



(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: 10 2013 216 824.1
(22) Anmeldetag: 23.08.2013
(43) Offenlegungstag: 06.03.2014
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 17.10.2024

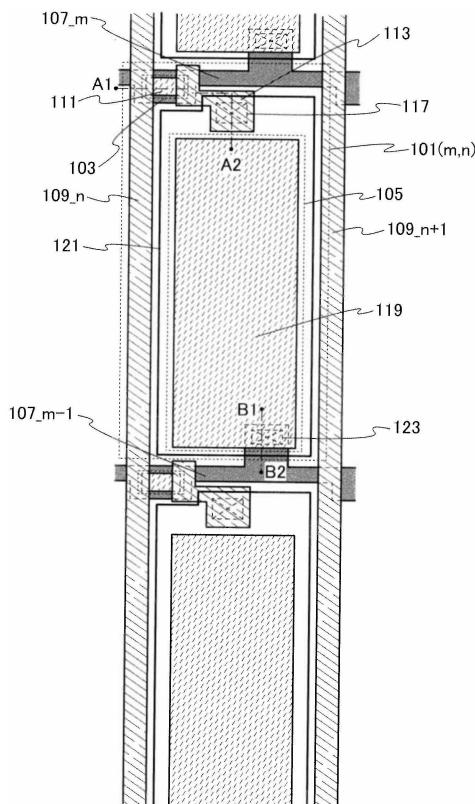
(51) Int Cl.: **G02F 1/1368** (2006.01)
G02F 1/1362 (2006.01)
H01L 27/12 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität: 2012-188010 28.08.2012 JP 2013-053989 15.03.2013 JP	(74) Vertreter: Grünecker Patent- und Rechtsanwälte PartG mbB, 80802 München, DE
(62) Teilung in: 10 2013 022 745.3	(72) Erfinder: Miyake, Hiroyuki, Atsugi-shi, Kanagawa-ken, JP; Yamazaki, Shunpei, Atsugi-shi, Kanagawa-ken, JP
(73) Patentinhaber: Semiconductor Energy Laboratory Co., Ltd., Atsugi-shi, Kanagawa-ken, JP	(56) Ermittelter Stand der Technik:
	US 2012 / 0 062 811 A1 JP S62- 10 619 A

(54) Bezeichnung: **Halbleitervorrichtung**

(57) Hauptanspruch: Halbleitervorrichtung, die umfasst:
eine Signalleitung (109_n);
eine erste Abtastleitung (107_m);
eine zweite Abtastleitung (107_m-1);
einen ersten Transistor (103), der eine Source, einen Drain und ein Gate umfasst;
einen zweiten Transistor, der eine Source, einen Drain und ein Gate umfasst;
eine Pixelelektrode (121); und
einen Kondensator (105), der eine Elektrode (119) und die Pixelelektrode (121) über der Elektrode (119) umfasst, wobei die Source oder der Drain des ersten Transistors (103) elektrisch mit der Pixelelektrode (121) verbunden ist, wobei die erste Abtastleitung (107_m) elektrisch mit dem Gate des ersten Transistors (103) verbunden ist, wobei die Signalleitung (109_n) elektrisch mit der/dem anderen von Source und Drain des ersten Transistors (103) und der Source oder dem Drain des zweiten Transistors verbunden ist, wobei die zweite Abtastleitung (107_m-1) elektrisch mit dem Gate des zweiten Transistors und der Elektrode des Kondensators (105) verbunden ist, und wobei die Elektrode (119) des Kondensators (105) einen Oxidfilm umfasst, der Indium und Zink umfasst.



Beschreibung

Hintergrund der Erfindung

1. Gebiet der Erfindung

[0001] Die Erfindung, die in dieser Beschreibung und dergleichen offenbart ist, betrifft Halbleitervorrichtungen.

2. Beschreibung des Standes der Technik

[0002] In den letzten Jahren sind Flachbildanzeigen wie z. B. Flüssigkristallanzeigen weithin verbreitet worden. In jedem der Pixel, die in der Zeilenrichtung und in der Spaltenrichtung in einer Anzeigevorrichtung wie z. B. in einer Flachbildanzeige angeordnet sind, sind ein Transistor, der als Schaltelement dient, ein Flüssigkristallelement, das elektrisch mit dem Transistor verbunden ist, und ein Kondensator, der mit dem Flüssigkristallelement parallel verbunden ist, angeordnet.

[0003] Als Halbleitermaterial zum Ausbilden eines Halbleiterfilms des Transistors wird im Allgemeinen ein Siliziumhalbleiter wie z. B. amorphes Silizium oder Polysilizium (polykristallines Silizium) verwendet.

[0004] Außerdem können Metalloxide mit Halbleitereigenschaften (nachstehend als Oxidhalbleiter bezeichnet) für Halbleiterfilme von Transistoren verwendet werden. Beispielsweise sind Techniken zum Ausbilden von Transistoren, die Zinkoxid oder einen Oxidhalbleiter auf In-Ga-Zn-Basis aufweisen, offenbart (siehe Patentdokumente 1 und 2).

[Referenz]

[Patentdokument]

[Patentdokument 1] Japanische Patentoffenlegungsschrift Nr. JP 2007-123861 A

[Patentdokument 2] Japanische Patentoffenlegungsschrift Nr. JP 2007-096055 A

Zusammenfassung der Erfindung

[0005] In einem Kondensator ist ein dielektrischer Film zwischen einem Paar von Elektroden angeordnet, wobei zumindest eine des Paares von Elektroden häufig unter Verwendung eines leitenden, lichtundurchlässigen Films zum Ausbilden einer Gate-Elektrode, einer Source-Elektrode, einer Drain-Elektrode oder dergleichen eines Transistors ausgebildet ist.

[0006] Wenn der Kapazitätswert eines Kondensators erhöht wird, kann ein Zeitraum länger gemacht werden, während dessen die Ausrichtung von Flüssigkristallmolekülen eines Flüssigkristallelements konstant in dem Zustand, wenn ein elektrisches Feld daran angelegt wird, gehalten werden kann. Wenn dieser Zeitraum in einer anzeigenden Anzeigevorrichtung länger gemacht werden kann, kann die Häufigkeit des Vorgangs zum nochmaligen Schreiben der Bilddaten verringert werden, was zur Verringerung des Leistungsverbrauchs führt.

[0007] Bei einem der Verfahren zum Erhöhen der Kapazität eines Kondensators wird die Fläche des Kondensators vergrößert, insbesondere wird die Fläche eines Bereichs vergrößert, wo ein Paar von Elektroden einander überlappt. Jedoch wird dann, wenn die Fläche eines leitenden Lichtsperrfilms vergrößert wird, um die Fläche eines Bereichs zu vergrößern, wo ein Paar von Elektroden einander überlappt, das Öffnungsverhältnis (aperture ratio) eines Pixels reduziert und somit verschlechtert sich die Anzeigqualität eines Bildes.

[0008] Angesichts des Obigen ist eine Aufgabe einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, eine Hableitervorrichtung bereitzustellen, die ein hohes Öffnungsverhältnis hat und einen Kondensator beinhaltet, der eine höhere Kapazität aufweisen kann. Eine weitere Aufgabe ist, eine Hableitervorrichtung bereitzustellen, die ein hohes Öffnungsverhältnis hat, einen Kondensator beinhaltet, der eine höhere Kapazität aufweisen kann, und geringe Leistung verbraucht.

[0009] Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist eine Halbleitervorrichtung, bei der Pixel in der Zeilenrichtung und in der Spaltenrichtung angeordnet sind. Jedes der Pixel beinhaltet einen Transistor und

einen lichtdurchlässigen Kondensator. Eine eines Paars von Elektroden, die in dem Kondensator enthalten sind, ist elektrisch mit einer Abtastleitung (scan line) verbunden, die in einem in der Zeilenrichtung benachbarten Pixel enthalten ist.

[0010] Eine Elektrode des Kondensators kann aus einem Halbleiterfilm mit einer lichtdurchlässigen Eigenschaft ausgebildet werden. Der Halbleiterfilm mit einer lichtdurchlässigen Eigenschaft kann beispielsweise aus einem Oxidhalbleiter ausgebildet werden, der eine Energiefülle von größer als oder gleich 3,0 eV hat und eine hohe Durchlässigkeit für sichtbares Licht hat.

[0011] Der lichtdurchlässige Kondensator kann durch Anwenden eines Herstellungsprozesses des Transistors hergestellt werden. Eine Elektrode des Kondensators kann durch Anwenden eines Herstellungsprozesses eines Halbleiterfilms des Transistors ausgebildet werden. Ein Oxidhalbleiterfilm kann als Halbleiterfilm des Transistors verwendet werden, und ein Transistor, der einen angemessen verarbeiteten Oxidhalbleiterfilm aufweist, hat einen sehr kleinen Sperrstrom (off-state current). Deswegen kann der Leistungsverbrauch einer Halbleitervorrichtung, die einen derartigen Transistor beinhaltet, reduziert werden.

[0012] Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist eine Halbleitervorrichtung, die Pixel beinhaltet, die durch x (x ist eine ganze Zahl, die 2 oder größer ist) Abtastleitungen und y (y ist eine ganze Zahl, die 1 oder größer ist) Signalleitungen festgelegt sind, und jedes der Pixel beinhaltet einen Transistor und einen Kondensator. Der Transistor beinhaltet einen Halbleiterfilm mit einer lichtdurchlässigen Eigenschaft. Der Kondensator beinhaltet einen dielektrischen Film zwischen einem Paar von Elektroden und ist elektrisch mit dem Transistor verbunden. In dem Kondensator zwischen einer (m-1)-ten (m ist eine ganze Zahl, die 2 oder größer und x oder kleiner ist) Abtastleitung und einer m-ten Abtastleitung dient ein Halbleiterfilm auf derselben Oberfläche wie der Halbleiterfilm mit einer lichtdurchlässigen Eigenschaft des Transistors als eine des Paars von Elektroden und ist elektrisch mit der (m-1)-ten Abtastleitung verbunden.

[0013] Der dielektrische Film des Kondensators kann durch Anwenden eines Herstellungsprozesses eines Isolierfilms ausgebildet werden, der über dem Halbleiterfilm des Transistors angeordnet ist. Die andere Elektrode des Kondensators kann durch Anwenden eines Herstellungsprozesses einer Pixelelektrode ausgebildet werden, die elektrisch mit dem Transistor verbunden ist.

[0014] Mit anderen Worten: die Halbleitervorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beinhaltet eine Pixelelektrode, die elektrisch mit dem Transistor verbunden ist. Die Pixelelektrode dient als die andere des Paars von Elektroden, und ein Isolierfilm über dem Halbleiterfilm des Transistors mit einer lichtdurchlässigen Eigenschaft dient als dielektrischer Film.

[0015] Mit einer derartigen Struktur hat der Kondensator eine lichtdurchlässige Eigenschaft und kann somit groß (in einer großen Fläche) in einem Bereich des Pixels, in dem der Transistor nicht ausgebildet ist, ausgebildet werden. Folglich kann eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung eine Halbleitervorrichtung bereitstellen, deren Öffnungsverhältnis und Kapazität erhöht sind. Darüber hinaus kann eine Erhöhung des Öffnungsverhältnisses eine Halbleitervorrichtung mit ausgezeichneter Anzeigqualität bereitstellen. Es sei angemerkt, dass bei der Halbleitervorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung die Abtastleitung in dem in der Zeilenrichtung benachbarten Pixel auch als eine Leitung (Kondensatorleitung) zum Zuführen eines Potentials zu einer Elektrode des Kondensators dient. Im Ergebnis muss eine Kondensatorleitung nicht zusätzlich in dem Pixel angeordnet sein; dadurch kann das Öffnungsverhältnis des Pixels höher als dasjenige einer herkömmlichen Halbleitervorrichtung sein.

[0016] In der Halbleitervorrichtung kann dann, wenn der Isolierfilm über dem Halbleiterfilm des Transistors ein Stapel aus einem Oxidisolierfilm und einem Nitridisolierfilm ist, der dielektrische Film des Kondensators ein Stapel aus dem Oxidisolierfilm und dem Nitridisolierfilm sein.

[0017] In dem Fall, in dem der Isolierfilm über dem Halbleiterfilm des Transistors ein Stapel aus einem Oxidisolierfilm und einem Nitridisolierfilm ist, wird der Oxidisolierfilm nur in einem Bereich über dem Kondensator entfernt, so dass der dielektrische Film des Kondensators eine einzige Schicht aus dem Nitridisolierfilm sein kann. Mit anderen Worten: der Nitridisolierfilm steht in Kontakt mit dem Oxidhalbleiterfilm, der als eine Elektrode des Kondensators dient. Mit einer Struktur, bei der ein Nitridisolierfilm in Kontakt mit einem Oxidhalbleiterfilm steht, wird ein Defektniveau (Grenzflächenzustand bzw. interface state) an der Grenzfläche zwischen dem Nitridisolierfilm und dem Oxidhalbleiterfilm gebildet. Wenn der Nitridisolierfilm durch ein Plasma-CVD-Verfahren oder ein Sputterverfahren ausgebildet wird, wird der Halbleiterfilm einem Plasma ausgesetzt; deshalb werden Sauerstofffehlstellen erzeugt. Des Weiteren bewegen sich Stickstoff und/oder Wasserstoff in

dem Nitridisolierfilm zu dem Halbleiterfilm hin. Wenn Wasserstoff in dem Nitridisolierfilm in die Defektniveaus oder die Sauerstofffehlstellen eintritt, werden als Ladungsträger dienende Elektronen erzeugt. Folglich wird die elektrische Leitfähigkeit des Halbleiterfilms erhöht, und der Halbleiterfilm hat eine Leitfähigkeit vom N-Typ und dient als leitender Film. Die Leitfähigkeit des Oxidhalbleiterfilms wird erhöht, so dass der Oxidhalbleiterfilm ausreichend und leicht als eine Elektrode des Kondensators dienen kann. Da der dielektrische Film dünn gemacht werden kann, kann die Kapazität des Kondensators erhöht werden.

[0018] Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist eine Halbleitervorrichtung, die Pixel beinhaltet, die durch x (x ist eine ganze Zahl, die 2 oder größer ist) Abtastleitungen und y (y ist eine ganze Zahl, die 1 oder größer ist) Signalleitungen festgelegt sind, und jedes der Pixel beinhaltet einen Transistor und einen Kondensator. Der Transistor beinhaltet einen Halbleiterfilm mit einer lichtdurchlässigen Eigenschaft. Der Kondensator beinhaltet einen dielektrischen Film zwischen einem Paar von Elektroden. In dem Transistor liegt ein Isolierfilm, der einen Stapel aus einem Oxidisolierfilm und einem Nitridisolierfilm aufweist, über dem Halbleiterfilm mit einer lichtdurchlässigen Eigenschaft. In dem Kondensator zwischen einer (m-1)-ten (m ist eine ganze Zahl, die 2 oder größer ist und x oder kleiner ist) Abtastleitung und einer m-ten Abtastleitung dient ein Halbleiterfilm auf derselben Oberfläche wie der Halbleiterfilm mit einer lichtdurchlässigen Eigenschaft des Transistors als eine des Paars von Elektroden und ist elektrisch mit der (m-1)-ten Abtastleitung verbunden. Der Nitridisolierfilm in dem Isolierfilm dient als dielektrischer Film.

[0019] Auch dient in der Halbleitervorrichtung eine Pixelelektrode, die elektrisch mit dem Transistor verbunden ist, als die andere des Paars von Elektroden.

[0020] Ein Oxidhalbleiterfilm, der als eine Elektrode des Kondensators dient, kann in direktem Kontakt mit einer Abtastleitung, die als Kondensatorleitung dient und in dem benachbarten Pixel enthalten ist, angeordnet sein; somit ist der Oxidhalbleiterfilm elektrisch mit der Abtastleitung verbunden. Alternativ kann der Oxidhalbleiterfilm, der als eine Elektrode dient, elektrisch mit der Abtastleitung über einen leitenden Film verbunden sein, der in einem Prozess zum Ausbilden einer Source-Elektrode oder einer Drain-Elektrode des Transistors ausgebildet wird.

