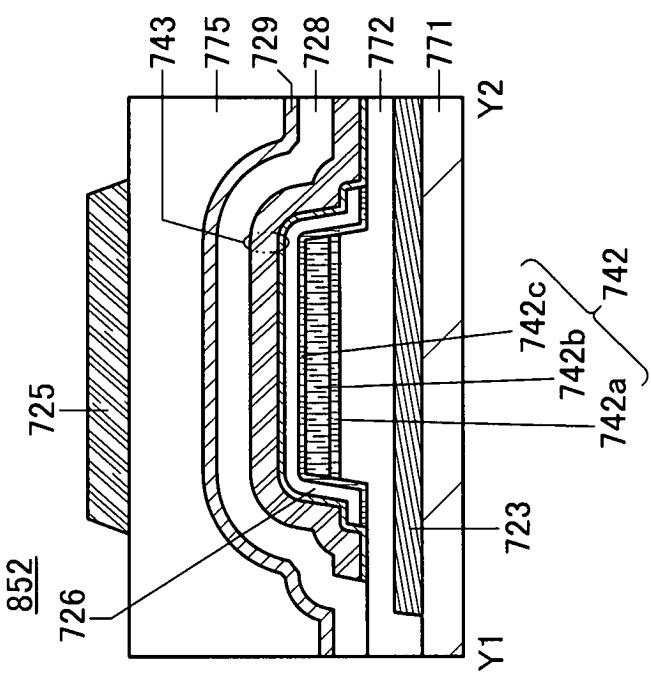


FIG. 39B

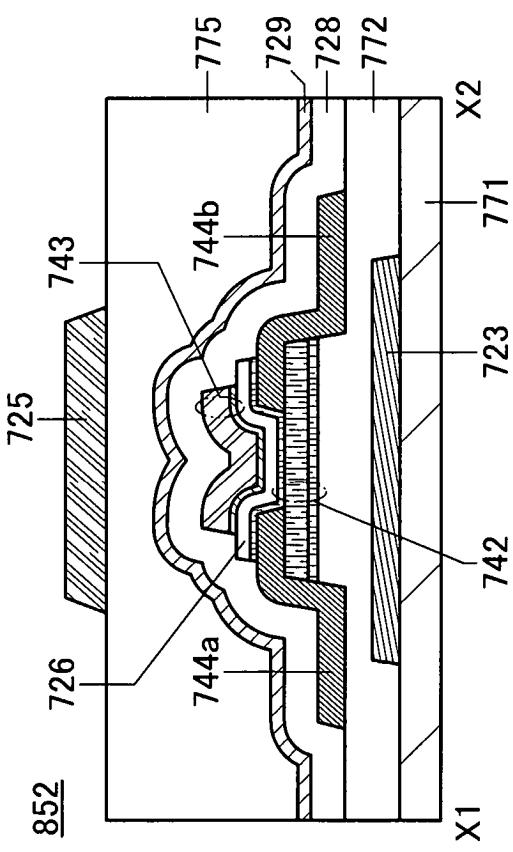


FIG. 40C

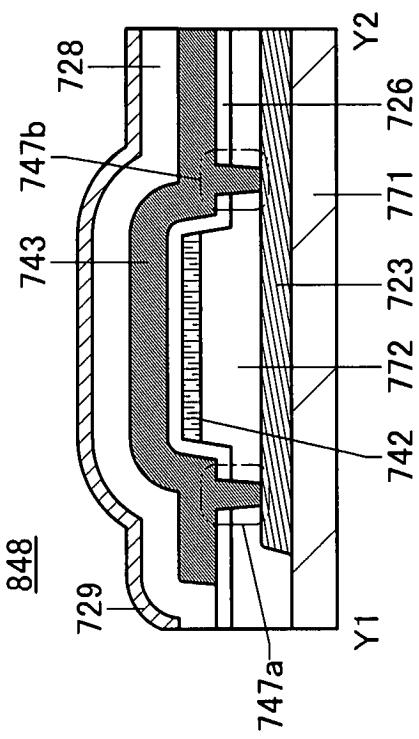


FIG. 40A

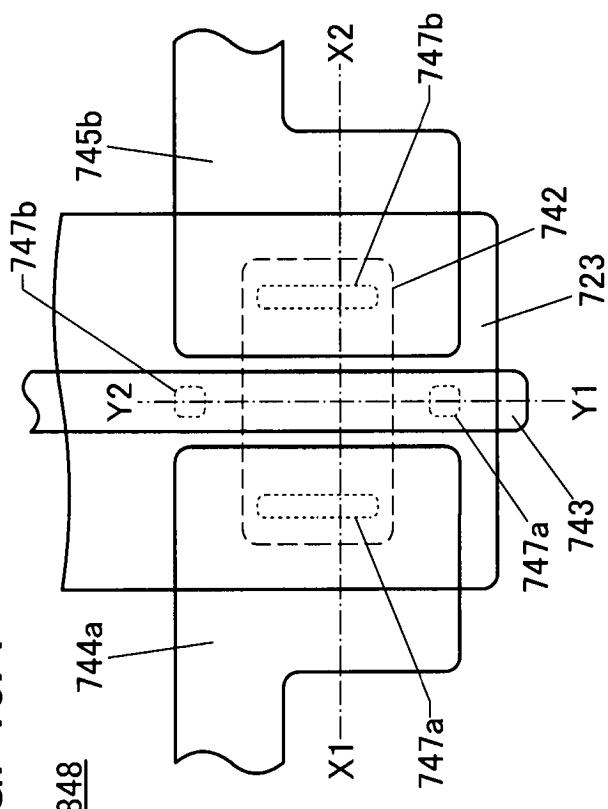


FIG. 40B

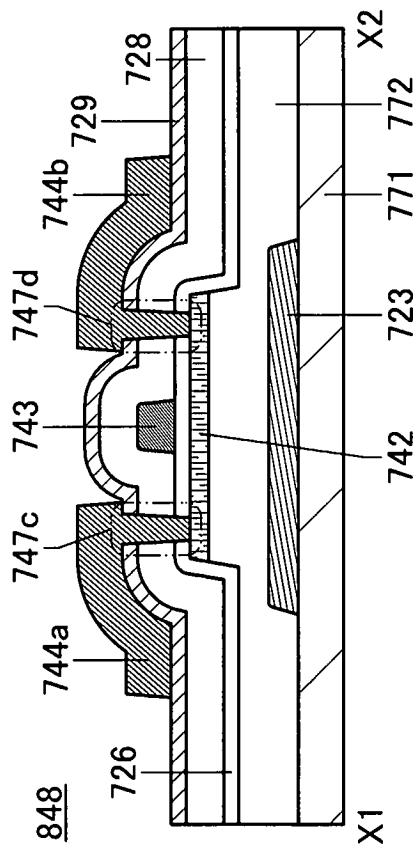


FIG. 41A

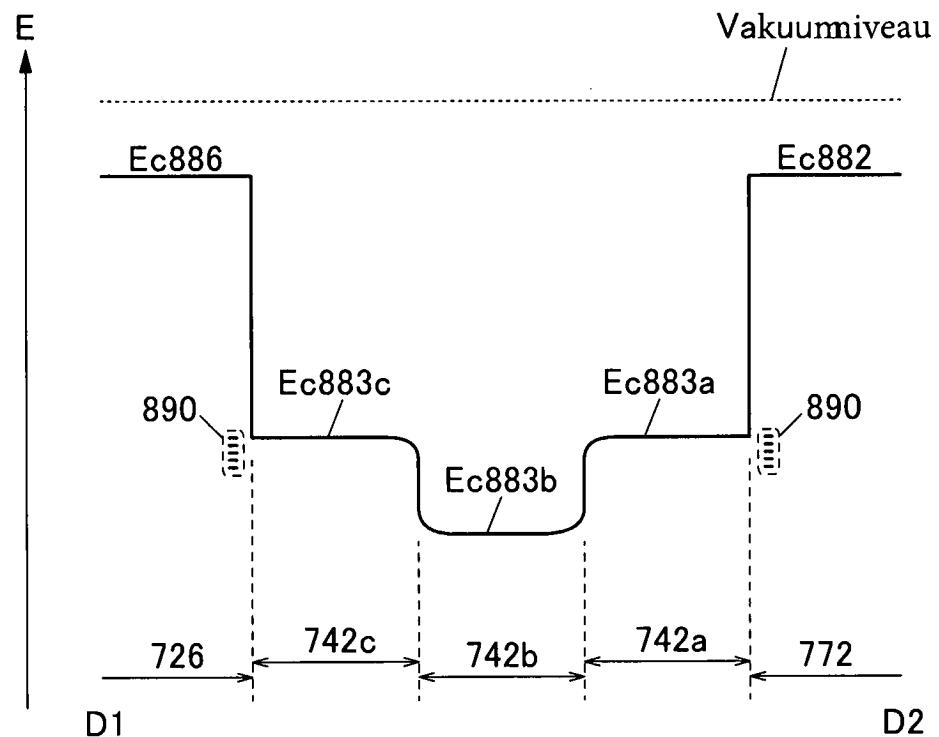


FIG. 41B

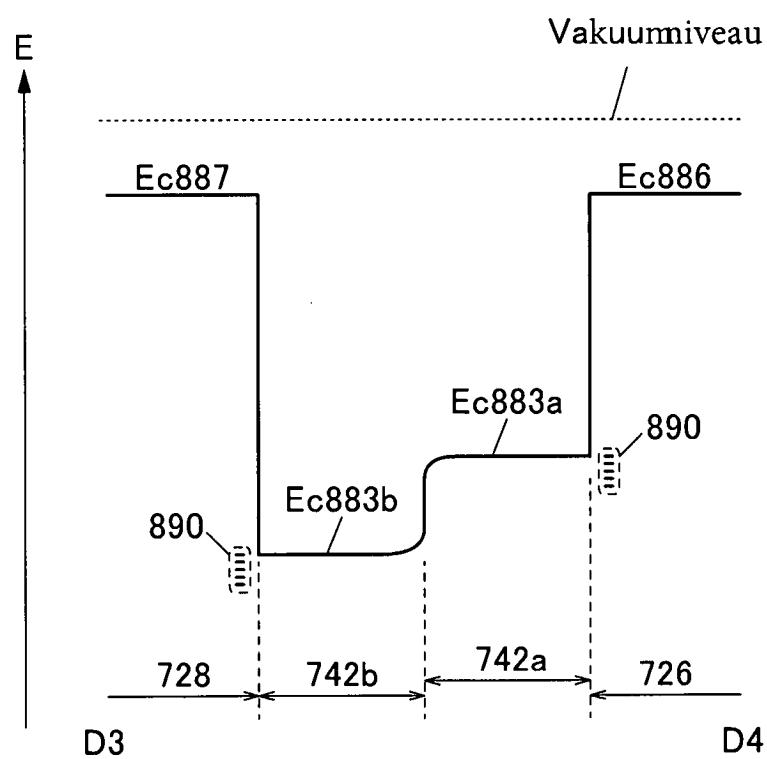


FIG. 42A

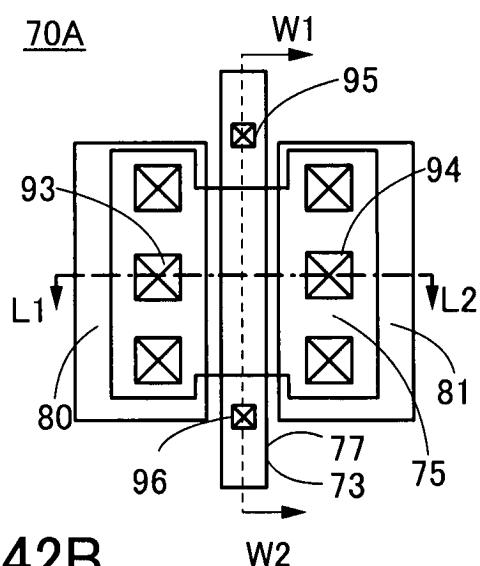
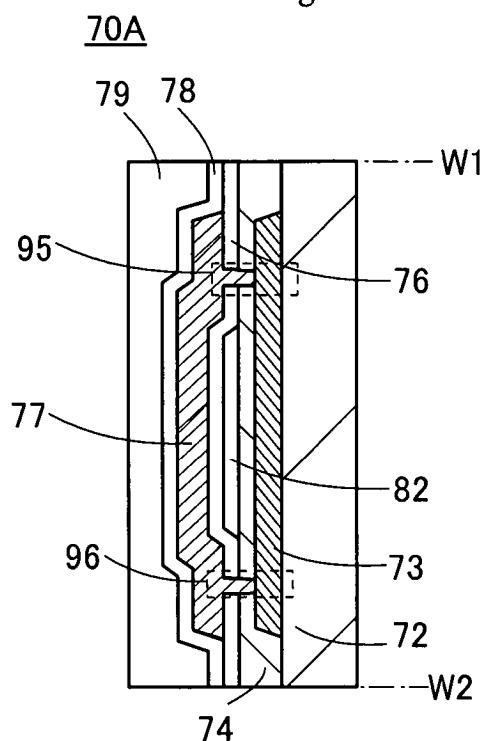