[0021] Im Besonderen kann der leitende Film in Kontakt mit einem Endbereich des Oxidhalbleiterfilms, der als eine Elektrode dient, bereitgestellt werden. Beispielsweise kann der leitende Film in Kontakt mit dem Oxidhalbleiterfilm entlang dessen Außenperipherie angeordnet sein. Mit einer derartigen Struktur kann die Leitfähigkeit des Oxidhalbleiterfilms erhöht werden. Der Oxidhalbleiterfilm kann leicht durch das Erhöhen dessen Leitfähigkeit als eine Elektrode des Kondensators dienen.

[0022] In der Halbleitervorrichtung ist der Oxidhalbleiterfilm, der als eine Elektrode des Kondensators dient, vorzugsweise vom N-Typ, und seine elektrische Leitfähigkeit wird vorzugsweise erhöht. Mit anderen Worten: eine Elektrode des Kondensators ist vorzugsweise ein Oxidhalbleiterfilm vom N-Typ, der auf derselben Oberfläche wie der Oxidhalbleiterfilm des Transistors liegt, und beinhaltet einen Bereich, dessen elektrische Leitfähigkeit höher als diejenige des Oxidhalbleiterfilms gemacht ist. Mit einer derartigen Struktur kann der Oxidhalbleiterfilm ausreichend und leicht als eine Elektrode des Kondensators dienen. Ferner kann der Kondensator stabil im ganzen Betriebszeitraum arbeiten.

[0023] Damit der Oxidhalbleiterfilm die Leitfähigkeit vom N-Typ haben kann und seine elektrische Leitfähigkeit erhöht werden kann, werden beispielsweise ein oder mehrere Elemente, die aus Bor, Stickstoff, Fluor, Aluminium, Phosphor, Arsen, Indium, Zinn, Antimon und einem Edelgaselement ausgewählt werden, vorzugsweise dem Oxidhalbleiterfilm zugesetzt. Ein beliebiges der obigen Elemente kann dem Oxidhalbleiterfilm durch ein Ionenimplantationsverfahren, ein Ionendotierungsverfahren oder dergleichen, oder durch Aussetzen des Oxidhalbleiterfilms an ein Plasma, das das beliebige der obigen Elemente enthält, zugesetzt werden. In diesem Fall ist die elektrische Leitfähigkeit des Oxidhalbleiterfilms, der als eine Elektrode des Kondensators dient, höher als oder gleich 10 S/cm und niedriger als oder gleich 1000 S/cm, bevorzugt höher als oder gleich 100 S/cm und niedriger als oder gleich 1000 S/cm.

[0024] Es sei angemerkt, dass mit einer Struktur, bei der ein Oxidhalbleiterfilm, der als eine Elektrode eines Kondensators dient, wie in der vorstehenden Halbleitervorrichtung in Kontakt mit einem Nitridisolierfilm steht, ein Schritt zum Zusetzen eines der vorstehenden Elemente durch ein Ionenimplantationsverfahren, ein Ionendotierungsverfahren oder dergleichen ausgelassen werden kann. Somit kann die Ausbeute einer Halbleitervorrichtung verbessert werden, und deren Herstellungskosten können reduziert werden.

[0025] In dem Fall, in dem der Isolierfilm, der über dem Oxidhalbleiterfilm des Transistors in der Halbleitervorrichtung angeordnet ist, ein Stapel aus einem Oxidisolierfilm und einem Nitridisolierfilm ist, ist zu es bevorzugen, dass der Oxidisolierfilm nicht leicht Stickstoff durchlässt, d. h., eine Barriereeigenschaft gegen Stickstoff aufweist.

[0026] Mit einer derartigen Struktur kann es verhindert werden, dass Stickstoff in den Oxidhalbleiterfilm des Transistors diffundiert; somit können Schwankungen der elektrischen Eigenschaften des Transistors verhindert werden. Folglich kann die Zuverlässigkeit der Halbleitervorrichtung verbessert werden.

[0027] Es sei angemerkt, dass ein Verfahren zum Herstellen einer Halbleitervorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung auch eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist.

[0028] Entsprechend einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann eine Halbleitervorrichtung bereitgestellt werden, die einen Kondensator beinhaltet, deren Kapazität erhöht wird, während das Öffnungsverhältnis verbessert wird. Ferner kann eine Hableitervorrichtung bereitgestellt werden, die ein hohes Öffnungsverhältnis und geringen Leistungsverbrauch hat und einen Kondensator mit hoher Kapazität beinhaltet.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Fig. 1A ist ein Diagramm, das eine Halbleitervorrichtung zeigt, und **Fig. 1B** ist ein Schaltplan eines Pixels.

Fig. 2 ist ein Diagramm, das die Beziehung zwischen der Spannung und Kapazität eines Kondensators in einer Halbleitervorrichtung zeigt.

Fig. 3 ist ein Zeitdiagramm zum Zeigen eines Betriebsverfahrens eines Kondensators in einer Halbleitervorrichtung.

Fig. 4A und **Fig. 4B** sind Diagramme zum Zeigen eines Betriebsverfahrens eines Kondensators in einer Halbleitervorrichtung.

Fig. 5 ist eine Draufsicht, die eine Halbleitervorrichtung zeigt.

Fig. 6 ist eine Querschnittsansicht, die eine Halbleitervorrichtung zeigt.

Fig. 7A und **Fig. 7B** sind Querschnittsansichten, die ein Verfahren zum Herstellen einer Halbleitervorrichtung zeigen.

Fig. 8A und **Fig. 8B** sind Querschnittsansichten, die ein Verfahren zum Herstellen einer Halbleitervorrichtung zeigen.

Fig. 9 ist eine Draufsicht, die eine Halbleitervorrichtung zeigt.

Fig. 10A und **Fig. 10B** sind Querschnittsansichten, die eine Halbleitervorrichtung zeigen.

Fig. 11 ist eine Draufsicht, die eine Halbleitervorrichtung zeigt.

Fig. 12 ist eine Draufsicht, die eine Halbleitervorrichtung zeigt.

Fig. 13A und **Fig. 13B** sind Querschnittsansichten, die eine Halbleitervorrichtung zeigen.

Fig. 14 ist eine Draufsicht, die eine Halbleitervorrichtung zeigt.

Fig. 15 ist eine Querschnittsansicht, die einen Transistor zeigt, der in einer Halbleitervorrichtung eingesetzt werden kann.

Fig. 16 ist eine Querschnittsansicht, die einen Transistor zeigt, der in einer Halbleitervorrichtung eingesetzt werden kann.

Fig. 17 ist eine Querschnittsansicht, die einen Transistor zeigt, der in einer Halbleitervorrichtung eingesetzt werden kann.

Fig. 18 ist eine Draufsicht, die eine Halbleitervorrichtung zeigt.

Fig. 19 ist eine Querschnittsansicht, die eine Halbleitervorrichtung zeigt.

Fig. 20A und **Fig. 20B** sind Querschnittsansichten, die ein Verfahren zum Herstellen einer Halbleitervorrichtung zeigen.

Fig. 21 ist eine Querschnittsansicht, die ein Verfahren zum Herstellen einer Halbleitervorrichtung zeigt.

Fig. 22 ist eine Querschnittsansicht, die eine Halbleitervorrichtung zeigt.

Fig. 23 ist eine Draufsicht, die eine Halbleitervorrichtung zeigt.

Fig. 24 ist eine Querschnittsansicht, die eine Halbleitervorrichtung zeigt.

Fig. 25A und **Fig.** 25B sind Querschnittsansichten, die ein Verfahren zum Herstellen einer Halbleitervorrichtung zeigen.

Fig. 26A und **Fig.** 26B sind Querschnittsansichten, die ein Verfahren zum Herstellen einer Halbleitervorrichtung zeigen.

Fig. 27 ist eine Querschnittsansicht, die einen Transistor zeigt, der in einer Halbleitervorrichtung eingesetzt werden kann.

Fig. 28A bis **Fig.** 28C sind Draufsichten, die jeweils eine Halbleitervorrichtung zeigen.

Fig. 29 ist eine Querschnittsansicht, die eine Halbleitervorrichtung zeigt.

Fig. 30A und **Fig.** 30B sind eine Draufsicht und eine Querschnittsansicht, die einen Teil einer Abtastleitungstreberschaltung einer Halbleitervorrichtung zeigen.

Fig. 31A bis **Fig.** 31C sind eine Draufsicht und Querschnittsansichten, die jeweils einen gemeinsamen Verbindungsabschnitt einer Halbleitervorrichtung zeigen.

Fig. 32A bis **Fig.** 32C zeigen jeweils ein elektronisches Gerät, das eine Halbleitervorrichtung beinhaltet.

Fig. 33A bis **Fig.** 33C zeigen ein elektronisches Gerät, das eine Halbleitervorrichtung beinhaltet.

Fig. 34A bis **Fig.** 34D zeigen jeweils eine Struktur einer Probe.

Fig. 35 ist ein Diagramm zum Zeigen des Flächenwiderstandes.

Fig. 36A und **Fig.** 36B zeigen Ergebnisse von SIMS-Messungen.

Fig. 37A bis **Fig.** 37C zeigen Ergebnisse von ESR-Messungen.

Fig. 38 zeigt ein Ergebnis einer ESR-Messung.

Fig. 39 ist ein Diagramm, das den Flächenwiderstand zeigt.

Fig. 40 ist ein Diagramm, das den Flächenwiderstand zeigt.

Fig. 41A und **Fig.** 41B zeigen jeweils ein Körpermodell (bulk model) von InGaZnO₄.

Fig. 42A und **Fig.** 42B zeigen die Bildungsenergie und das thermodynamische Übergangsniveau von VoH.

Detaillierte Beschreibung der Erfindung

[0029] Ausführungsformen und Beispiele der vorliegenden Erfindung werden nachstehend detailliert anhand der begleitenden Zeichnungen beschrieben. Jedoch ist die vorliegende Erfindung nicht auf die folgende Beschreibung beschränkt, und es wird von einem Fachmann leicht verstanden, dass die Modi und Details auf verschiedene Weisen verändert werden können. Dazu sollte die vorliegende Erfindung nicht als auf die Beschreibung bei den folgenden Ausführungsformen und Beispielen beschränkt angesehen werden.

[0030] Es sei angemerkt, dass bei Strukturen der im Folgenden beschriebenen vorliegenden Erfindung dieselben Abschnitte oder Abschnitte, die ähnliche Funktionen aufweisen, in verschiedenen Zeichnungen durch dieselben Bezugszeichen gekennzeichnet werden, und dass die Beschreibung davon nicht wiederholt wird. Zudem wird dasselbe Schraffurmuster bei Abschnitten, die ähnliche Funktionen aufweisen, verwendet, und in einigen Fällen werden die Abschnitte nicht besonders mit Bezugszeichen bezeichnet.

[0031] Es sei angemerkt, dass in jeder Zeichnung in dieser Beschreibung die Größe, die Dicke eines Films oder der Bereich jedes Bestandteils in einigen Fällen der Klarheit halber übertrieben ist. Somit sind die Ausführungsformen und die Beispiele der vorliegenden Erfindung nicht auf solche Größenverhältnisse beschränkt.

[0032] Es sei angemerkt, dass die Ordinalzahlen wie z. B. „erster“ und „zweiter“ in dieser Beschreibung und dergleichen der Einfachheit halber verwendet werden und nicht die Reihenfolge von Schritten oder die Rei-

henfolge der gestapelten Schichten bezeichnen. Außerdem bezeichnen die Ordinalzahlen in dieser Beschreibung und dergleichen keine besonderen Namen, die die vorliegende Erfindung bestimmen.

[0033] Die Funktionen einer „Source“ und eines „Drains“ in der vorliegenden Erfindung werden manchmal miteinander vertauscht, z. B. wenn die Richtung des Stromflusses im Schaltungsbetrieb geändert wird. Daher können die Ausdrücke, „Source“ und „Drain“, in dieser Beschreibung auch verwendet werden, um entsprechend den Drain bzw. die Source zu bezeichnen.

[0034] Es sei angemerkt, dass eine Spannung einen Unterschied zwischen Potentialen von zwei Punkten bezeichnet, und dass ein Potential eine elektrostatische Energie (elektrische potentielle Energie) einer Einheitsladung (unit charge) an einem gegebenen Punkt in einem elektrostatischen Feld bezeichnet. Im Allgemeinen wird ein Unterschied zwischen einem Potential eines Punkts und einem Bezugspotential (z. B. einem Erdpotential) einfach ein Potential oder eine Spannung genannt, und ein Potential und eine Spannung werden in vielen Fällen als Synonyme verwendet. Deshalb kann in dieser Beschreibung ein Potential auch als eine Spannung ausgedrückt werden, und eine Spannung kann auch als Potential ausgedrückt werden, sofern nicht anders festgelegt.

[0035] In dieser Beschreibung wird in dem Fall, in dem eine Ätzbehandlung nach einem Photolithografieprozess durchgeführt wird, eine Maske, die in dem Photolithografieprozess ausgebildet worden ist, entfernt.

(Ausführungsform 1)

[0036] Bei dieser Ausführungsform wird eine Halbleitervorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung anhand von Zeichnungen beschrieben. Es sei angemerkt, dass bei dieser Ausführungsform eine Flüssigkristallanzeigevorrichtung als Beispiel für die Halbleitervorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben wird.

<Struktur einer Halbleitervorrichtung>

[0037] **Fig. 1A** zeigt ein Beispiel für eine Halbleitervorrichtung. Die Halbleitervorrichtung in **Fig. 1A** beinhaltet einen Pixelabschnitt 100, eine Abtastleitungstreiberschaltung 104, eine Signalleitungstreiberschaltung 106, x Abtastleitungen 107, die parallel oder im Wesentlichen parallel zueinander angeordnet sind und deren Potentiale von der Abtastleitungstreiberschaltung 104 gesteuert werden, und y Signalleitungen 109, die parallel oder im Wesentlichen parallel zueinander angeordnet sind und deren Potentiale von der Signalleitungstreiberschaltung 106 gesteuert werden. Es sei angemerkt, dass x eine ganze Zahl ist, die größer als oder gleich 2 ist, und y eine ganze Zahl ist, die größer als oder gleich 1 ist.

[0038] In dem Pixelabschnitt 100 sind Pixel 101, die die x Abtastleitungen 107 und die y Signalleitungen 109 beinhalten, in der Zeilenrichtung und in der Spaltenrichtung angeordnet. Mit anderen Worten: der Pixelabschnitt 100 beinhaltet die Pixel 101, die in einer Matrix aus x Zeilen und y Spalten angeordnet sind. In dieser Beschreibung, den Zeichnungen und dergleichen wird die m-te Abtastleitung als Abtastleitung 107_m dargestellt, die n-te Signalleitung wird durch eine Signalleitung 109_n dargestellt, und ein Pixel in einem Bereich, in dem die Abtastleitung 107_m und die Signalleitung 109_n einander kreuzen, wird durch ein Pixel 101 (m, n) dargestellt. Es sei angemerkt, dass m eine ganze Zahl ist, die größer als oder gleich 2 und kleiner als oder gleich x ist, und n eine ganze Zahl ist, die größer als oder gleich 1 und kleiner als oder gleich y ist.

[0039] Die Abtastleitung 107_m ist elektrisch mit den Pixeln 101 verbunden, die in der m-ten Zeile angeordnet sind. Die Signalleitung 109_n ist elektrisch mit den Pixeln 101 verbunden, die in der n-ten Spalte angeordnet sind.

[0040] Außerdem ist jedes der Pixel 101, die in der m-ten Zeile angeordnet sind, auch elektrisch mit einer Abtastleitung in einem in der Zeilenrichtung benachbarten Pixel verbunden. Insbesondere ist eine Abtastleitung 107_m-1 elektrisch mit den Pixeln 101, die in der (m-1)-ten Zeile angeordnet sind, und den Pixeln 101, die in der m-ten Zeile angeordnet sind, verbunden.

[0041] **Fig. 1B** ist ein Beispiel für einen Schaltplan des Pixels 101 (m, n) in der Halbleitervorrichtung in **Fig. 1A**. Das Pixel 101 (m, n) in **Fig. 1B** beinhaltet einen Transistor 103, einen Kondensator 105 und ein Flüssigkristallelement 108. Der Transistor 103 ist elektrisch mit der Abtastleitung 107_m und der Signalleitung 109_n verbunden. Eine Elektrode des Kondensators 105 ist elektrisch mit der Abtastleitung 107_m-1 verbunden, und die andere Elektrode des Kondensators 105 ist eine Pixelelektrode 121, die elektrisch mit dem Tran-

sistor 103 verbunden ist. In dem Flüssigkristallelement 108 ist eine Elektrode (Gegenelektrode), die der Pixelelektrode 121 entgegengesetzt ist, elektrisch mit einer Leitung zum Zuführen eines Gegenpotentials verbunden.