FIG. 42B

Querschnittsansicht entlang
der Kanallängsrichtung



70A

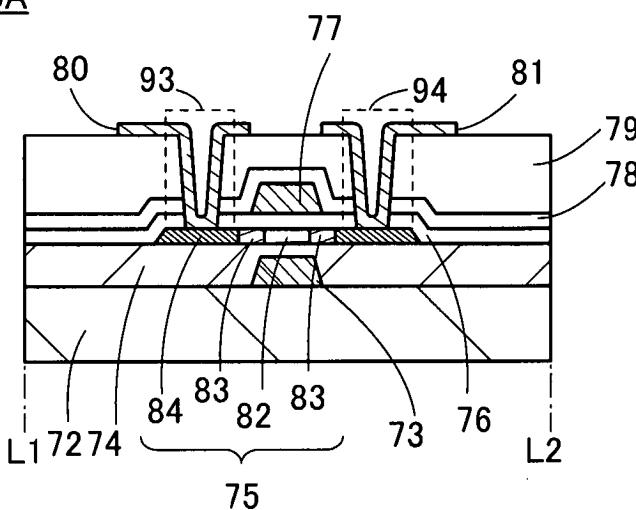


FIG. 43A

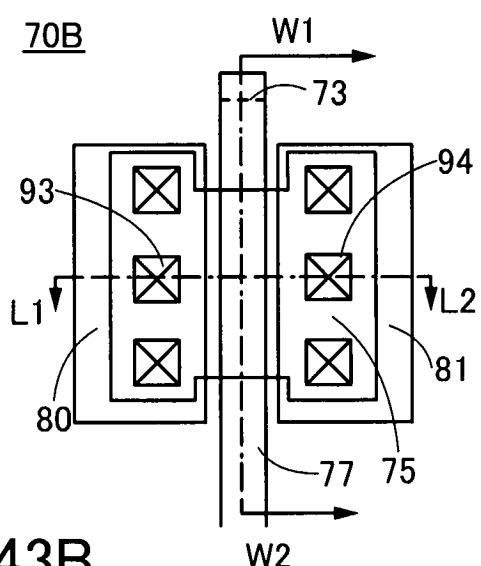


FIG. 43B

Querschnittsansicht entlang
der Kanallängsrichtung

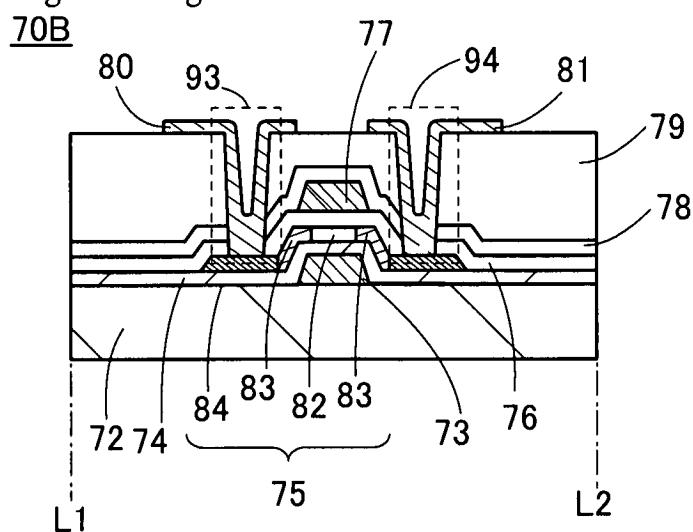


FIG. 43C

Querschnittsansicht entlang
der Kanalbreitenrichtung

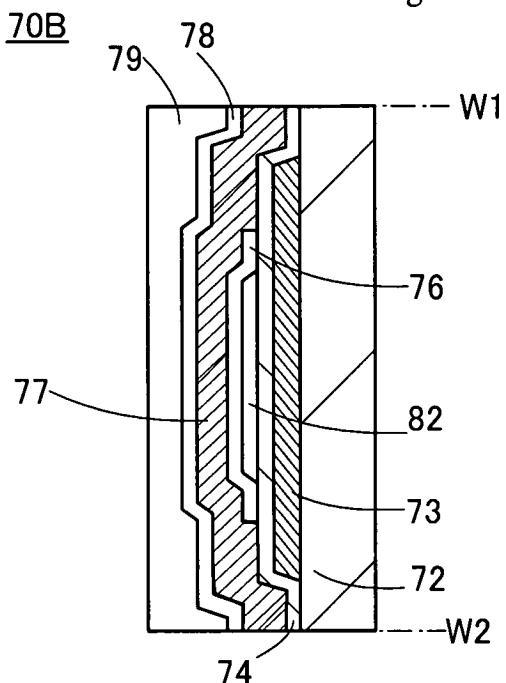


FIG. 44A

FIG. 44C

Querschnittsansicht entlang
der Kanalbreitenrichtung

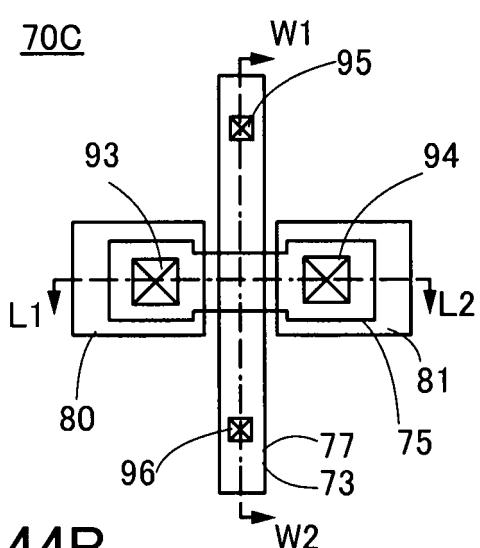
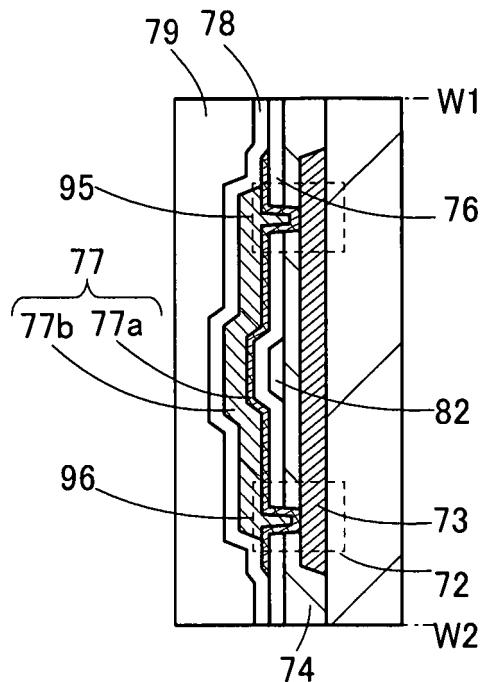