[0042] In dem Pixel 101 (m, n) dient die Abtastleitung 107_m-1 auch als Leitung (Kondensatorleitung) zum Zuführen eines Potentials zu einer Elektrode des Kondensators 105.

[0043] Ein Halbleiterfilm, der in dem Transistor 103 enthalten ist, ist ein Oxidhalbleiterfilm. Ein Transistor, der einen unter geeigneten Bedingungen verarbeiteten Oxidhalbleiterfilm als Halbleiterfilm mit einem Kanalbildungsbereich beinhaltet, kann einen sehr kleinen Sperrstrom aufweisen. Folglich ist der Transistor 103 ein Transistor mit einem sehr kleinen Sperrstrom.

[0044] Der Kondensator 105 weist einen dielektrischen Film zwischen dem Paar von Elektroden auf und hat eine lichtdurchlässige Eigenschaft. Der Kondensator 105 kann durch Anwenden eines Herstellungsprozesses des Transistors 103 ausgebildet werden. Eine Elektrode des Kondensators 105 ist ein Halbleiterfilm mit einer lichtdurchlässigen Eigenschaft, insbesondere ein Oxidhalbleiterfilm 119. Der Oxidhalbleiterfilm 119 dient als eine Elektrode des Kondensators 105, wenn der Oxidhalbleiterfilm 119 durch Steuern eines dazu zugeführten Potentials in einen leitenden Zustand versetzt wird. Der Oxidhalbleiterfilm 119 ist ein Oxidhalbleiterfilm, der durch Anwenden eines Herstellungsprozesses eines Oxidhalbleiterfilms 111 in dem Transistor 103 ausgebildet wird. Der dielektrische Film ist ein Isolierfilm, der eine lichtdurchlässige Eigenschaft aufweist und über dem Oxidhalbleiterfilm 111 in dem Transistor 103 angeordnet ist. Die Pixelelektrode 121 dient als die andere Elektrode des Kondensators 105. Somit kann der Kondensator 105 als Metalloxidhalbleiter- (metal oxide semiconductor: MOS-) Kondensator betrachtet werden. Ein MOS-Kondensator wird aufgeladen, wenn, wie in **Fig. 2**, eine Spannung, die höher als die Schwellenspannung (V_{th}) ist, an eine Elektrode des MOS-Kondensators (an die Pixelelektrode 121 im Fall des Kondensators 105) angelegt wird. Es sei angemerkt, dass in **Fig. 2** die horizontale Achse eine Spannung (V), die an die Pixelelektrode angelegt wird, darstellt und die vertikale Achse eine Kapazität (C) darstellt. In dem Fall, in dem die Frequenz einer Spannung zum Zeitpunkt der Kapazitäts-Spannungs- (capacitance-voltage: CV-) Messung niedriger als die Bildfrequenz der Halbleitervorrichtung ist, werden CV-Kurven wie in **Fig. 2** erhalten. In **Fig. 2** ist eine durchgezogene Linie eine CV-Kurve im Fall einer Elektrode vom I-Typ, und eine gestrichelte Linie ist eine CV-Kurve im Fall einer Elektrode vom N-Typ.

[0045] Das Flüssigkristallelement 108 ist ein Element, das das Durchlassen oder Nichtdurchlassen von Licht durch eine optische Modulationsaktion eines Flüssigkristalls zwischen einem Substrat, das mit dem Transistor 103 und der Pixelelektrode 121 versehen ist, und einem Substrat, das mit der Gegenelektrode versehen ist, steuert. Die optische Modulationsaktion des Flüssigkristalls wird durch ein elektrisches Feld (ein vertikales elektrisches Feld oder ein diagonales elektrisches Feld) gesteuert, das an den Flüssigkristall angelegt wird. In dem Fall, in dem die Gegenelektrode (auch als gemeinsame Elektrode bezeichnet) über dem Substrat ausgebildet ist, über dem die Pixelelektrode ausgebildet ist, wird ein seitliches elektrisches Feld an den Flüssigkristall angelegt.

[0046] Die Abtastleitungstreiberschaltung 104 und die Signalleitungstreiberschaltung 106 werden jeweils grob in einen Logikschaltungsabschnitt und einen Schalterabschnitt oder einen Pufferabschnitt unterteilt. Obwohl konkrete Strukturen der Abtastleitungstreiberschaltung 104 und der Signalleitungstreiberschaltung 106 hier ausgelassen werden, ist ein Transistor sowohl in der Abtastleitungstreiberschaltung 104 als auch in der Signalleitungstreiberschaltung 106 enthalten.

[0047] Es sei angemerkt, dass der Transistor in der Abtastleitungstreiberschaltung 104 und/oder der Signalleitungstreiberschaltung 106 durch Anwenden des Herstellungsprozesses des Transistors 103 ausgebildet werden kann. Mit anderen Worten: die Abtastleitungstreiberschaltung 104 und/oder die Signalleitungstreiberschaltung 106 können über einem Substrat bereitgestellt werden, über dem der Transistor 103 und die Pixelelektrode 121 angeordnet sind. Auf diese Weise werden die Abtastleitungstreiberschaltung 104 und/oder die Signalleitungstreiberschaltung 106 über denselben Substrat ausgebildet, wodurch die Anzahl der Bestandteile der Halbleitervorrichtung verringert werden kann und die Herstellungskosten reduziert werden können.

[0048] Der Kondensator 105 hat wie oben beschrieben eine lichtdurchlässige Eigenschaft und kann somit groß (in einer großen Fläche) in einem Bereich des Pixels 101 (m, n), in dem der Transistor 103 nicht ausgebildet ist, ausgebildet werden. Die Halbleitervorrichtung in **Fig. 1A** und **Fig. 1B** ist eine Halbleitervorrichtung, deren Öffnungsverhältnis und Kapazität erhöht sind und deren Anzeigqualität ausgezeichnet ist. Ferner dient in der Halbleitervorrichtung in **Fig. 1A** und **Fig. 1B** die Abtastleitung 107_m-1 auch als Kondensatorlei-

tung des Kondensators 105; somit muss eine Kondensatorleitung nicht zusätzlich bereitgestellt sein. Folglich wird das Öffnungsverhältnis des Pixels in der Halbleitervorrichtung in **Fig. 1A** und **Fig. 1B** höher als dasjenige eines Pixels in einer herkömmlichen Halbleitervorrichtung gemacht. Beispielsweise kann dann, wenn die Pixeldichte der Halbleitervorrichtung bei einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung etwa 300 ppi ist, das Öffnungsverhältnis des Pixels 50 % oder höher, 55 % oder höher, oder sogar 60 % oder höher sein. Bei einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann eine Halbleitervorrichtung, deren Öffnungsverhältnis eines Pixels höher als dasjenige des Pixels in der herkömmlichen Halbleitervorrichtung gemacht ist, leicht erzielt werden.

[0049] Nun wird der Betrieb des Kondensators 105 in dem Pixel 101 (m, n) beschrieben. **Fig. 3** ist ein Zeitdiagramm der Signalleitung 109_n, der Abtastleitung 107_m-1, der Abtastleitung 107_m und der Pixelelektrode 121. Das Zeitdiagramm zeigt eine Änderung des Potentials jeder der Signalleitung 109_n, der Abtastleitung 107_m-1, der Abtastleitung 107_m und der Pixelelektrode 121. Das Potential jeder der Signalleitung 109_n, der Abtastleitung 107_m-1, der Abtastleitung 107_m und der Pixelelektrode 121 wird geändert, wenn ein Signal eingegeben wird.

[0050] In einem Zeitraum vor einem Zeitpunkt T1 wird ein bestimmtes Signal (Bildsignal oder dergleichen) aus der Signalleitungstreiberschaltung 106 in die Signalleitung 109_n eingegeben. In diesem Zeitraum wird ein Signal zum Einschalten des Transistors 103 aus der Abtastleitungstreiberschaltung 104 weder in die Abtastleitung 107_m-1 noch in die Abtastleitung 107_m eingegeben. Außerdem wird in diesem Zeitraum kein Signal in die Pixelelektrode 121 eingegeben.

[0051] In einem Zeitraum von dem Zeitpunkt T1 bis zu einem Zeitpunkt T2 (Zeitraum T1T2) wird ein bestimmtes Signal wie in dem Zeitraum vor dem Zeitpunkt T1 in die Signalleitung 109_n eingegeben. In dem Zeitraum T1T2 wird ein Signal zum Einschalten eines Transistors in einem Pixel 101 (m-1, n) in die Abtastleitung 107_m-1 eingegeben, so dass das Potential der Abtastleitung 107_m-1 erhöht wird. Ein Signal zum Einschalten des Transistors 103 wird nicht in die Abtastleitung 107_m in dem Zeitraum T1T2 eingegeben.

[0052] Ferner wird das Potential der Pixelelektrode 121 in dem Zeitraum T1T2 erhöht. Das Potential der Pixelelektrode 121 wird auf die folgende Weise erhöht (geändert). Da die Abtastleitung 107_m-1 elektrisch mit dem Oxidhalbleiterfilm 119 verbunden ist, der als eine Elektrode des Kondensators 105 dient, wird das Potential der einen Elektrode (des Oxidhalbleiterfilms 119) geändert, wenn das Potential der Abtastleitung 107_m-1 geändert wird. Die Pixelelektrode 121, die als die andere Elektrode des Kondensators 105 dient, ist der einen Elektrode zugewandt, wobei der dielektrische Film dazwischen liegt. Daher wird das Potential der Pixelelektrode 121 gemäß dem Potential der einen Elektrode geändert. Folglich wird das Potential der Pixelelektrode 121 gemäß dem Potential der Abtastleitung 107_m-1 geändert. Es sei angemerkt, dass das Potential der Pixelelektrode 121 auf eine Weise, die derjenigen der Abtastleitung 107_m-1 ähnlich ist, geändert wird.

[0053] In einem Zeitraum von dem Zeitpunkt T2 bis zu einem Zeitpunkt T3 (Zeitraum T2T3) wird ein Signal zum Ausschalten des Transistors in dem Pixel 101 (m-1, n) in die Abtastleitung 107_m-1 eingegeben, so dass das Potential der Abtastleitung 107_m-1 zu dem Zeitpunkt T2 verringert wird. Da das Potential der Pixelelektrode 121 gemäß dem Potential der Abtastleitung 107_m-1 geändert wird, wird das Potential der Pixelelektrode 121 zu dem Zeitpunkt T2 wie bei der Abtastleitung 107_m-1 verringert.

[0054] In dem Zeitraum T2T3 wird ein Signal zum Einschalten des Transistors 103 in die Abtastleitung 107_m eingegeben, so dass das Potential der Abtastleitung 107_m erhöht wird. Ein Signal zum wünschenswerten Betreiben des Flüssigkristallelements 108 wird in dem Zeitraum T2T3 in die Signalleitung 109_n eingegeben. Der Transistor 103 ist in dem Zeitraum T2T3 eingeschaltet, so dass das Signal, das in die Signalleitung 109_n eingegeben wird, in die Pixelelektrode 121 eingegeben wird, die elektrisch mit dem Transistor 103 verbunden ist. Im Ergebnis wird das Potential der Pixelelektrode 121 auf den gleichen Pegel wie das Potential der Signalleitung 109_n erhöht. Das Potential der Pixelelektrode 121 wird wie oben beschrieben geändert; somit kann der Kondensator 105 arbeiten.

[0055] Es sei angemerkt, dass in einem Zeitraum nach dem Zeitpunkt T3 ein bestimmtes Signal wie in dem Zeitraum vor dem Zeitpunkt T1 in die Signalleitung 109_n eingegeben wird. In dem Zeitraum nach dem Zeitpunkt T3 wird das Potential der Pixelelektrode 121 auf dem Potential gehalten, das in dem Zeitraum T2T3 erhöht worden ist. Insbesondere wird das Potential gehalten, bis das Potential der Abtastleitung 107_m-1 wieder geändert wird.

[0056] Es sei angemerkt, dass der Zeitraum T1T2 sehr kurz ist. Der Zeitraum T1T2 endet, bevor Flüssigkristalle in dem Flüssigkristallelement 108 reagieren. Daher kann gesagt werden, dass ein Einfluss der optischen Modulationsaktion auf den Flüssigkristall sehr klein ist und dass die optische Modulationsaktion die Anzeigequalität der Halbleitervorrichtung nicht beeinflusst, auch wenn das Potential der Pixelelektrode 121 geändert wird.

[0057] Hier wird die Beziehung zwischen der Schwellenspannung (V_{th}) des Kondensators, dem Potential der Abtastleitung 107_m, dem Potential der Abtastleitung 107_m-1, dem dazwischenliegenden Potential eines Bildsignals und dem Potential der Pixelelektrode 121 anhand von **Fig. 4A** und **Fig. 4B** unten beschrieben.

[0058] **Fig. 4A** zeigt ein Beispiel, in dem ein Kondensator mit Eigenschaften verwendet wird, die durch die durchgezogene CV-Kurve in **Fig. 2** dargestellt werden. **Fig. 4B** zeigt ein Beispiel, in dem ein Kondensator mit Eigenschaften verwendet wird, die durch die gestrichelte CV-Kurve in **Fig. 2** dargestellt werden. Es sei angemerkt, dass in **Fig. 4A** und **Fig. 4B** das niedrigste Potential, das der Abtastleitung 107_m zugeführt wird, durch GV_{ss} dargestellt wird und das höchste Potential, das der Abtastleitung 107_m zugeführt wird, durch GV_{dd} dargestellt wird.

[0059] Der Kondensator beinhaltet einen dielektrischen Film zwischen dem Paar von Elektroden. Mit anderen Worten: der Betrieb des Kondensators hängt von dem Potentialunterschied zwischen dem Paar von Elektroden ab. Beispielsweise ist dann, wenn die Schwellenspannung des Kondensators, das Potential der Pixelelektrode 121 und das Potential des Oxidhalbleiterfilms 119, der als Elektrode des Kondensators dient, durch V_{th} , V_d bzw. V_c dargestellt werden, die Beziehung $V_d \geq V_c + V_{th}$ gefordert.

[0060] Wie in **Fig. 4A** und **Fig. 4B** gezeigt ist, wird das Potential der Pixelelektrode 121, die die Elektrode des Kondensators 105 ist, gemäß einem Signal, das in die Signalleitung 109_n eingegeben wird, in positiver Richtung oder in negativer Richtung geändert. Insbesondere wird das Potential der Pixelelektrode 121 in positiver Richtung oder in negativer Richtung in Bezug auf den mittleren Pegel eines Bildsignals geändert.

[0061] Im Fall von **Fig. 4A** wird das Potential der Abtastleitung 107_m-1 darauf eingestellt, um V_{th} des Kondensators oder mehr niedriger zu sein als das niedrigste Potential der Pixelelektrode 121, so dass die obige Beziehung erfüllt werden kann; somit kann der Kondensator betrieben werden (siehe **Fig. 4A**). Das liegt daran, dass, da die Elektrode des Kondensators mit Eigenschaften, die durch die durchgezogene CV-Kurve in **Fig. 2** dargestellt werden, vom I-Typ ist und V_{th} ein positiver Wert ist, sich der Oxidhalbleiterfilm 119 in einem leitenden Zustand befinden kann, wenn das Potential der Abtastleitung 107_m-1 auf niedriger als das niedrigste Potential der Pixelelektrode 121 um V_{th} des Kondensators oder mehr eingestellt wird (sich in negativer Richtung verschiebt).

[0062] Andererseits wird im Fall von **Fig. 4B** das Potential der Abtastleitung 107_m-1 darauf eingestellt, um V_{th} des Kondensators oder mehr höher zu sein als das niedrigste Potential der Pixelelektrode 121, so dass die obige Beziehung erfüllt werden kann; somit kann der Kondensator betrieben werden (siehe **Fig. 4B**). Das liegt daran, dass, da die Elektrode des Kondensators mit Eigenschaften, die durch die gestrichelte CV-Kurve in **Fig. 2** dargestellt werden, vom N-Typ ist und V_{th} ein negativer Wert ist, sich der Oxidhalbleiterfilm 119 in einem leitenden Zustand befinden kann, wenn das Potential der Abtastleitung 107_m-1 auf höher als das niedrigste Potential der Pixelelektrode 121 um V_{th} des Kondensators oder mehr eingestellt wird (sich in positiver Richtung verschiebt).