FIG. 44B

Querschnittsansicht entlang
der Kanallängsrichtung



70C

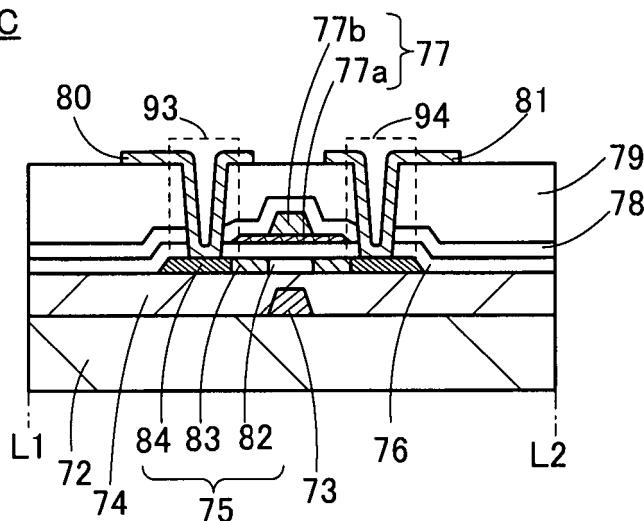


FIG. 45A

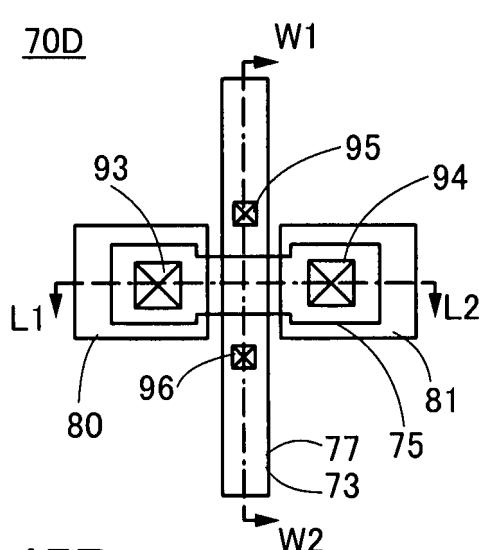


FIG. 45B

Querschnittsansicht entlang
der Kanallängsrichtung

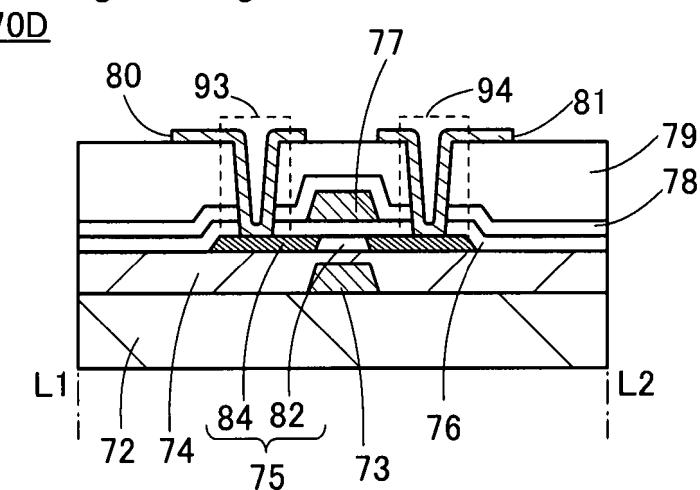


FIG. 45C

Querschnittsansicht entlang
der Kanalbreitenrichtung

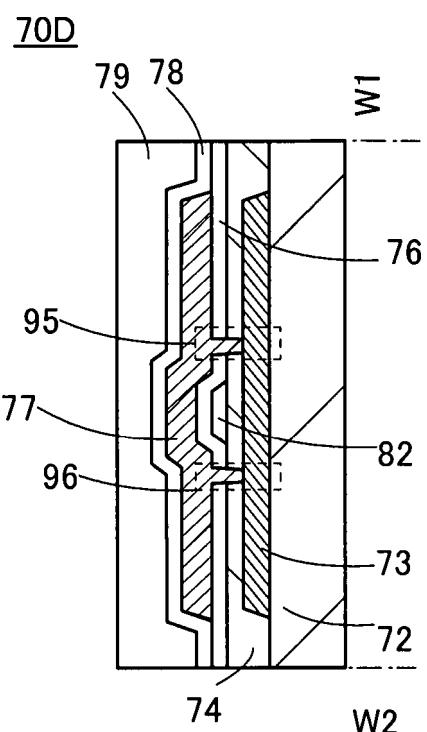


FIG. 46A

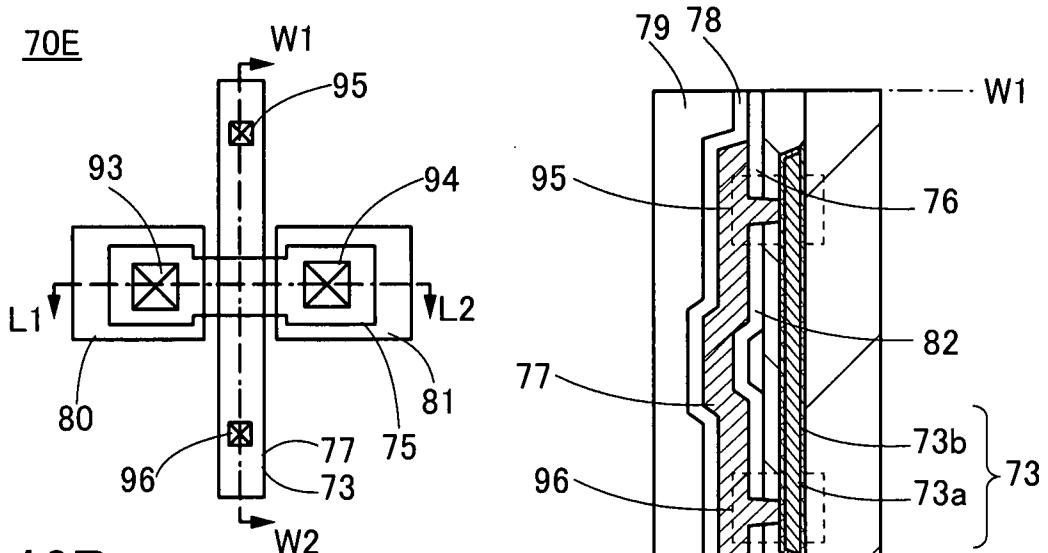


FIG. 46C

Querschnittsansicht entlang
der Kanalbreitenrichtung
70E

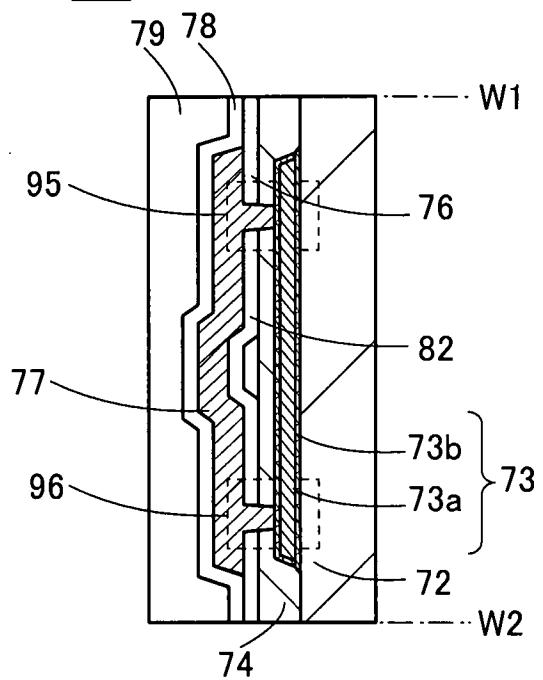


FIG. 46B

Querschnittsansicht entlang
der Kanallängsrichtung
70E

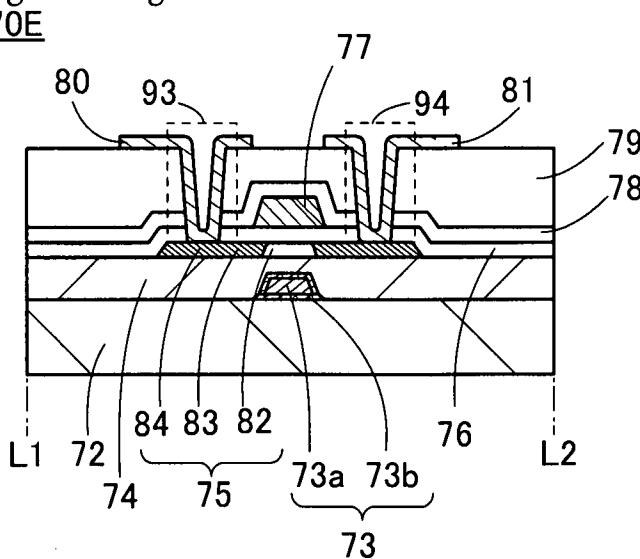