[0063] Als Nächstes wird das konkrete Strukturbispiel für das Pixel 101 beschrieben. Hier wird das Pixel 101 (m, n) als Beispiel beschrieben. Es sei angemerkt, dass **Fig. 5** eine Draufsicht des Pixels 101 (m, n) ist. In **Fig. 5** werden einige Bestandteile (z. B. das Flüssigkristallelement 108) der Halbleitervorrichtung der Klarheit halber ausgelassen.

[0064] In **Fig. 5** sind die Abtastleitung 107_m-1 und die Abtastleitung 107_m derart angeordnet, dass sie sich in der Richtung erstrecken, die im Wesentlichen senkrecht zu der Signalleitung 109_n und einer Signalleitung 109_n+1 ist (in Quer-Richtung in der Zeichnung). Die Signalleitung 109_n und die Signalleitung 109_n+1 sind angeordnet, um sich in der Richtung zu erstrecken, die im Wesentlichen senkrecht zu der Abtastleitung 107_m-1 und der Abtastleitung 107_m ist (in Längs-Richtung in der Zeichnung). Es sei angemerkt, dass die Abtastleitung 107_m-1 und die Abtastleitung 107_m elektrisch mit der Abtastleitungstreiber-Schaltung 104 verbunden sind, während die Signalleitung 109_n und die Signalleitung 109_n+1 elektrisch mit der Signalleitungstreiber-Schaltung 106 verbunden sind (siehe **Fig. 1A**).

[0065] Der Transistor 103 ist in einem Bereich angeordnet, in dem die Abtastleitung 107_m und die Signalleitung 109_n einander kreuzen. Der Transistor 103 beinhaltet zumindest den Oxidhalbleiterfilm 111, der einen Kanalbildungsbereich aufweist, eine Gate-Elektrode, einen Gate-Isolierfilm (nicht in **Fig.** 5 gezeigt), eine Source-Elektrode und eine Drain-Elektrode.

[0066] Außerdem beinhaltet die Abtastleitung 107_m einen Bereich, der als Gate-Elektrode des Transistors 103 dient, und die Signalleitung 109_n beinhaltet einen Bereich, der als Source-Elektrode des Transistors 103 dient. Ein leitender Film 113 beinhaltet einen Bereich, der als Drain-Elektrode des Transistors 103 dient, und ist elektrisch mit der Pixelelektrode 121 durch eine Öffnung 117 verbunden. In **Fig.** 5 ist das Schraffurmuster der Pixelelektrode 121 nicht gezeigt.

[0067] Der Bereich in der Abtastleitung 107_m, der als Gate-Elektrode dient, überlappt zumindest mit dem Oxidhalbleiterfilm 111. Der Bereich in der Signalleitung 109_n, der als Source-Elektrode dient, überlappt zumindest mit dem Oxidhalbleiterfilm 111. Der Bereich in dem leitenden Film 113, der als Drain-Elektrode dient, überlappt zumindest mit dem Oxidhalbleiterfilm 111. Es sei angemerkt, dass in der nachstehenden Beschreibung die Abtastleitung 107_m als die Abtastleitung 107_m bezeichnet wird, auch wenn sie die Gate-Elektrode des Transistors 103 angibt, die Signalleitung 109_n als die Signalleitung 109_n bezeichnet wird, auch wenn sie die Source-Elektrode des Transistors 103 angibt, und der leitende Film 113 als der leitende Film 113 bezeichnet wird, auch wenn er die Drain-Elektrode des Transistors 103 angibt.

[0068] Der Kondensator 105 ist in einem Bereich angeordnet, der von der Abtastleitung 107_m, der Abtastleitung 107_m-1, der Signalleitung 109_n und der Signalleitung 109_n+1 umgeben ist. Der Kondensator 105 beinhaltet den Oxidhalbleiterfilm 119, die Pixelelektrode 121 mit einer lichtdurchlässigen Eigenschaft und den Isolierfilm (nicht in **Fig.** 5 gezeigt) mit einer lichtdurchlässigen Eigenschaft in dem Transistor 103, und hat eine lichtdurchlässige Eigenschaft. Außerdem ist, da der Oxidhalbleiterfilm 119 durch eine Öffnung 123 in Kontakt mit der Abtastleitung 107_m-1 steht, der Kondensator 105 elektrisch mit der Abtastleitung 107_m-1 verbunden. Mit anderen Worten: die Abtastleitung 107_m-1 dient auch als Kondensatorleitung des Kondensators 105. Somit kann der Kondensator 105 ohne zusätzliche Kondensatorleitung in dem Pixel 101 (m, n) arbeiten.

[0069] Die Kapazität eines Kondensators ändert sich abhängig von der überlappenden Fläche eines Paares von Elektroden. Wenn die Größe eines Pixels verringert wird, um die Auflösung zu erhöhen, wird auch die Größe eines Kondensators reduziert; somit wird die Kapazität des Kondensators verringert. Im Ergebnis könnte ein Flüssigkristallelement nicht wirksam betrieben werden. Da der Kondensator 105 Licht durchlässt, kann der Kondensator 105 im ganzen Betriebsbereich des Flüssigkristallelements 108 ausgebildet werden, und somit kann der Kondensator 105 möglichst groß (in einer großen Fläche) in dem Pixel ausgebildet werden. Solange die Kapazität, die zum Betreiben des Flüssigkristallelements 108 hoch -genug ist, gesichert werden kann, kann die Pixeldichte erhöht werden, um eine hohe Auflösung zu erzielen.

[0070] Nun werden die Eigenschaften eines Transistors, der einen Oxidhalbleiter aufweist, beschrieben. Es sei angemerkt, dass der Transistor, der einen Oxidhalbleiter aufweist, ein N-Kanal-Transistor ist. Sauerstofffehlstellen in einem Oxidhalbleiter könnten Ladungsträger erzeugen, was die elektrischen Eigenschaften und die Zuverlässigkeit des Transistors verschlechtern könnte. Beispielsweise wird in einigen Fällen die Schwellenspannung des Transistors in negativer Richtung verschoben, und ein Drain-Strom fließt, wenn die Gate-Spannung 0 V ist. Die Eigenschaften eines Transistors, in dem ein Drain-Strom fließt, wenn die Gate-Spannung 0 V ist, werden als „normalerweise eingeschaltet“- (normally on) Eigenschaften bezeichnet, während die Eigenschaften eines Transistors, in dem im Wesentlichen kein Drain-Strom fließt, wenn die Gate-Spannung 0 V ist, als „normalerweise ausgeschaltet“- (normally off) Eigenschaften bezeichnet werden.

[0071] Angesichts des Obigen ist es zu bevorzugen, dass Defekte, die typischerweise Sauerstofffehlstellen sind, in einem Oxidhalbleiterfilm möglichst verringert werden, wenn der Oxidhalbleiterfilm verwendet wird. Beispielsweise wird die Spindichte (spin density) des Oxidhalbleiterfilms (die Dichte der Defekte in dem Oxidhalbleiterfilm) bei einem g-Wert von 1,93, die durch Elektronenspinresonanz gemessen wird, wobei ein magnetisches Feld parallel zu der Filmoberfläche angelegt wird, vorzugsweise auf einen Wert von niedriger als oder gleich der Detektionsuntergrenze eines Messgeräts verringert. Wenn die Defekte, die typischerweise die Sauerstofffehlstellen sind, in dem Oxidhalbleiterfilm so viel wie möglich verringert werden, kann es verhindert werden, dass der Transistor „normalerweise eingeschaltet“-Verhalten zeigt, was zur Verbesserung der elektrischen Eigenschaften und der Zuverlässigkeit einer Halbleitervorrichtung führt.

[0072] Die Verschiebung der Schwellenspannung eines Transistors in negativer Richtung wird in einigen Fällen durch Wasserstoff (einschließlich einer Wasserstoffverbindung wie z. B. Wasser) in einem Oxidhalbleiterfilm sowie durch Sauerstofffehlstellen verursacht. Wasserstoff, der in dem Oxidhalbleiterfilm enthalten ist, reagiert mit Sauerstoff, der an ein Metallatom gebunden ist, um zu Wasser zu werden, und zudem werden Fehlstellen (auch als Sauerstofffehlstellen bezeichnet) in einem Gitter, von welchem Sauerstoff freigesetzt wird (oder in einem Bereich, von welchem Sauerstoff freigesetzt wird), ausgebildet. Außerdem reagiert ein Teil von Wasserstoff mit Sauerstoff, was als Ladungsträger dienende Elektronen erzeugt. Daher hat ein Transistor, der einen Oxidhalbleiterfilm beinhaltet, der Wasserstoff enthält, hochwahrscheinlich „normalerweise eingeschaltet“-Eigenschaften.

[0073] Folglich ist es zu bevorzugen, dass Wasserstoff in dem Oxidhalbleiterfilm 111 des Transistors 103 so viel wie möglich verringert wird. Insbesondere ist die Wasserstoffkonzentration in dem Oxidhalbleiterfilm 111, die durch Sekundärionen-Massenspektrometrie (SIMS) gemessen wird, niedriger als 5×10^{18} Atome/cm³, bevorzugt niedriger als oder gleich 1×10^{18} Atome/cm³, stärker bevorzugt niedriger als oder gleich 5×10^{17} Atome/cm³, noch stärker bevorzugt niedriger als oder gleich 1×10^{16} Atome/cm³.

[0074] Ferner ist die Konzentration von Alkalimetallen oder Erdalkalimetallen in dem Oxidhalbleiterfilm 111, die durch SIMS gemessen wird, niedriger als oder gleich 1×10^{18} Atome/cm³, bevorzugt niedriger als oder gleich 2×10^{16} Atome/cm³. Wenn ein Alkalimetall und ein Erdalkalimetall an einen Oxidhalbleiter gebunden werden, könnte ein Ladungsträger erzeugt werden, was einen Anstieg des Sperrstroms des Transistors 103 verursachen könnte.

[0075] Des Weiteren werden dann, wenn Stickstoff in dem Oxidhalbleiterfilm enthalten ist, als Ladungsträger dienende Elektronen erzeugt und die Ladungsträgerdichte steigert sich, so dass der Oxidhalbleiterfilm leicht zu einem N-Typ-Oxidhalbleiter wird. Folglich hat ein Transistor, der den Oxidhalbleiterfilm beinhaltet, der Stickstoff enthält, hochwahrscheinlich „normalerweise eingeschaltet“-Eigenschaften. Aus diesem Grund wird Stickstoff in dem Oxidhalbleiterfilm 111 so viel wie möglich verringert; die Stickstoffkonzentration ist beispielsweise bevorzugt niedriger als oder gleich 5×10^{18} Atome/cm³.

[0076] Des Weiteren werden dann, wenn ein Element der Gruppe 14, wie z. B. Silizium und Kohlenstoff, in dem Oxidhalbleiterfilm enthalten ist, als Ladungsträger dienende Elektronen erzeugt und die Ladungsträgerdichte steigert sich, so dass der Oxidhalbleiterfilm leicht zu einem N-Typ Oxidhalbleiter wird. Daher ist in dem Transistor 103, der den Oxidhalbleiterfilm 111 beinhaltet, insbesondere, an der Grenzfläche zwischen einem Gate-Isolierfilm 127 (nicht in **Fig. 5** gezeigt) und dem Oxidhalbleiterfilm 111 die Siliziumkonzentration, die durch SIMS gemessen wird, niedriger als oder gleich 3×10^{18} Atome/cm³, bevorzugt niedriger als oder gleich 3×10^{17} Atome/cm³. Es sei angemerkt, dass an der Grenzfläche die Kohlenstoffkonzentration, die durch SIMS gemessen wird, niedriger als oder gleich 3×10^{18} Atome/cm³, bevorzugt niedriger als oder gleich 3×10^{17} Atome/cm³ ist.

[0077] Wie oben beschrieben worden ist, kann dann, wenn der hochgereinigte Oxidhalbleiterfilm 111 verwendet wird, in dem Verunreinigungen (wie z. B. Wasserstoff, Stickstoff, Silizium, Kohlenstoff, ein Alkalimetall oder ein Erdalkalimetall) so viel wie möglich verringert werden, verhindert werden, dass der Transistor 103 „normalerweise eingeschaltet“-Verhalten zeigt, so dass der Sperrstrom des Transistors 103 stark verringert werden kann. Deshalb ist eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung eine Halbleitervorrichtung mit günstigen elektrischen Eigenschaften und hoher Zuverlässigkeit. Es sei angemerkt, dass der hochgereinigte Oxidhalbleiter als Eigenleitungs-Halbleiter oder im Wesentlichen Eigenleitungs-Halbleiter angesehen werden kann.

[0078] Es sei angemerkt, dass verschiedene Experimente einen kleinen Sperrstrom eines Transistors, der einen hochgereinigten Oxidhalbleiterfilm beinhaltet, belegen können. Auch wenn zum Beispiel ein Element eine Kanalbreite W von 1×10^6 µm und eine Kanallänge L von 10 µm aufweist, kann der Sperrstrom kleiner als oder gleich der Messgrenze eines Halbleiterparameteranalysators sein, d. h. kleiner als oder gleich 1×10^{-13} A bei Spannungen (Drain-Spannungen) zwischen einer Source und einem Drain von 1 V bis 10 V. In diesem Fall findet man, dass der Sperrstrom entsprechend einem durch Teilen des Sperrstroms durch die Kanalbreite des Transistors erhaltenen Wert kleiner als oder gleich $100 \text{ zA}/\mu\text{m}$ ist. Außerdem wurde der Sperrstrom unter Verwendung einer Schaltung gemessen, in der ein Kondensator und ein Transistor miteinander verbunden sind und eine in den oder aus dem Kondensator fließende Ladung durch den Transistor gesteuert wird. Bei der Messung wurde ein hochgereinigter Oxidhalbleiterfilm für einen Kanalbildungsbereich des Transistors verwendet, und der Sperrstrom des Transistors ist gemäß einer Veränderung der Menge der Ladung des Kondensators pro Zeiteinheit (unit time) gemessen worden. Im Ergebnis hat man gefunden, dass

in dem Fall, in dem die Spannung zwischen der Source-Elektrode und der Drain-Elektrode des Transistors 3 V ist, ein kleinerer Sperrstrom von mehreren Zehn Yoktoampere pro Mikrometer ($yA/\mu m$) erhalten werden kann. Dementsprechend weist der Transistor, der einen hochgereinigten Oxidhalbleiterfilm beinhaltet, einen sehr kleinen Sperrstrom auf.

[0079] Eine Querschnittsansicht entlang der Punkt-Strich-Linie A1-A2 und der Punkt-Strich-Linie B1-B2 in Fig. 5 ist in Fig. 6 gezeigt.

[0080] Eine Querschnittsstruktur entlang der Punkt-Strich-Linie A1-A2 und der Punkt-Strich-Linie B1-B2 ist wie folgt. Über einem Substrat 102 sind die Abtastleitung 107_m und die Abtastleitung 107_m-1 angeordnet, die jeweils einen als Gate-Elektrode dienenden Bereich beinhalten. Der Gate-Isolierfilm 127 ist über der Abtastleitung 107_m-1 und der Abtastleitung 107_m angeordnet. Der Oxidhalbleiterfilm 111 ist über dem Gate-Isolierfilm 127 derart angeordnet, dass er mit der Abtastleitung 107_m überlappt. Die Öffnung 123, die die Abtastleitung 107_m-1 erreicht, ist in einem Bereich des Gate-Isolierfilms 127 angeordnet, der in Kontakt mit der Abtastleitung 107_m-1 steht. Der Oxidhalbleiterfilm 119 ist über dem Gate-Isolierfilm 127 und in der Öffnung 123 bereitgestellt. Die Signalleitung 109_n, die einen als Source-Elektrode dienenden Bereich aufweist, und der leitende Film 113, der einen als Drain-Elektrode dienenden Bereich aufweist, sind jeweils über dem Oxidhalbleiterfilm 111 und dem Gate-Isolierfilm 127 angeordnet. Ein Isolierfilm 129, ein Isolierfilm 131 und ein Isolierfilm 132, die als isolierende Schutzfilme des Transistors 103 dienen, sind über dem Gate-Isolierfilm 127, der Signalleitung 109_n, dem Oxidhalbleiterfilm 111, dem leitenden Film 113 und dem Oxidhalbleiterfilm 119 angeordnet. Die Öffnung 117, die den leitenden Film 113 erreicht, ist in dem Isolierfilm 129, dem Isolierfilm 131 und dem Isolierfilm 132 bereitgestellt, und die Pixelelektrode 121 ist in der Öffnung 117 bereitgestellt. Es sei angemerkt, dass ein Basis-Isolierfilm zwischen dem Substrat 102, und den Abtastleitungen 107_m-1 und 107_m und dem Gate-Isolierfilm 127 angeordnet sein kann.

[0081] Die Querschnittsstruktur des Flüssigkristallelements 108 ist wie folgt. Ein lichtundurchlässiger Film 152 ist auf einer Oberfläche eines Substrats 150, die dem Substrat 102 zugewandt ist, angeordnet, um zumindest mit dem Transistor 103 zu überlappen. Eine Gegenelektrode 154, die ein leitender Film mit einer lichtdurchlässigen Eigenschaft ist, ist angeordnet, um den Lichtsperrfilm 152 zu bedecken. Ein Ausrichtungsfilm 156 ist angeordnet, um die Gegenelektrode zu bedecken. An der Seite des Substrats 102 ist ein Ausrichtungsfilm 158 über dem Isolierfilm 132 und der Pixelelektrode 121 angeordnet. Ein Flüssigkristall 160 ist in Kontakt mit dem Ausrichtungsfilm 156 und dem Ausrichtungsfilm 158 angeordnet, und liegt zwischen dem Substrat 102 und dem Substrat 150.

[0082] Es sei angemerkt, dass in dem Fall, in dem die Halbleitervorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung eine Flüssigkristallanzeigevorrichtung ist, eine Lichtquelle wie z. B. eine Hintergrundbeleuchtung, ein optisches Bauteil (ein optisches Substrat), wie z. B. eine Polarisationsplatte, die an der Seite des Substrats 102 und der Seite des Substrats 105 liegt, ein Dichtungsmaterial zum Befestigen des Substrats 102 und des Substrats 150 und dergleichen benötigt werden. Diese Bestandteile werden nachstehend beschrieben.

[0083] Wie oben beschrieben worden ist, dient in dem bei dieser Ausführungsform beschriebenen Kondensator 105 der Oxidhalbleiterfilm 119 als eine eines Paars von Elektroden, die Pixelelektrode 121 dient als die andere des Paars von Elektroden, und die Isolierfilme 129, 131 und 132 dienen als dielektrischer Film zwischen dem Paar von Elektroden.

[0084] Die Details der Bestandteile der vorgegebenen Struktur werden nachstehend beschrieben.

[0085] Es gibt keine bestimmte Beschränkung hinsichtlich der Eigenschaft eines Materials und dergleichen des Substrates 102, solange das Material eine Wärmebeständigkeit aufweist, die hoch genug ist, um zumindest einer in einem Herstellungsprozess der Halbleitervorrichtung durchgeföhrten Wärmebehandlung standzuhalten. Beispiele für das Substrat sind ein Glassubstrat, ein Keramiksubstrat und ein Kunststoffsubstrat, und als Glassubstrat wird vorzugsweise ein alkalifreies Glassubstrat wie z. B. ein Bariumborosilikatglassubstrat, ein Aluminoborosilikatglassubstrat oder ein Aluminosilikatglassubstrat verwendet. Alternativ kann auch ein nichtlichtdurchlässiges Substrat wie z. B. ein Edelstahllegierungsubstrat verwendet werden, in welchem Falle eine Oberfläche des Substrats vorzugsweise mit einem Isolierfilm versehen ist. Als das Substrat 102 kann alternativ eines der Folgenden verwendet werden: ein Quarzsubstrat, ein Saphirsubstrat, ein einkristallines Halbleitersubstrat, ein polykristallines Halbleitersubstrat, ein Verbindungshalbleitersubstrat und ein Substrat aus Silizium auf einem Isolator (silicon on Insulator: SOI). In dem Fall, in dem die Halbleitervorrichtung

einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung eine durchlässige Flüssigkristallanzeigevorrichtung ist, wird ein Substrat mit einer lichtdurchlässigen Eigenschaft als das Substrat 102 verwendet.

[0086] Die Abtastleitungen 107_m-1 und 107_m, durch die eine große Menge an Strom fließt, werden vorzugsweise ausgebildet, um eine einschichtige Struktur oder eine Stapelschicht-Struktur aufzuweisen, die einen Metallfilm verwendet, typischerweise einen aus einem von Metallmaterialien wie z. B. Molybdän (Mo), Titan (Ti), Wolfram (W), Tantal (Ta), Aluminium (Al), Kupfer (Cu), Chrom (Cr), Neodym (Nd) oder Scandium (Sc) oder aus einem Legierungsmaterial, das eines dieser Materialien als Hauptkomponente enthält.

[0087] Beispiele für die Abtastleitungen 107_m-1 und 107_m sind eine einschichtige Struktur aus siliziumhaltigem Aluminium, eine zweischichtige Struktur, bei der Titan über Aluminium gestapelt ist, eine zweischichtige Struktur, bei der Titan über Titannitrid gestapelt ist, eine zweischichtige Struktur, bei der Wolfram über Titannitrid gestapelt ist, eine zweischichtige Struktur, bei der Kupfer über einer Kupfer-Magnesium-Aluminium-Legierung gestapelt ist, und eine dreischichtige Struktur, bei der Titannitrid, Kupfer und Wolfram in dieser Reihenfolge gestapelt sind.

[0088] Als Material für die Abtastleitungen 107_m-1 und 107_m kann ein lichtdurchlässiges leitendes Material verwendet werden, das für die Pixelelektrode 121 verwendet werden kann. Es sei angemerkt, dass in dem Fall, in dem die Halbleitervorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung eine reflektierende Anzeigevorrichtung ist, ein nicht-lichtdurchlässiges leitendes Material (z. B. ein Metallmaterial) für die Pixelelektrode 121 verwendet werden kann. In diesem Fall kann in ähnlicher Weise ein nichtlichtdurchlässiges Substrat als das Substrat 102 verwendet werden.

[0089] Außerdem kann als Material für die Abtastleitungen 107_m-1 und 107_m ein Metalloxid, das Stickstoff enthält, insbesondere ein Oxid auf In-Ga-Zn-Basis, das Stickstoff enthält, ein Oxid auf In-Sn-Basis, das Stickstoff enthält, ein Oxid auf In-Ga-Basis, das Stickstoff enthält, ein Oxid auf In-Zn-Basis, das Stickstoff enthält, ein Oxid auf Sn-Basis, das Stickstoff enthält, ein Oxid auf In-Basis, das Stickstoff enthält, oder ein Metallnitrid (InN, SnN oder dergleichen) verwendet werden. Diese Materialien haben jeweils eine Austrittsarbeit von höher als oder gleich 5 eV (Elektronenvolt). Die Verwendung eines Metalloxids, das Stickstoff enthält, für die Abtastleitung (die Gate-Elektrode) ermöglicht, die Schwellenspannung des Transistors 103 in positiver Richtung zu verschieben; das heißt, dass der Transistor „normalerweise ausgeschaltet“-Eigenschaften aufweisen kann. In dem Fall, in dem beispielsweise ein Oxid auf In-Ga-Zn-Basis, das Stickstoff enthält, verwendet wird, kann ein Oxid auf In-Ga-Zn-Basis mit einer Stickstoffkonzentration, die zumindest höher als diejenige des Oxidhalbleiterfilms 111 ist, insbesondere ein Oxid auf In-Ga-Zn-Basis mit einer Stickstoffkonzentration von 7 Atom-% oder höher verwendet werden.

[0090] Es ist zu bevorzugen, Aluminium oder Kupfer, das ein niederohmiges Material ist, für die Abtastleitungen 107_m-1 und 107_m zu verwenden. Wenn Aluminium oder Kupfer verwendet wird, wird Signalverzögerung verringert, so dass die Anzeigqualität verbessert werden kann. Es sei angemerkt, dass Aluminium niedrige Wärmebeständigkeit aufweist; deswegen werden Defekte infolge eines Buckels, eines Haares oder einer Wanderung hochwahrscheinlich verursacht. Um die Wanderung von Aluminium zu verhindern, wird vorzugsweise eine Stapelschicht-Struktur, die Aluminium und ein Metallmaterial mit einem höheren Schmelzpunkt als Aluminium, wie z. B. Molybdän, Titan oder Wolfram, enthält, verwendet. Wenn Kupfer verwendet wird, wird vorzugsweise eine Stapelschicht-Struktur, die Kupfer und ein Metallmaterial mit einem höheren Schmelzpunkt als Kupfer, wie z. B. Molybdän, Titan oder Wolfram, enthält, verwendet, um einen Defekt infolge einer Wanderung und Diffusion von Kupferelementen zu vermeiden.

[0091] Wie in **Fig. 5** und **Fig. 6** gezeigt ist, ist vorzugsweise die Abtastleitung 107_m (die Abtastleitung 107_m-1) derart angeordnet, dass der Oxidhalbleiterfilm 111 in einem Bereich angeordnet werden kann, der mit der Abtastleitung 107_m überlappt. Es ist zu bevorzugen, dass wie in **Fig. 5** gezeigt die Abtastleitung 107_m in einen Bereich übersteht, in dem der Oxidhalbleiterfilm 111 angeordnet ist, und dass der Oxidhalbleiterfilm 111 in dem Bereich angeordnet ist, der mit der Abtastleitung 107_m überlappt. Auf diese Weise wird Licht, das durch eine Oberfläche (die rückwärtige Oberfläche) des Substrats 102 eintritt, die einer mit der Abtastleitung 107_m versehenen Oberfläche entgegengesetzt ist (in einer Flüssigkristallanzeigevorrichtung entspricht derartiges Licht einem Licht aus einer Lichtquelle wie z. B. einer Hintergrundbeleuchtung), von der Abtastleitung 107_m abgeschirmt; somit kann eine Schwankung oder Verschlechterung der elektrischen Eigenschaften des Transistors 103 (z. B. Schwellenspannung) unterdrückt werden.

[0092] Der Gate-Isolierfilm 127 ist derart bereitgestellt, dass er eine einschichtige Struktur oder eine Stapelschicht-Struktur aufweist, die beispielsweise eines oder mehrere von isolierenden Materialien wie z. B. Sili-

ziumoxid, Siliziumoxynitrid, Siliziumnitridoxid, Siliziumnitrid, Aluminiumoxid, Hafniumoxid, Galliumoxid und einem Metalloxid auf Ga-Zn-Basis verwendet. Es sei angemerkt, dass ein Bereich in dem Gate-Isolierfilm 127, der zumindest in Kontakt mit dem Oxidhalbleiterfilm 111 steht, vorzugsweise einen Oxidisolierfilm aufweist, um die Eigenschaften der Grenzfläche zwischen dem Gate-Isolierfilm 127 und dem Oxidhalbleiterfilm 111 zu verbessern.

[0093] Durch Bereitstellen eines Isolierfilms mit einer Barriereeigenschaft gegen Sauerstoff, Wasserstoff, Wasser und dergleichen als der Gate-Isolierfilm 127 ist es möglich, Diffusion von Sauerstoff in dem Oxidhalbleiterfilm 111 nach außen und Eintritt von Wasserstoff, Wasser oder dergleichen in den Oxidhalbleiterfilm 111 von außen zu verhindern. Bezüglich des Isolierfilms mit einer Barriereeigenschaft gegen Sauerstoff, Wasserstoff, Wasser und dergleichen können ein Aluminiumoxidfilm, ein Aluminimumoxynitridfilm, ein Galliumoxidfilm, ein Galliumoxynitridfilm, ein Yttriumoxidfilm, ein Yttriumoxynitridfilm, ein Hafniumoxidfilm, ein Hafniumoxynitridfilm und ein Siliziumnitridfilm als Beispiele angegeben werden.

[0094] Der Gate-Isolierfilm 127 kann unter Verwendung eines Materials mit hohem k, wie z. B. Hafniumsilikat (HfSiO_x), Hafniumsilikat, das Stickstoff enthält ($\text{HfSi}_x\text{O}_y\text{N}_z$), Hafniumaluminat, das Stickstoff enthält ($\text{HfAl}_x\text{O}_y\text{N}_z$), Hafniumoxid oder Yttriumoxid, ausgebildet werden, so dass der Gate-Leckstrom des Transistors 103 verringert werden kann.

[0095] Der Gate-Isolierfilm 127 weist vorzugsweise die folgende Stapelschicht-Struktur auf. Bei der Struktur ist als erster Siliziumnitridfilm ein Siliziumnitridfilm mit weniger Defekten angeordnet, ein Siliziumnitridfilm, aus dem wenig Wasserstoff und Ammoniak freigesetzt werden, ist als zweiter Siliziumnitridfilm über dem ersten Siliziumnitridfilm angeordnet, und einer von Oxidisolierfilmen, die als Gate-Isolierfilm 127 anwendbar sind, ist über dem zweiten Siliziumnitridfilm angeordnet.

[0096] In dem zweiten Siliziumnitridfilm ist die Anzahl von freigesetzten Wasserstoffmolekülen in der Thermodesorptions-Spektrometrie bevorzugt kleiner als 5×10^{21} Moleküle/cm³, stärker bevorzugt kleiner als oder gleich 3×10^{21} Moleküle/cm³, noch stärker bevorzugt kleiner als oder gleich 1×10^{21} Moleküle/cm³, und die Anzahl von freigesetzten Ammoniakmolekülen ist bevorzugt kleiner als 1×10^{22} Moleküle/cm³, stärker bevorzugt kleiner als oder gleich 5×10^{21} Moleküle/cm³, noch stärker bevorzugt kleiner als oder gleich 1×10^{21} Moleküle/cm³. Der erste Siliziumnitridfilm und der zweite Siliziumnitridfilm werden als Teile des Gate-Isolierfilms 127 verwendet, so dass ein Gate-Isolierfilm mit wenig Defekten und wenig freigesetztem Wasserstoff und freigesetztem Ammoniak als der Gate-Isolierfilm 127 ausgebildet werden kann. Folglich ist es möglich, die Menge an Wasserstoff und Stickstoff in dem Gate-Isolierfilm 127, welche auf den Oxidhalbleiterfilm 111 übertragen werden, zu verringern.

[0097] In dem Fall, in dem der Haftterm (trap level, auch als Grenzflächenzustand bezeichnet) an der Grenzfläche zwischen einem Oxidhalbleiterfilm und einem Gate-Isolierfilm oder in dem Gate-Isolierfilm in einem Transistor, der einen Oxidhalbleiter enthält, vorhanden ist, werden eine Veränderung der Schwellenspannung des Transistors, wie typischerweise eine Veränderung der Schwellenspannung in negativer Richtung und ein Anstieg des Sub-Schwellenwert-Hub (subthreshold swing) (S-Werts bzw. S value), der eine Gate-Spannung zum Ändern des Drain-Stroms um eine Stelle beim Einschalten des Transistors zeigt, verursacht. Somit besteht ein Problem darin, dass elektrische Eigenschaften zwischen den Transistoren schwanken. Aus diesem Grund können dann, wenn als der Gate-Isolierfilm 127 der Siliziumnitridfilm mit wenig Defekten verwendet wird, und wenn der Oxidisolierfilm in einem Bereich des Gate-Isolierfilms 127 angeordnet wird, der in Kontakt mit dem Oxidhalbleiterfilm 111 steht, eine negative Verschiebung der Schwellenspannung und ein Anstieg eines S-Werts unterdrückt werden.

[0098] Die Dicke des Gate-Isolierfilms 127 ist größer als oder gleich 5 nm und kleiner als oder gleich 400 nm, bevorzugt größer als oder gleich 10 nm und kleiner als oder gleich 300 nm, stärker bevorzugt größer als oder gleich 50 nm und kleiner als oder gleich 250 nm.

[0099] Der Oxidhalbleiterfilm 111 kann eine amorphe Kristallstruktur, eine einkristalline Struktur oder eine polykristalline Struktur aufweisen. Die Dicke des Oxidhalbleiterfilms 111 ist größer als oder gleich 1 nm und kleiner als oder gleich 100 nm, bevorzugt größer als oder gleich 1 nm und kleiner als oder gleich 50 nm, stärker bevorzugt größer als oder gleich 1 nm und kleiner als oder gleich 30 nm, noch stärker bevorzugt größer als oder gleich 3 nm und kleiner als oder gleich 20 nm.