FIG. 47A

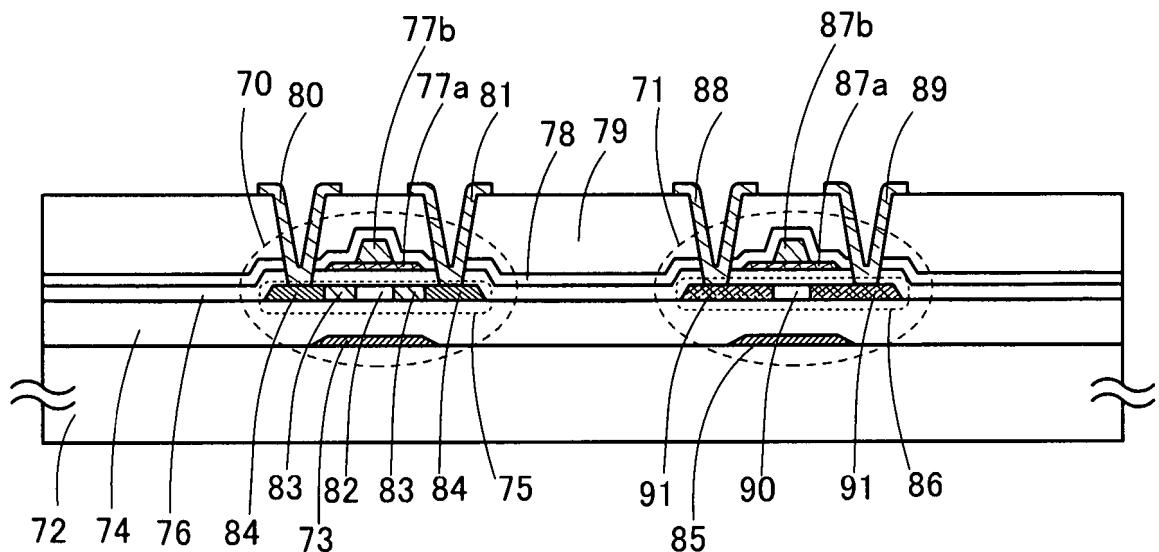


FIG. 47B

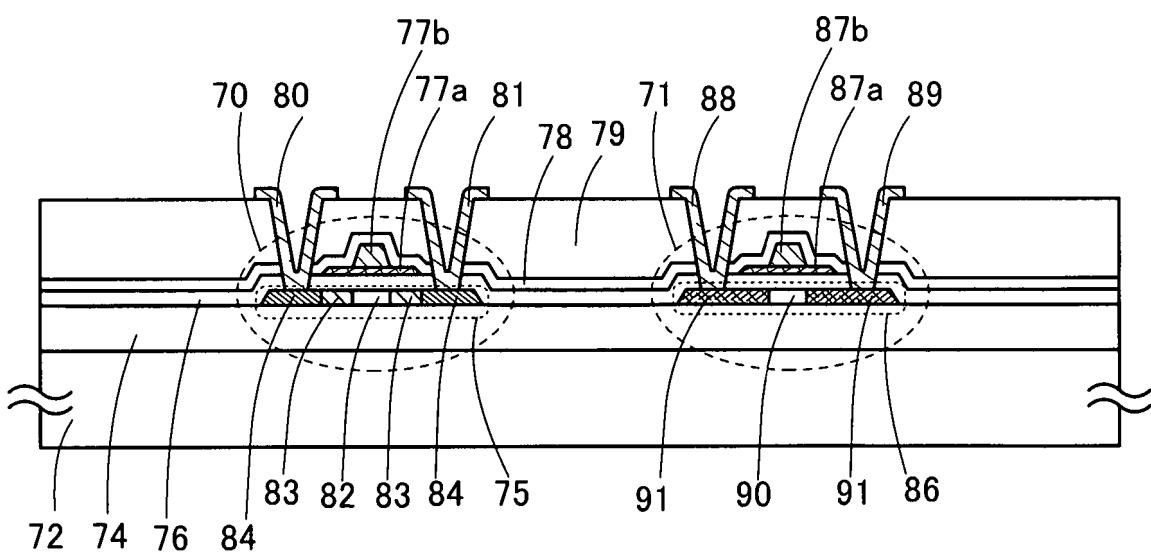


FIG. 48A

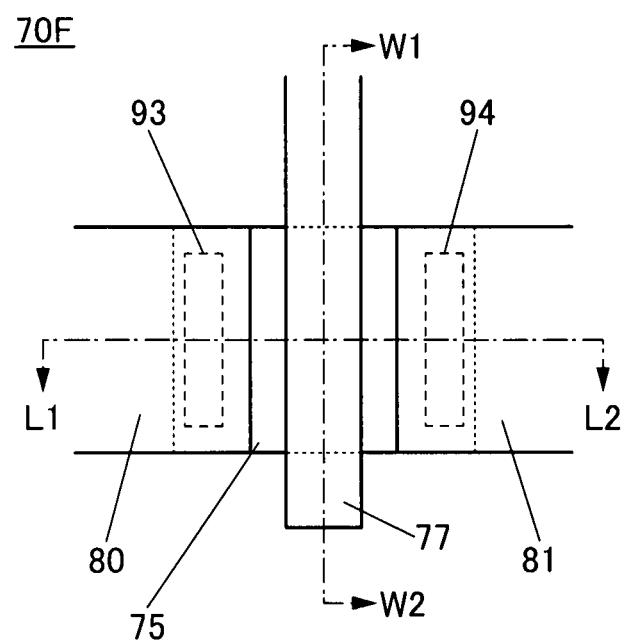


FIG. 48C

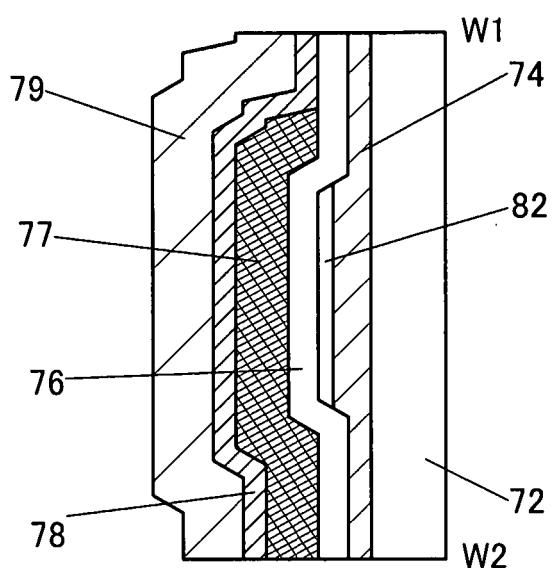


FIG. 48B

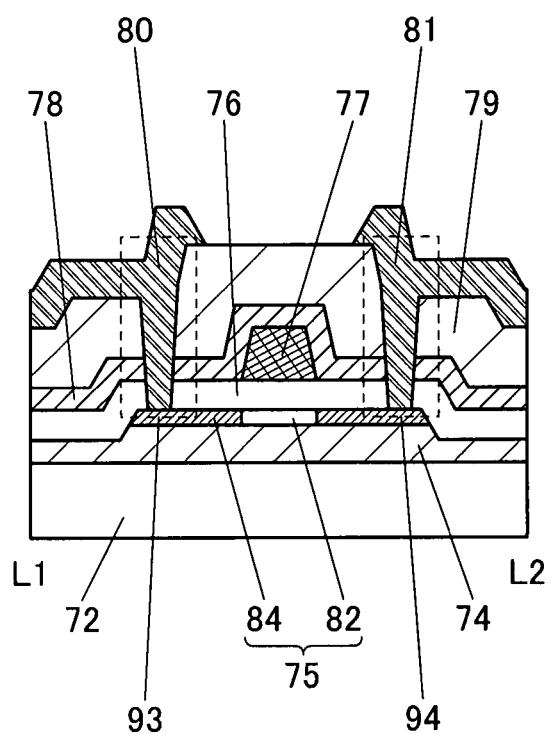


FIG. 49A

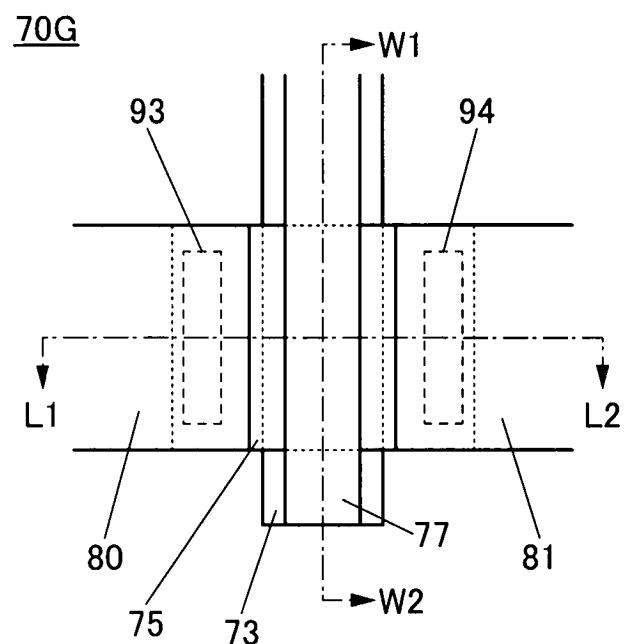