[0100] Ferner hat ein Oxidhalbleiter, der für den Oxidhalbleiterfilm 111 verwendet werden kann, eine Energielücke von größer als oder gleich 2 eV, bevorzugt größer als oder gleich 2,5 eV, stärker bevorzugt größer

als oder gleich 3 eV. Der Sperrstrom des Transistors 103 kann verringert werden, indem ein Oxidhalbleiter mit einer großen Energielücke auf diese Weise verwendet wird.

[0101] Ein Oxidhalbleiter, der zumindest Indium (In) oder Zink (Zn) enthält, wird vorzugsweise für den Oxidhalbleiterfilm 111 verwendet. Alternativ sind vorzugsweise sowohl In als auch Zn enthalten. Um Schwankungen der elektrischen Eigenschaften der Transistoren, die den Oxidhalbleiter enthalten, zu verringern, enthält vorzugsweise der Oxidhalbleiter einen oder mehrere Stabilisatoren zusätzlich zu In und Zn.

[0102] Bezuglich der Stabilisatoren können Gallium (Ga), Zinn (Sn), Hafnium (Hf), Aluminium (Al) und Zirkonium (Zr) als Beispiele angegeben werden. Als weiterer Stabilisator können Lanthanoide 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) und Lutetium (Lu) als Beispiele angegeben werden.

[0103] Als Oxidhalbleiter, der für den Oxidhalbleiterfilm 111 verwendet werden kann, können beispielsweise die Folgenden verwendet werden: Indiumoxid, Zinnoxid oder Zinkoxid; ein zwei Arten von Metallen enthaltendes Oxid wie z. B. ein Oxid auf In-Zn-Basis, ein Oxid auf Sn-Zn-Basis, ein Oxid auf Al-Zn-Basis, ein Oxid auf Zn-Mg-Basis, ein Oxid auf Sn-Mg-Basis, ein Oxid auf In-Mg-Basis oder ein Oxid auf In-Ga-Basis; ein drei Arten von Metallen enthaltendes Oxid wie z. B. ein Oxid auf In-Ga-Zn-Basis (auch als IGZO bezeichnet), ein Oxid auf In-Al-Zn-Basis, ein Oxid auf In-Sn-Zn-Basis, ein Oxid auf Sn-Ga-Zn-Basis, ein Oxid auf Al-Ga-Zn-Basis, ein Oxid auf Sn-Al-Zn-Basis, ein Oxid auf In-Hf-Zn-Basis, ein Oxid auf In-Zr-Zn-Basis, ein Oxid auf In-Ti-Zn-Basis, ein Oxid auf In-Sc-Zn-Basis, ein Oxid auf In-Y-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 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 oder ein Oxid auf In-Lu-Zn-Basis; oder ein vier Arten von Metallen enthaltendes Oxid wie z. B. 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 oder ein Oxid auf In-Hf-Al-Zn-Basis.

[0104] Hier bezeichnet ein Oxid auf In-Ga-Zn-Basis ein Oxid, das In, Ga und Zn als Hauptkomponente enthält, und es gibt keine besondere Beschränkung bezüglich des Verhältnisses von In, Ga und Zn. Das Oxid auf In-Ga-Zn-Basis kann ein Metallelement enthalten, das von In, Ga und Zn verschieden ist.

[0105] Alternativ kann ein Material, das durch $\text{InMO}_3(\text{ZnO})^n$, ($n > 0$ wird erfüllt) dargestellt wird, als Oxidhalbleiter verwendet werden. Es sei angemerkt, dass M ein oder mehrere Metallelemente, die aus Ga, Fe, Mn und Co ausgewählt werden, oder das obige Element als Stabilisator darstellt.

[0106] Beispielsweise kann ein Metalloxid auf In-Ga-Zn-Basis, das In, Ga und Zn mit einem Atomverhältnis von 1:1:1 (= 1/3:1/3:1/3), 2:2:1 (= 2/5:2/5:1/5) oder 3:1:2 (= 1/2:1/6:1/3) enthält, verwendet werden. Alternativ kann ein Metalloxid auf In-Sn-Zn-Basis, das In, Sn und Zn mit einem Atomverhältnis von 1:1:1 (= 1/3:1/3:1/3), 2:1:3 (= 1/3:1/6:1/2) oder 2:1:5 (= 1/4:1/8:5/8) enthält, verwendet werden. Es sei angemerkt, dass der Anteil jedes Atoms in dem Atomverhältnis der Metallelemente im Fehlerbereich von $\pm 20\%$ schwankt.

[0107] Jedoch ist das Atomverhältnis nicht auf die oben Beschriebenen beschränkt, und ein Material mit dem geeigneten Atomverhältnis kann je nach erforderlichen Halbleitereigenschaften und elektrischen Eigenschaften (z. B. Feldeffekt-Mobilität und Schwellenspannung) verwendet werden. Um erforderliche Halbleitereigenschaften zu erhalten, ist es zu bevorzugen, dass die Ladungsträgerdichte, die Verunreinigungskonzentration, die Defektdichte, das Atomverhältnis eines Metallelements zu Sauerstoff, der Abstand zwischen Atomen, die Dichte und dergleichen auf geeignete Werte eingestellt werden. Beispielsweise kann verhältnismäßig leicht eine hohe Feldeffekt-Mobilität erzielt werden, in dem Fall, in dem das Metalloxid auf In-Sn-Zn-Basis verwendet wird. Doch kann auch in dem Fall, in dem das Metalloxid auf In-Ga-Zn-Basis verwendet wird, die Feldeffekt-Mobilität durch ein Verringern der Defektdichte im Bulk gesteigert werden.

[0108] Für den Oxidhalbleiterfilm 119 kann ein Oxidhalbleiter verwendet werden, der für den Oxidhalbleiterfilm 111 verwendet werden kann. Der Oxidhalbleiterfilm 119 kann gleichzeitig mit dem Oxidhalbleiterfilm 111 ausgebildet werden und enthält somit ein Metallelement eines Oxidhalbleiters, der in dem Oxidhalbleiterfilm 111 enthalten ist.

[0109] Der Isolierfilm 129, der Isolierfilm 131 und der Isolierfilm 132, die als Schutzisolierfilme des Transistors 103 und als dielektrische Filme des Kondensators 105 dienen, sind Isolierfilme, die jeweils unter Verwen-

dung eines Materials ausgebildet werden, das für den Gate-Isolierfilm 127 verwendet werden kann. Es ist besonders zu bevorzugen, dass die Isolierfilme 129 und 131 Oxidisolierfilme sind und der Isolierfilm 132 ein Nitridisolierfilm ist. Außerdem kann die Verwendung eines Nitridisolierfilms als der Isolierfilm 132 den Eintritt von Verunreinigungen, wie z. B. Wasserstoff und Wasser, in den Transistor 103 (insbesondere den Oxidhalbleiterfilm 111) von außen unterdrücken. Es sei angemerkt, dass der Isolierfilm 129 nicht notwendigerweise vorhanden ist.

[0110] Darüber hinaus sind vorzugsweise der Isolierfilm 129 und/oder der Isolierfilm 131 jeweils ein Oxidisolierfilm, der Sauerstoff mit einem höheren Anteil als Sauerstoff in der stöchiometrischen Zusammensetzung enthält. In diesem Fall kann es verhindert werden, dass Sauerstoff von dem Oxidhalbleiterfilm 111 freigesetzt wird, und der Sauerstoff in einem Sauerstoffüberschussbereich kann auf den Oxidhalbleiterfilm 111 übertragen werden, um Sauerstofffehlstellen zu kompensieren. Beispielsweise können dann, wenn ein Oxidisolierfilm, der das folgende Merkmal hat, verwendet wird, die Sauerstofffehlstellen in dem Oxidhalbleiterfilm 111 kompensiert werden. Das Merkmal des Oxidisolierfilms besteht darin, dass die Anzahl von Sauerstoffmolekülen, die von dem Oxidisolierfilm freigesetzt werden, größer als oder gleich $1,0 \times 10^{18}$ Moleküle/cm³ ist, wenn sie durch Thermodesorptions-Spektroskopie (nachstehend als TPD bezeichnet) gemessen wird. Es sei angemerkt, dass ein Oxidisolierfilm, der teilweise einen Bereich aufweist, der Sauerstoff mit einem höheren Anteil als Sauerstoff in der stöchiometrischen Zusammensetzung enthält (Sauerstoffüberschussbereich), als der Isolierfilm 129 und/oder der Isolierfilm 131 verwendet werden kann. Wenn sich ein solcher Sauerstoffüberschussbereich in einem Bereich befindet, der zumindest mit dem Oxidhalbleiterfilm 111 überlappt, wird es verhindert, dass Sauerstoff von dem Oxidhalbleiterfilm 111 freigesetzt wird, und der Sauerstoff in dem Sauerstoffüberschussbereich kann auf den Oxidhalbleiterfilm 111 übertragen werden, um Sauerstofffehlstellen zu kompensieren.

[0111] In dem Fall, in dem der Isolierfilm 131 ein Oxidisolierfilm ist, der Sauerstoff mit einem höheren Anteil als Sauerstoff in der stöchiometrischen Zusammensetzung enthält, ist der Isolierfilm 129 vorzugsweise ein Oxidisolierfilm, der Sauerstoff durchlässt. Sauerstoff, der in den Isolierfilm 129 von außen eintritt, dringt nicht vollständig durch den Isolierfilm 129 durch und wird übertragen, und ein Teil davon verbleibt in dem Isolierfilm 129. Außerdem gibt es Sauerstoff, der in dem Isolierfilm 129 von Anfang an enthalten ist und von dem Isolierfilm 129 nach außen übertragen wird. Daher ist der Isolierfilm 129 vorzugsweise ein Oxidisolierfilm mit einem hohen Sauerstoff-Diffusionskoeffizienten.

[0112] Da der Isolierfilm 129 in Kontakt mit dem Oxidhalbleiterfilm 111 steht, ist der Isolierfilm 129 vorzugsweise ein Oxidisolierfilm, durch den Sauerstoff durchgelassen wird und der die Grenzflächenzustandsdichte an der Grenzfläche zu dem Oxidhalbleiterfilm 111 verringern kann. Beispielsweise ist der Isolierfilm 129 vorzugsweise ein Oxidisolierfilm mit einer niedrigeren Defektdichte als der Isolierfilm 131. Insbesondere ist die Spindichte (spin density) des Isolierfilms 129 bei einem g-Wert von 2,001 (E'-center), welche durch Elektronenspinresonanz gemessen wird, niedriger als oder gleich $3,0 \times 10^{17}$ Spins/cm³, bevorzugt niedriger als oder gleich $5,0 \times 10^{16}$ Spins/cm³. Es sei angemerkt, dass die Spindichte bei einem g-Wert von 2,001, welche durch Elektronenspinresonanz gemessen wird, der Anzahl von offenen Bindungen in dem Isolierfilm 129 entspricht.

[0113] Die Dicke des Isolierfilms 129 kann größer als oder gleich 5 nm und kleiner als oder gleich 150 nm, bevorzugt größer als oder gleich 5 nm und kleiner als oder gleich 50 nm, stärker bevorzugt größer als oder gleich 10 nm und kleiner als oder gleich 30 nm sein. Die Dicke des Isolierfilms 131 kann größer als oder gleich 30 nm und kleiner als oder gleich 500 nm, bevorzugt größer als oder gleich 150 nm und kleiner als oder gleich 400 nm sein.

[0114] Wenn ein Oxidisolierfilm, der Sauerstoff durchlässt und der die Grenzflächenzustandsdichte zwischen dem Oxidhalbleiterfilm 111 und dem Oxidisolierfilm verringern kann, als der Isolierfilm 129 über dem Oxidhalbleiterfilm 111 verwendet wird, und ein Oxidisolierfilm, der einen Sauerstoffüberschussbereich aufweist, oder ein Oxidisolierfilm, der Sauerstoff mit einem höheren Anteil als Sauerstoff in der stöchiometrischen Zusammensetzung enthält, als der Isolierfilm 131 verwendet wird, kann Sauerstoff leicht zu dem Oxidhalbleiterfilm 111 zugeführt werden, die Freisetzung des Sauerstoffs von dem Oxidhalbleiterfilm 111 kann verhindert werden, und der Sauerstoff in dem Isolierfilm 131 kann auf den Oxidhalbleiterfilm 111 übertragen werden, um die Sauerstofffehlstellen in dem Oxidhalbleiterfilm 111 zu kompensieren. Somit kann es verhindert werden, dass der Transistor 103 ein „normalerweise eingeschaltet“-Verhalten zeigt.

[0115] In dem Fall, in dem ein stickstoffhaltiger Oxidisolierfilm wie z. B. ein Siliziumoxynitridfilm oder ein Siliziumnitridoxidfilm als der Isolierfilm 129 und/oder der Isolierfilm 131 verwendet wird, ist die Stickstoffkonzent-

ration, die durch SIMS gemessen wird, höher als oder gleich der Detektionsuntergrenze von SIMS und niedriger als 3×10^{20} Atome/cm³, bevorzugt höher als oder gleich 1×10^{18} Atome/cm³ und niedriger als oder gleich 1×10^{20} Atome/cm³. In diesem Fall kann die Menge an Stickstoff, der auf den Oxidhalbleiterfilm 111 in dem Transistor 103 übertragen wird, verringert werden, und die Anzahl von Defekten in dem stickstoffhaltigen Oxidisolierfilm selbst kann verringert werden.

[0116] In dem Fall, in dem ein Nitridisolierfilm als der Isolierfilm 132 verwendet wird, wird vorzugsweise ein Isolierfilm mit einer Barriereeigenschaft gegen Stickstoff als der Isolierfilm 129 und/oder der Isolierfilm 131 verwendet. Beispielsweise kann ein dichter Oxidisolierfilm eine Barriereeigenschaft gegen Stickstoff aufweisen. Insbesondere ist es zu bevorzugen, einen Oxidisolierfilm zu verwenden, der mit einer Geschwindigkeit von niedriger als oder gleich 10 nm pro Minute geätzt werden kann, wenn die Temperatur 25 °C ist und 0,5 Gew.-% Flusssäure verwendet wird.

[0117] Als der Isolierfilm 132 kann ein Nitridisolierfilm mit einem geringen Wasserstoffgehalt bereitgestellt werden. Der Nitridisolierfilm ist beispielsweise wie folgt: die Anzahl von Wasserstoffmolekülen, die von dem Nitridisolierfilm freigesetzt werden, ist kleiner als $5,0 \times 10^{21}$ /cm³, bevorzugt kleiner als $3,0 \times 10^{21}$ /cm³, stärker bevorzugt kleiner als $1,0 \times 10^{21}$ /cm³, wenn sie durch TPD gemessen wird.

[0118] Ferner hat der Nitridisolierfilm eine gute Stufenabdeckung und kann somit vorteilhaft als Schutzisolierfilm des Transistors 103 verwendet werden.

[0119] Der Isolierfilm 132 hat eine Dicke, mit der der Eintritt von Verunreinigungen wie z. B. Wasserstoff und Wasser von außen unterdrückt werden kann. Beispielsweise kann die Dicke größer als oder gleich 50 nm und kleiner als oder gleich 200 nm, bevorzugt größer als oder gleich 50 nm und kleiner als oder gleich 150 nm, stärker bevorzugt größer als oder gleich 50 nm und kleiner als oder gleich 100 nm sein.

[0120] Die Verwendung eines Nitridisolierfilms als der Isolierfilm 132 über dem Isolierfilm 131 kann den Eintritt von Verunreinigungen wie z. B. Wasserstoff und Wasser in den Oxidhalbleiterfilm 111 und den Oxidhalbleiterfilm 119 von außen unterdrücken. Darüber hinaus können unter Verwendung eines Nitridisolierfilms mit einem geringen Wasserstoffgehalt als der Isolierfilm 132 Schwankungen der elektrischen Eigenschaften des Transistors 103 unterdrückt werden.

[0121] Wenn ein Siliziumoxidfilm zwischen dem Isolierfilm 131 und dem Isolierfilm 132 bereitgestellt wird und der Nitridisolierfilm als der Isolierfilm 132 verwendet wird, kann der Eintritt von Verunreinigungen wie z. B. Wasserstoff und Wasser in den Oxidhalbleiterfilm 111 und den Oxidhalbleiterfilm 119 von außen weiter unterdrückt werden.