FIG. 49C

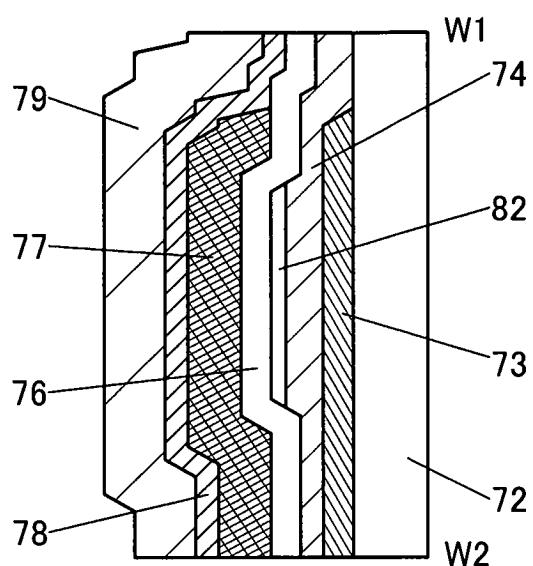


FIG. 49B

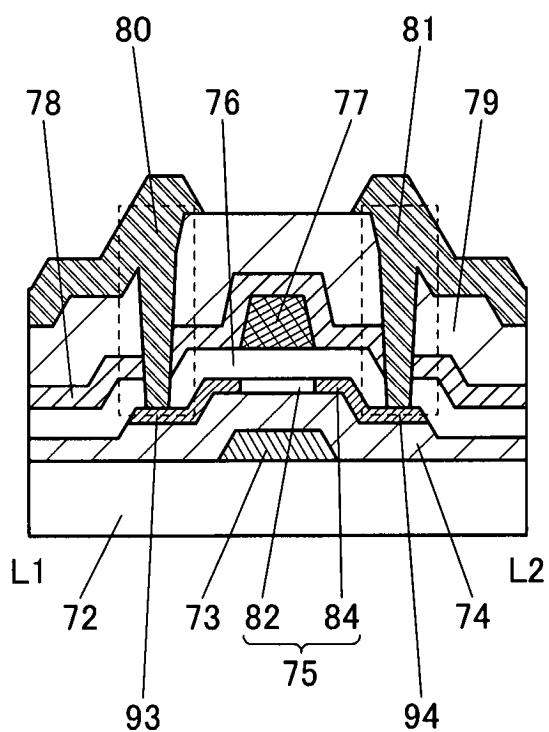


FIG. 50

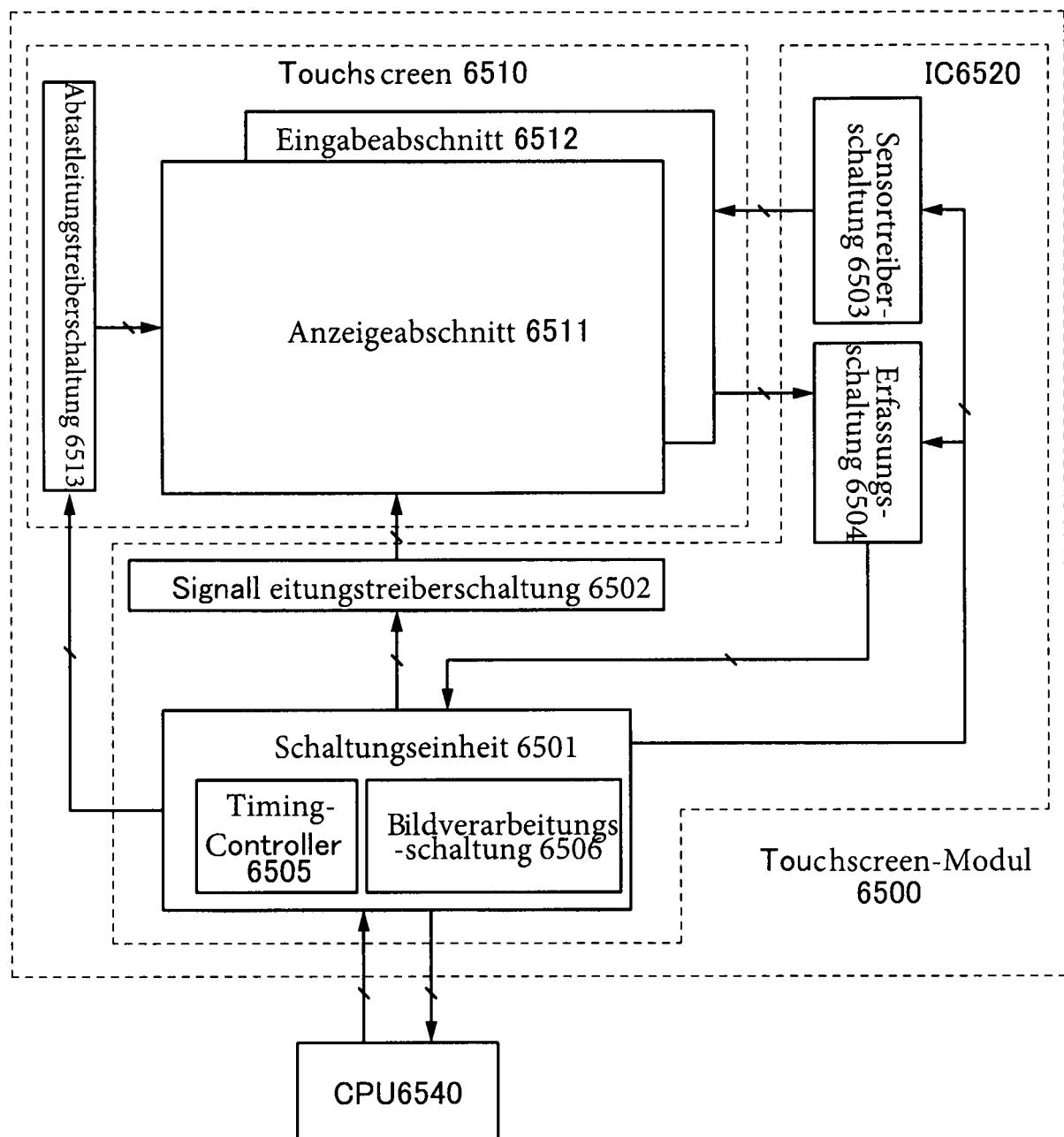


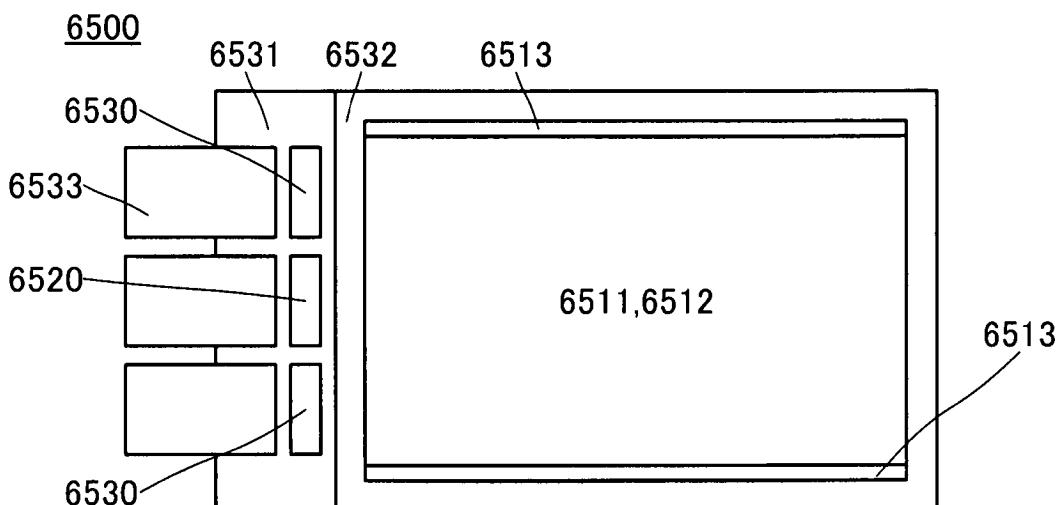
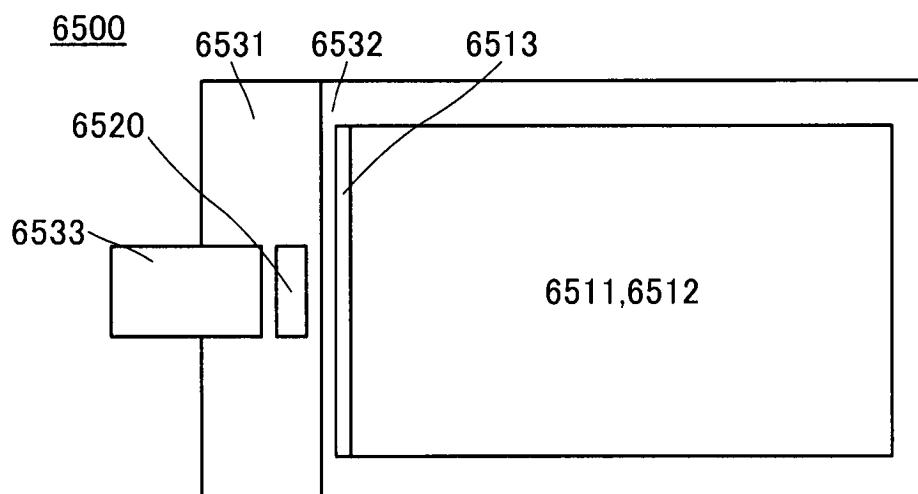
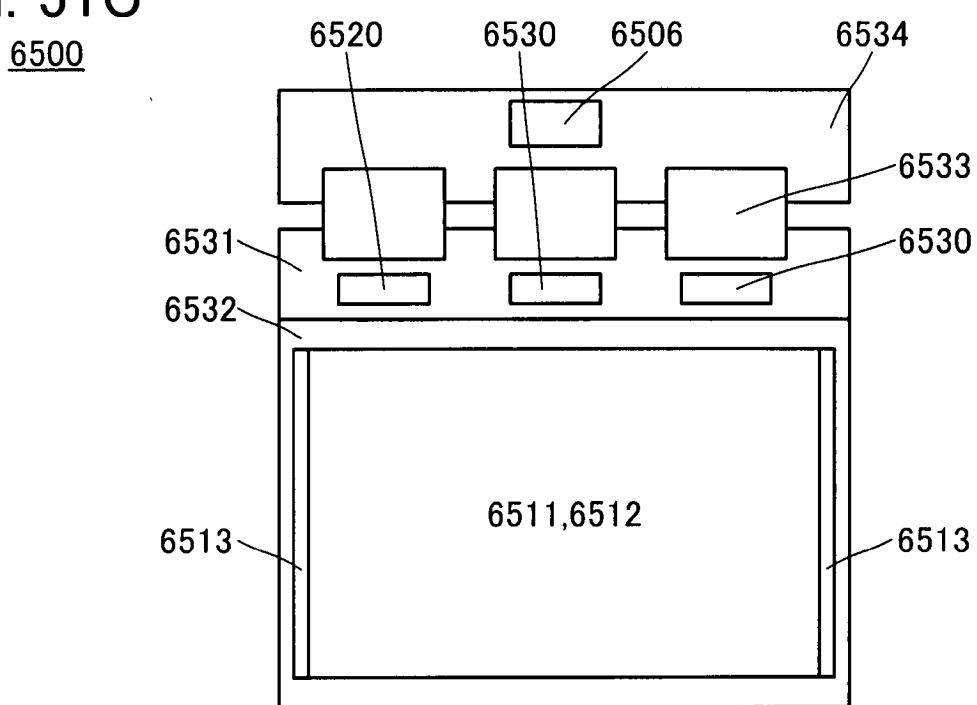
FIG. 51A**FIG. 51B****FIG. 51C**

FIG. 52

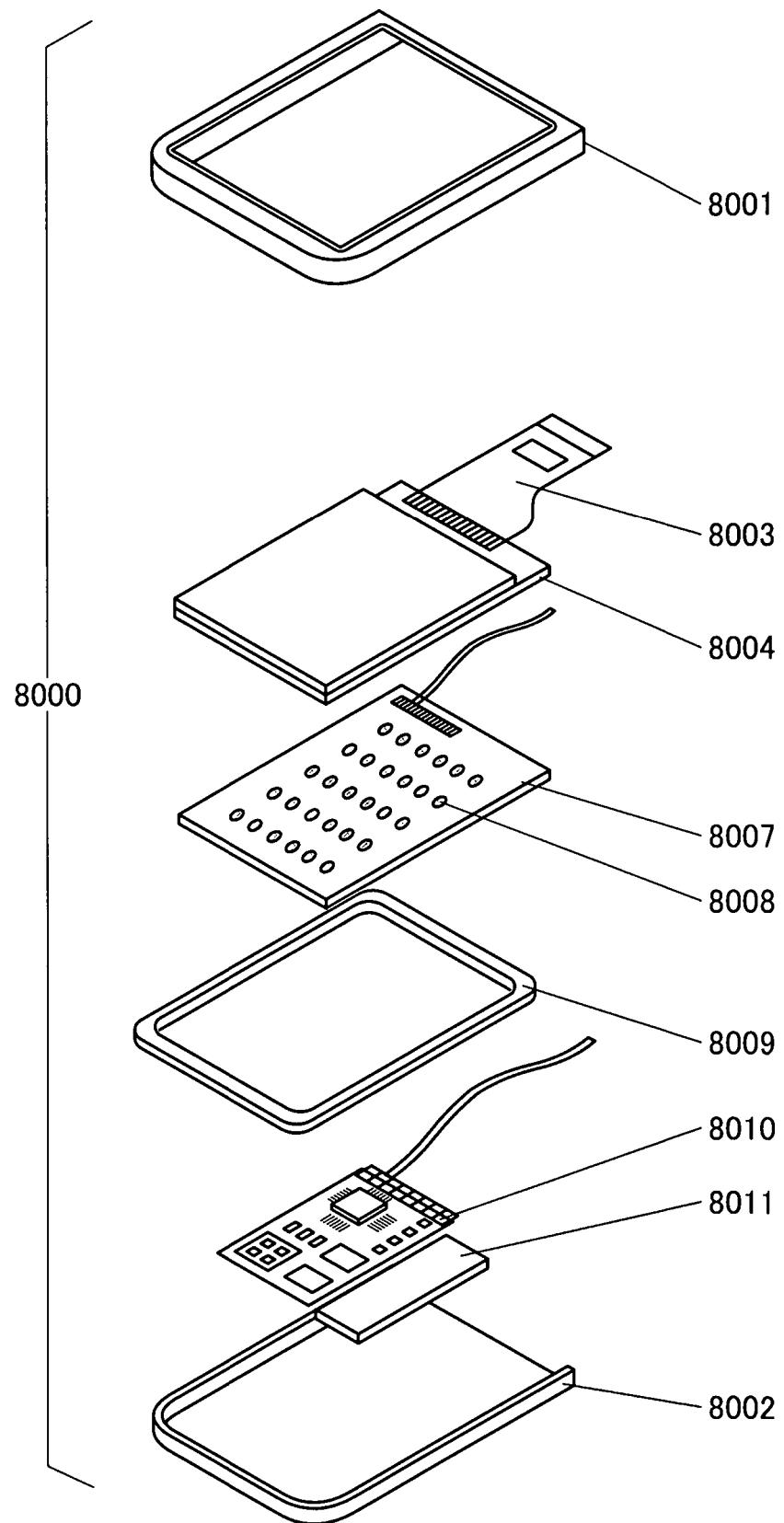


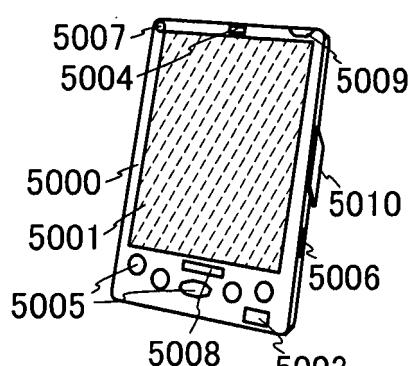
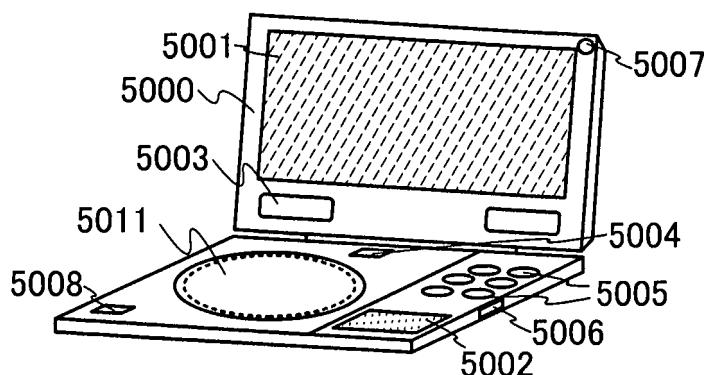
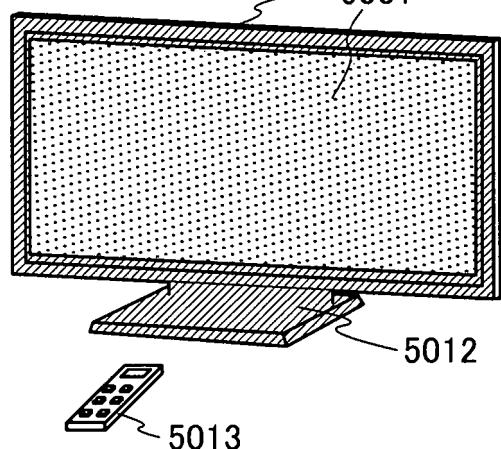
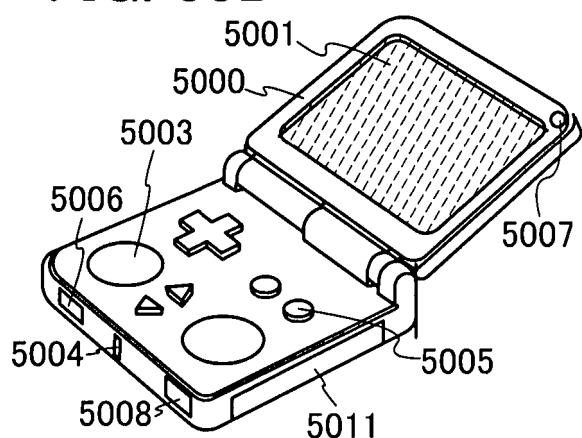
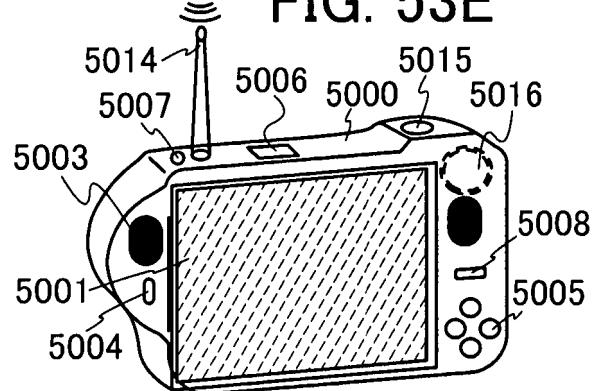
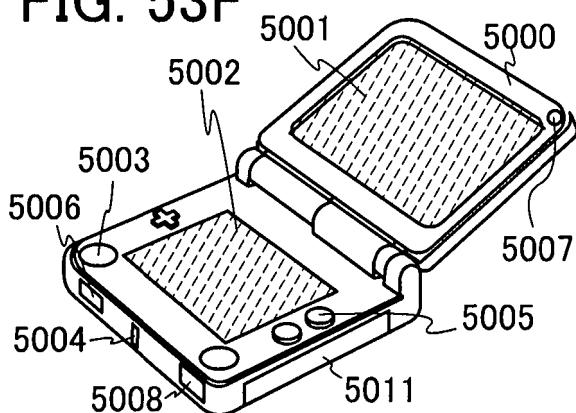
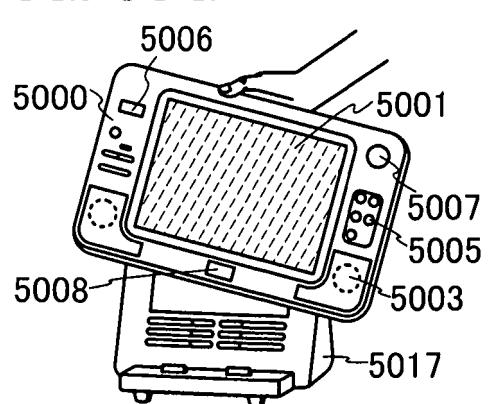
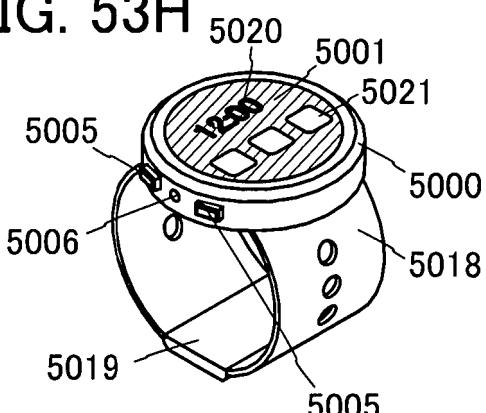
FIG. 53A**FIG. 53B****FIG. 53C****FIG. 53D****FIG. 53E****FIG. 53F****FIG. 53G****FIG. 53H**

FIG. 54A

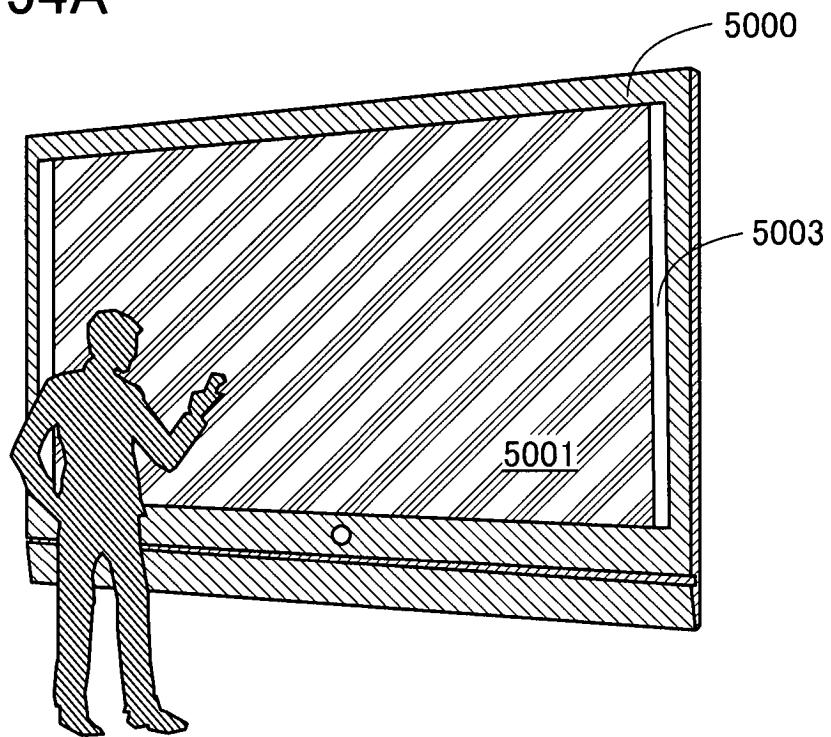


FIG. 54B