[0122] Alternativ kann ein Siliziumoxidfilm, der durch ein CVD-Verfahren unter Verwendung eines Organosilan-Gases ausgebildet wird, zwischen dem Isolierfilm 131 und dem Isolierfilm 132 bereitgestellt werden. Der Siliziumoxidfilm hat eine gute Stufenabdeckung und kann somit vorteilhaft als Schutzisolierfilm des Transistors 103 verwendet werden. Der Siliziumoxidfilm kann in einer Dicke von 300 nm bis einschließlich 600 nm ausgebildet werden. Als Organosilan-Gas kann eine der folgenden siliziumhaltigen Verbindungen verwendet werden: Tetraethylorthosilicat (TEOS) (chemische Formel: Si(OC₂H₅)₄); Tetramethylsilan (TMS) (chemische Formel: Si(CH₃)₄); Tetramethylcyclotetrasiloxan (TMCTS); Octamethylcyclotetrasiloxan (OMCTS); Hexamethyldisilazan (HMDS); Triethoxysilan (SiH(OC₂H₅)₃); Trisdimethylaminosilan (SiH(N(CH₃)₂)₃); oder dergleichen.

[0123] Die Pixelelektrode 121 kann unter Verwendung von einem lichtdurchlässigen leitenden Material wie z. B. Indiumzinnoxid, Indiumoxid, das Wolframoxid enthält, Indiumzinkoxid, das Wolframoxid enthält, Indiumoxid, das Titanoxid enthält, Indiumzinnoxid, das Titanoxid enthält, Indiumzinkoxid oder Indiumzinnoxid, zu dem Siliziumoxid hinzugefügt ist, ausgebildet werden.

[0124] Für das Substrat 150 kann ein Material verwendet werden, das für das Substrat 102 verwendet werden kann.

[0125] Der lichtundurchlässige Film 152 wird auch als Schwarzmatrix genannt und wird beispielsweise in einer Flüssigkristallanzeigevorrichtung bereitgestellt, um Austreten von Licht aus einer Lichtquelle wie z. B. Hintergrundbeleuchtung zu unterdrücken oder Kontrastverschlechterung wegen Mischung der Farben, die auftritt, wenn Farbanzeige mittels eines Farbilters durchgeführt wird, zu unterdrücken. Ein lichtundurchlässiger Film, der im Allgemeinen verwendet wird, kann als der lichtundurchlässiger Film 152 verwendet werden.

Ein Metall und ein organisches Harz, das einen Farbstoff enthält, können als Beispiele für ein lichtundurchlässiges Material angegeben werden. Alternativ kann der lichtundurchlässige Film 152 in einem Bereich außerhalb des Pixelabschnitts 100, wie z. B. über der Abtastleitungstreiberschaltung 104 und der Signalleitungstreiberschaltung 106 (siehe **Fig. 1A**) sowie in einem Bereich, der mit dem Transistor 103 überlappt, angeordnet werden.

[0126] Ferner kann ein Farbfilm, der Licht mit einer vorbestimmten Wellenlänge durchlässt, zwischen lichtundurchlässigen Filmen in jedem Pixel in dem Pixelabschnitt 100 bereitgestellt werden. Des Weiteren kann ein Beschichtungsfilm zwischen der Gegenelektrode, und den lichtundurchlässigen Filmen und dem Farbfilm bereitgestellt werden.

[0127] Für die Gegenelektrode 154 können Materialien, die für die Pixelelektrode 121 verwendet werden können, nach Bedarf verwendet werden.

[0128] Die Ausrichtungsfilme 156 und 158 können unter Verwendung eines Allzweckmaterials, wie z. B. Polyamid, ausgebildet werden.

[0129] Für den Flüssigkristall 160 kann ein thermotroper Flüssigkristall, ein niedermolekularer Flüssigkristall, ein hochmolekularer Flüssigkristall, ein polymerverteilter Flüssigkristall, ein ferroelektrischer Flüssigkristall, ein antiferroelektrischer Flüssigkristall oder dergleichen verwendet werden. Ein derartiges Flüssigkristallmaterial zeigt eine cholesterische Phase, eine smektische Phase, eine kubische Phase, eine chiral nematische Phase, eine isotrope Phase oder dergleichen, was von einer Gegebenheit abhängt.

[0130] Alternativ kann ein Flüssigkristall, der eine blaue Phase zeigt, für die ein Ausrichtungsfilm nicht notwendig ist, für den Flüssigkristall 160 verwendet werden. Eine blaue Phase ist eine von den Flüssigkristallphasen, die genau dann erzeugt wird, bevor sich eine cholesterische Phase zu einer isotropen Phase ändert, während die Temperatur des cholesterischen Flüssigkristalls zunimmt. Da die blaue Phase nur in einem schmalen Temperaturbereich auftritt, wird eine Flüssigkristallverbindung, in die ein chirales Material eingeschlossen ist, verwendet, um den Temperaturbereich zu verbessern. Es sei angemerkt, dass der Ausrichtungsfilm unter Verwendung eines organischen Harzes, das Wasserstoff, Wasser oder dergleichen enthält, ausgebildet wird, welches die elektrischen Eigenschaften des Transistors in der Halbleitervorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verschlechtern könnte. Angesichts des Obigen ermöglicht die Verwendung eines Flüssigkristalls, der eine blaue Phase zeigt, für den Flüssigkristall 160 eine Herstellung der Halbleitervorrichtung nach einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ohne organisches Harz, so dass die Halbleitervorrichtung hochzuverlässig sein kann.

[0131] Es sei angemerkt, dass die Struktur des Flüssigkristallelements 108 nach Bedarf entsprechend dem Anzeigemodus des Flüssigkristallelements 108 wie folgt geändert werden: die Formen der Pixelelektrode 121 und der Gegenelektrode 154 werden geändert, oder ein Vorsprung, der als Rippe bezeichnet wird, wird ausgebildet.

[0132] Ferner kann in der Halbleitervorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ein Bereich des Pixels 101, in dem der lichtundurchlässige Film 152 angeordnet ist, auf die folgende Weise verkleinert oder beseitigt werden: eine Polarisationsachse eines Polarisationsbauteils (eines Polarisationssubstrats) wird bereitgestellt, um zu dem lichtundurchlässigen Film 152 parallel zu sein, und der Anzeigemodus der Halbleitervorrichtung wird auf einen „normalerweise schwarz“-Modus festgesetzt, in dem das Flüssigkristallelement 108 Licht aus einer Lichtquelle wie z. B. einer Hintergrundbeleuchtung nicht durchlässt, wenn keine Spannung angelegt wird. Im Ergebnis kann das Öffnungsverhältnis des Pixels 101 verbessert werden, auch wenn die Größe eines Pixels so klein wie in einer Anzeigevorrichtung mit hoher Pixeldichte ist. Es sei angemerkt, dass das Öffnungsverhältnis unter Verwendung eines lichtdurchlässigen Kondensators weiter erhöht werden kann.

<Verfahren zum Herstellen einer Halbleitervorrichtung>

[0133] Ein Verfahren zum Herstellen der vorstehenden Halbleitervorrichtung wird anhand von **Fig. 7A**, **Fig. 7B**, **Fig. 8A** und **Fig. 8B** beschrieben.

[0134] Zuerst werden die Abtastleitung 107_m-1 und die Abtastleitung 107_m über dem Substrat 102 ausgebildet. Ein Isolierfilm, der zum Gate-Isolierfilm 127 zu verarbeiten ist, wird ausgebildet, um die Abtastleitung 107_m-1 und die Abtastleitung 107_m zu bedecken. Die Öffnung 123 wird in einem Bereich des Isolierfilms,

der in Kontakt mit der Abtastleitung 107_m-1 steht, ausgebildet, so dass der Gate-Isolierfilm 127 ausgebildet wird. Der Oxidhalbleiterfilm 111 wird ausgebildet, um mit der Abtastleitung 107_m zu überlappen. Der Oxidhalbleiterfilm 119 wird über dem Gate-Isolierfilm 127 und in der Öffnung 123 ausgebildet, um mit einem Bereich, auf dem die Pixelelektrode 121 auszubilden ist, zu überlappen (siehe **Fig. 7A**).

[0135] Die Abtastleitungen 107_m-1 und 107_m können derart ausgebildet werden, dass ein leitender Film unter Verwendung eines der oben angegebenen Materialien ausgebildet wird, eine Maske über dem leitenden Film ausgebildet wird, und der leitende Film mittels der Maske bearbeitet wird. Der leitende Film kann durch eines von verschiedenen Filmausbildungsverfahren wie z. B. ein Verdampfungsverfahren, ein CVD-Verfahren, ein Sputterverfahren und ein Rotationsbeschichtungsverfahren ausgebildet werden. Es sei angemerkt, dass es keine besondere Beschränkung hinsichtlich der Dicke des leitenden Films gibt, und dass die Dicke des leitenden Films unter Berücksichtigung der Zeit für die Ausbildung, des gewünschten spezifischen Widerstands oder dergleichen bestimmt werden kann. Als Maske kann eine Photolackmaske, die durch einen Photolithographieprozess ausgebildet wird, verwendet werden. Der leitende Film kann durch Trockenätsen und/oder Nassätzen bearbeitet werden.

[0136] Der Isolierfilm, der zum Gate-Isolierfilm 127 zu verarbeiten ist, kann unter Verwendung eines Materials, das für den Gate-Isolierfilm 127 verwendet werden kann, durch eines von verschiedenen Filmausbildungsverfahren wie z. B. ein CVD-Verfahren und ein Sputterverfahren ausgebildet werden. In dem Fall, in dem Galliumoxid für den Gate-Isolierfilm 127 verwendet wird, kann der Isolierfilm durch ein metallorganisches chemisches Gasphasenabscheidungs-(metal organic chemical vapor deposition: MOCVD-) Verfahren ausgebildet werden.

[0137] Die Öffnung 123 kann wie folgt ausgebildet werden: eine Maske wird über dem Isolierfilm ausgebildet, und der Isolierfilm wird mittels der Maske bearbeitet. Es sei angemerkt, dass die Maske ausgebildet werden kann und die Bearbeitung durchgeführt werden kann unter Bezugnahme auf den Herstellungsprozess der Abtastleitung 107_m-1 und der Abtastleitung 107_m.

[0138] Der Oxidhalbleiterfilm 111 und der Oxidhalbleiterfilm 119 können derart ausgebildet werden, dass einer der oben angegebenen Oxidhalbleiterfilme ausgebildet wird, eine Maske über dem ausgebildeten Oxidhalbleiterfilm ausgebildet wird, und der Oxidhalbleiterfilm mittels der Maske bearbeitet wird. Der Oxidhalbleiterfilm kann durch ein Sputterverfahren, ein Beschichtungsverfahren, ein Laserstrahlverdampfungsverfahren, ein Laserabtragungsverfahren oder dergleichen ausgebildet werden. Unter Verwendung eines Druckverfahrens können der Oxidhalbleiterfilm 111 und der Oxidhalbleiterfilm 119 wie nach Elementtrennung direkt auf dem Gate-Isolierfilm 127 ausgebildet werden. Als Leistungszufuhrgerät zum Erzeugen von Plasma in dem Fall, in dem der Oxidhalbleiterfilm durch ein Sputterverfahren ausgebildet wird, kann ein HF-Leistungszufuhrgerät, ein Wechselspannungszufuhrgerät, ein Gleichspannungszufuhrgerät oder dergleichen nach Bedarf verwendet werden. Als Sputtergas wird nach Bedarf eine Atmosphäre eines Edelgases (typischerweise Argon), Sauerstoff oder ein Gemischgas von einem Edelgas und Sauerstoff verwendet. Im Fall der Gemischatmosphäre von einem Edelgas und Sauerstoff ist der Anteil an Sauerstoff vorzugsweise höher als derjenige eines Edelgases. Es sei angemerkt, dass das Target gemäß der Zusammensetzung des auszubildenden Oxidhalbleiterfilms angemessen ausgewählt werden kann. Als Maske kann eine Photolackmaske, die durch einen Photolithographieprozess ausgebildet wird, verwendet werden. Der Oxidhalbleiterfilm kann durch Trockenätsen und/oder Nassätzen bearbeitet werden. Die Ätzbedingungen (wie z. B. ein Ätzgas oder eine Ätzlösung, Ätzzeit und Temperatur) werden geeignet in Abhängigkeit vom Material eingestellt, so dass der Oxidhalbleiterfilm 111 und der Oxidhalbleiterfilm 119 in gewünschte Formen geätzt werden können.

[0139] Eine Wärmebehandlung wird vorzugsweise nach dem Ausbilden der Oxidhalbleiterfilme 111 und 119 durchgeführt, um von den Oxidhalbleiterfilmen 111 und 119 Wasser oder Wasserstoff zu entziehen. Die Wärmebehandlung wird typischerweise bei einer Temperatur von höher als oder gleich 150 °C und niedriger als die untere Entspannungsgrenze (strain point) des Substrats, bevorzugt höher als oder gleich 200 °C und niedriger als oder gleich 450 °C, stärker bevorzugt höher als oder gleich 300 °C und niedriger als oder gleich 450 °C durchgeführt. Es sei angemerkt, dass die Wärmebehandlung an dem Oxidhalbleiterfilm durchgeführt werden kann, der noch nicht zu den Oxidhalbleiterfilmen 111 und 119 verarbeitet worden ist.

[0140] Bei der Wärmebehandlung ist eine Wärmebehandlungseinrichtung nicht auf einen Elektrofen beschränkt; die Wärmebehandlungseinrichtung kann eine Einrichtung sein, die ein Objekt durch Wärmeleitung oder Wärmestrahlung von einem Medium, wie z. B. einem erwärmten Gas oder dergleichen, erwärmt. Beispielsweise kann eine schnelle thermische Ausheilungs- (rapid thermal anneal: RTA-) Einrichtung, wie z. B. eine GRTA- (gas rapid thermal anneal) Einrichtung oder eine LRTA- (lamp rapid thermal anneal) Einrich-

tung verwendet werden. Eine LRTA-Einrichtung ist eine Einrichtung zum Erwärmen eines Objekts für die Verarbeitung durch Bestrahlung mit Licht (elektromagnetischen Wellen), das von einer Lampe emittiert wird, wie z. B. einer Halogenlampe, einer Metall-Halogenid-Lampe, einer Xenonbogenlampe, einer Kohlebogenlampe, einer Hochdruck-Natriumlampe oder einer Hochdruck-Quecksilberlampe. Eine GRTA-Einrichtung ist eine Einrichtung zum Durchführen einer Wärmebehandlung unter Verwendung eines Hochtemperaturgases.

[0141] Die Wärmebehandlung kann in einer Atmosphäre von Stickstoff, Sauerstoff, ultratrockener Luft (Luft, in der der Wassergehalt kleiner als oder gleich 20 ppm, bevorzugt kleiner als oder gleich 1 ppm, stärker bevorzugt kleiner als oder gleich 10 ppb ist) oder einem Edelgas (z. B. Argon oder Helium) durchgeführt werden. Die Atmosphäre von Stickstoff, Sauerstoff, ultratrockener Luft oder einem Edelgas enthält vorzugsweise keinen Wasserstoff, Wasser und dergleichen. Alternativ kann die Wärmebehandlung zuerst in einer Inertgasatmosphäre und dann in einer Sauerstoffatmosphäre durchgeführt werden. Es sei angemerkt, dass die Behandlungszeit 3 Minuten bis 24 Stunden dauert.

[0142] In dem Fall, in dem ein Basis-Isolierfilm zwischen dem Substrat 102, und der Abtastleitung 107_m-1, der Abtastleitung 107_m und dem Gate-Isolierfilm 127 angeordnet wird, kann der Basis-Isolierfilm unter Verwendung eines Films aus einem der Folgenden ausgebildet werden: Siliziumoxid, Siliziumoxynitrid, Siliziumnitrid, Siliziumnitridoxid, Galliumoxid, Hafniumoxid, Yttriumoxid, Aluminiumoxid, Aluminiumoxynitrid und dergleichen. Es sei angemerkt, dass dann, wenn der Basis-Isolierfilm unter Verwendung von Siliziumnitrid, Galliumoxid, Hafniumoxid, Yttriumoxid oder Aluminiumoxid ausgebildet wird, es möglich ist, Diffusion von Verunreinigungen wie z. B. einem Alkalimetall, Wasser und Wasserstoff von dem Substrat 102 in den Oxidhalbleiterfilm 111 zu unterdrücken. Der Basis-Isolierfilm kann durch ein Sputterverfahren oder ein CVD-Verfahren ausgebildet werden.

[0143] Als Nächstes werden die Signalleitung 109_n, die einen als Source-Elektrode dienenden Bereich aufweist, und der leitende Film 113, der einen als Drain-Elektrode dienenden Bereich aufweist, über dem Gate-Isolierfilm 127 ausgebildet (siehe **Fig. 7B**).

[0144] Die Signalleitung 109_n und der leitende Film 113 können wie folgt ausgebildet werden: ein leitender Film wird unter Verwendung eines Materials ausgebildet, das für die Signalleitung 109_n und den leitenden Film 113 anwendbar ist, eine Maske wird über dem leitenden Film ausgebildet, und der leitende Film wird mittels der Maske bearbeitet. Die Maske kann ausgebildet werden und die Bearbeitung kann durchgeführt werden unter Verweis auf den Herstellungsprozess der Abtastleitung 107_m-1 und der Abtastleitung 107_m. Es sei angemerkt, dass eine Oberfläche des Oxidhalbleiterfilms 111 gereinigt wird, nachdem die Signalleitung 109_n und der leitende Film 113 ausgebildet worden sind, so dass Schwankungen der elektrischen Eigenschaften des Transistors 103 verringert werden können. Für die Reinigung kann beispielsweise eine verdünnte Phosphorsäurelösung verwendet werden; insbesondere kann eine Phosphorsäurelösung, in der 85 % Phosphorsäure hundertfach verdünnt ist, verwendet werden.

[0145] Dann wird ein Isolierfilm 128 über dem Oxidhalbleiterfilm 111, dem Oxidhalbleiterfilm 119, der Signalleitung 109_n, dem leitenden Film 113 und dem Gate-Isolierfilm 127 ausgebildet, ein Isolierfilm 130 wird über dem Isolierfilm 128 ausgebildet, und ein Isolierfilm 133 wird über dem Isolierfilm 130 ausgebildet (siehe **Fig. 8A**). Die Isolierfilme 128, 130 und 133 werden vorzugsweise nacheinander ausgebildet, in welchem Falle der Eintritt von Verunreinigungen in jede Grenzfläche unterdrückt werden kann.

[0146] Der Isolierfilm 128 kann unter Verwendung eines Materials, das für den Gate-Isolierfilm 129 verwendet werden kann, durch eines von verschiedenen Filmausbildungsverfahren wie z. B. ein CVD-Verfahren und ein Sputterverfahren ausgebildet werden. Der Isolierfilm 130 kann unter Verwendung eines Materials, das für den Isolierfilm 131 verwendet werden kann, ausgebildet werden. Der Isolierfilm 133 kann unter Verwendung eines Materials, das für den Isolierfilm 132 verwendet werden kann, ausgebildet werden.

[0147] In dem Fall, in dem ein Oxidisolierfilm, der die Grenzflächenzustandsdichte zwischen dem Oxidhalbleiterfilm 111 und dem Oxidisolierfilm verringern kann, als der Isolierfilm 129 verwendet wird, kann der Isolierfilm 128 unter den folgenden Bedingungen ausgebildet werden. Hier wird als Oxidisolierfilm ein Siliziumoxidfilm oder ein Siliziumoxynitridfilm ausgebildet. Bezuglich der Ausbildungsbedingungen wird das Substrat, das in einer Behandlungskammer einer Plasma-CVD-Einrichtung platziert wird, die evakuiert worden ist, bei einer Temperatur von höher als oder gleich 180 °C und niedriger als oder gleich 400 °C, bevorzugt höher als oder gleich 200 °C und niedriger als oder gleich 370 °C gehalten, der Druck in der Behandlungskammer ist höher als oder gleich 20 Pa und niedriger als oder gleich 250 Pa, bevorzugt höher als oder gleich 40 Pa und niedriger als oder gleich 200 Pa, wobei ein Quellengas wie z. B. ein siliziumhaltiges Abscheidungsgas und ein Oxi-

dationsgas in die Behandlungskammer eingeleitet werden, und wobei eine Hochfrequenzleistung einer in den Behandlungskammer liegenden Elektrode zugeführt wird.

[0148] Typische Beispiele für das siliziumhaltige Abscheidungsgas umfassen Silan, Disilan, Trisilan und Silanfluorid. Beispiele für das Oxidationsgas umfassen Sauerstoff, Ozon, Distickstoffmonooxid und Stickstoffdioxid.

[0149] Durch Einstellen des Verhältnisses von der Menge des Oxidationsgases zu der Menge des siliziumhaltigen Abscheidungsgases auf 100 oder höher kann die Menge an Wasserstoff, der in dem Isolierfilm 128 (dem Isolierfilm 129) enthalten ist, verringert werden, und die Anzahl von offenen Bindungen in dem Isolierfilm 128 (dem Isolierfilm 129) kann verringert werden. Sauerstoff, der von dem Isolierfilm 130 (dem Isolierfilm 131) übertragen wird, wird in einigen Fällen von den offenen Bindungen in dem Isolierfilm 128 (dem Isolierfilm 129) eingefangen. Daher kann in dem Fall, in dem die offenen Bindungen in dem Isolierfilm 128 (dem Isolierfilm 129) verringert werden, Sauerstoff in dem Isolierfilm 130 (dem Isolierfilm 131) auf den Oxidhalbleiterfilm 111 in effizienter Weise übertragen werden, um die Sauerstofffehlstellen in dem Oxidhalbleiterfilm 111 zu kompensieren. Folglich kann die Menge von Wasserstoff, der in den Oxidhalbleiterfilm 111 eintritt, verringert werden und die Sauerstofffehlstellen in dem Oxidhalbleiterfilm 111 können verringert werden.

[0150] In dem Fall, in dem der obige Oxidisolierfilm, der einen Sauerstoffüberschussbereich aufweist, oder der obige Oxidisolierfilm, der Sauerstoff mit einem höheren Anteil als Sauerstoff in der stöchiometrischen Zusammensetzung enthält, als der Isolierfilm 131 verwendet wird, kann der Isolierfilm 131 unter den folgenden Ausbildungsbedingungen ausgebildet werden. Hier wird als Oxidisolierfilm ein Siliziumoxidfilm oder ein Siliziumoxynitridfilm ausgebildet. Bezüglich der Ausbildungsbedingungen wird das Substrat, das in einer Behandlungskammer einer Plasma-CVD-Einrichtung platziert wird, die evakuiert worden ist, bei einer Temperatur von höher als oder gleich 180 °C und niedriger als oder gleich 260 °C, bevorzugt höher als oder gleich 180 °C und niedriger als oder gleich 230 °C gehalten, der Druck in der Behandlungskammer ist höher als oder gleich 100 Pa und niedriger als oder gleich 250 Pa, bevorzugt höher als oder gleich 100 Pa und niedriger als oder gleich 200 Pa, wobei ein Quellengas in die Behandlungskammer eingeleitet wird, und eine Hochfrequenzleistung, die höher als oder gleich 0,17 W/cm² und niedriger als oder gleich 0,5 W/cm², bevorzugt höher als oder gleich 0,25 W/cm² und niedriger als oder gleich 0,35 W/cm² ist, wird einer in der Behandlungskammer liegenden Elektrode zugeführt.

[0151] Als Quellengas für den Isolierfilm 130 kann das Quellengas, das zum Ausbilden des Isolierfilms 128 verwendet werden kann, verwendet werden.

[0152] Als die Bedingungen zum Ausbilden des Isolierfilms 130 wird die Hochfrequenzleistung mit der obigen Leistungsdichte der Behandlungskammer unter dem obigen Druck zugeführt, wodurch die Abbaueffizienz des Quellengases in Plasma erhöht wird, Sauerstoffradikale vermehrt werden, und die Oxidation des Quellengases gefördert wird. Somit wird der Sauerstoffgehalt des Isolierfilms 130 größer als derjenige in der stöchiometrischen Zusammensetzung. Außerdem ist in dem Film, der bei einer Substrattemperatur im obigen Temperaturbereich ausgebildet wird, die Bindung zwischen Silizium und Sauerstoff schwach; deshalb kann ein Teil von Sauerstoff in dem Film durch eine Wärmebehandlung in dem späteren Schritt freigesetzt werden. Dadurch ist es möglich, einen Oxidisolierfilm auszubilden, der Sauerstoff mit einem höheren Anteil als die stöchiometrische Zusammensetzung enthält und von dem ein Teil des Sauerstoffs durch Erwärmung freigesetzt wird. Darüber hinaus ist der Isolierfilm 128 über dem Oxidhalbleiterfilm 111 bereitgestellt. Deshalb dient der Isolierfilm 128 als Schutzfilm des Oxidhalbleiterfilms 111 in dem Prozess zum Ausbilden des Isolierfilms 130. Deswegen können Beschädigungen an den Oxidhalbleiterfilm 111 unterdrückt werden, auch wenn der Isolierfilm 130 unter Verwendung der Hochfrequenzleistung mit einer hohen Leistungsdichte ausgebildet wird.

[0153] Durch Vergrößern der Dicke des Isolierfilms 130 kann die Menge von Sauerstoff, der durch Erwärmung freigesetzt wird, erhöht werden; somit wird der Isolierfilm 130 vorzugsweise dicker als der Isolierfilm 128 bereitgestellt. Dadurch, dass der Isolierfilm 128 bereitgestellt ist, kann eine günstige Abdeckung erhalten werden, auch wenn der Isolierfilm 130 dick ausgebildet wird.

[0154] Der Isolierfilm 132 kann durch ein Sputterverfahren, ein CVD-V erfahren oder dergleichen ausgebildet werden. In dem Fall, in dem ein Nitridisolierfilm mit einem kleinen Wasserstoffgehalt als der Isolierfilm 132 verwendet wird, kann der Isolierfilm 133 unter den folgenden Ausbildungsbedingungen ausgebildet werden. Hier wird als der Nitridisolierfilm ein Siliziumnitridfilm ausgebildet. Bezüglich der Ausbildungsbedingungen wird das Substrat, das in einer Behandlungskammer der Plasma-CVD-Einrichtung platziert wird, die evakuiert

worden ist, bei einer Temperatur von höher als oder gleich 80 °C und niedriger als oder gleich 400 °C, bevorzugt höher als oder gleich 200 °C und niedriger als oder gleich 370 °C gehalten, der Druck in der Behandlungskammer ist größer als oder gleich 100 Pa und kleiner als oder gleich 250 Pa, bevorzugt größer als oder gleich 100 Pa und kleiner als oder gleich 200 Pa, wobei ein Quellengas in die Behandlungskammer eingeleitet wird, und eine Hochfrequenzleistung wird einer in den Behandlungskammer liegenden Elektrode zugeführt.

[0155] Als Quellengas für den Isolierfilm 133 werden ein siliziumhaltiges Abscheidungsgas, Stickstoff und Ammoniak vorzugsweise verwendet. Typische Beispiele für das siliziumhaltige Abscheidungsgas umfassen Silan, Disilan, Trisilan und Silanfluorid. Ferner ist die Durchflussmenge von Stickstoff 5-mal bis 50-mal, bevorzugt 10-mal bis 50-mal so hoch wie diejenige von Ammoniak. Die Verwendung von Ammoniak als Quellengas kann den Abbau des Abscheidungsgases, das Silizium und Stickstoff enthält, fördern. Das liegt daran, dass Ammoniak durch Plasma-Energie oder Wärmeenergie dissoziiert wird, und dass die durch die Dissoziation erzeugte Energie zum Abbau einer Bindung der Moleküle des siliziumhaltigen Abscheidungsgases und einer Bindung von Stickstoffmolekülen beiträgt. Unter den vorstehenden Bedingungen kann ein Siliziumnitridfilm ausgebildet werden, der einen kleinen Wasserstoffgehalt hat und den Eintritt von Verunreinigungen wie z. B. Wasserstoff und Wasser von außen unterdrücken kann.

[0156] In dem Fall, in dem ein Siliziumoxidfilm, der unter Verwendung eines Organosilan-Gases durch ein CVD-Verfahren ausgebildet wird, zwischen dem Isolierfilm 131 und dem Isolierfilm 132 ausgebildet wird, wird der Siliziumoxidfilm unter Verwendung eines der oben angegebenen Organosilan-Gase durch ein CVD-Verfahren über dem Isolierfilm 130 ausgebildet.

[0157] Es ist zu bevorzugen, dass eine Wärmebehandlung zumindest nach dem Ausbilden des Isolierfilms 130 durchgeführt wird, so dass Sauerstoff in dem Isolierfilm 128 oder in dem Isolierfilm 130 zumindest auf den Oxidhalbleiterfilm 111 übertragen wird, um Sauerstofffehlstellen in dem Oxidhalbleiterfilm 111 zu kompensieren. Die Wärmebehandlung kann angemessen unter bezugnahme auf die Details der Wärmebehandlung zum Entziehen von Wasser oder Wasserstoff des Oxidhalbleiterfilms 111 und des Oxidhalbleiterfilms 119 durchgeführt werden.

[0158] Einer von bevorzugten Herstellungsprozessen des Transistors 103 wird im Folgenden beschrieben. Ein Oxidisolierfilm, dessen Wasserstoffgehalt größer als derjenige in der stöchiometrischen Zusammensetzung ist und von dem ein Teil von Wasserstoff durch Erwärmung freigesetzt wird, wird als der Isolierfilm 130 ausgebildet, der Isolierfilm 130 wird bei 350 °C erwärmt, ein Siliziumoxidfilm wird unter Verwendung eines der oben angegebenen Organosilan-Gase durch ein CVD-Verfahren ausgebildet, wobei die Substrattemperatur auf 350 °C gehalten ist, und ein Nitridisolierfilm, dessen Wasserstoffgehalt klein ist, wird als der Isolierfilm 132 bei einer Substrattemperatur von 350 °C ausgebildet.

[0159] Als Nächstes wird die Öffnung 117, die den leitenden Film 113 erreicht, in einem Bereich der Isolierfilme 128, 130 und 133, der mit dem leitenden Film 113 überlappt, ausgebildet, so dass die Isolierfilme 129, 131 und 132 ausgebildet werden (siehe **Fig. 8B**); und dann wird die Pixelelektrode 121 über dem Isolierfilm 132 und in der Öffnung 117 ausgebildet (siehe **Fig. 6**).

[0160] Die Öffnung 117 kann auf eine Weise, die derjenigen der Öffnung 123 ähnlich ist, ausgebildet werden. Die Pixelelektrode 121 wird derart ausgebildet, dass ein leitender Film unter Verwendung eines der oben angegebenen Materialien ausgebildet wird, um durch die Öffnung 117 in Kontakt mit dem leitenden Film 113 zu stehen, eine Maske über dem leitenden Film ausgebildet wird, und der leitende Film mittels der Maske bearbeitet wird. Unter bezugnahme auf den Herstellungsprozess der Abtastleitung 107_m-1 und der Abtastleitung 107_m kann die Maske ausgebildet und die Bearbeitung durchgeführt werden.

[0161] Dann wird der Ausrichtungsfilm 158 über dem Isolierfilm 132 und der Pixelelektrode 121 ausgebildet. Danach wird der lichtundurchlässige Film 152 auf dem Substrat 150 ausgebildet, die Gegenelektrode 154 wird ausgebildet, um den lichtundurchlässigen Film 152 zu bedecken, und der Ausrichtungsfilm 156 wird auf der Gegenelektrode 154 ausgebildet. Der Flüssigkristall 160 wird über dem Ausrichtungsfilm 158 bereitgestellt, das Substrat 150 wird über dem Substrat 102 bereitgestellt, so dass der Ausrichtungsfilm 156 in Kontakt mit dem Flüssigkristall 160 steht, und das Substrat 102 und das Substrat 150 werden mit einem Dichtungsmaterial (nicht dargestellt) aneinander befestigt.

[0162] Die Ausrichtungsfilme 156 und 158 können unter Verwendung des obigen Materials durch eines von verschiedenen Filmausbildungsverfahren wie z. B. ein Rotationsbeschichtungsverfahren und ein Druckverfahren ausgebildet werden.

[0163] Der lichtundurchlässige Film 152 kann beispielsweise durch ein Sputterverfahren unter Verwendung von einem Metall wie z. B. Titan oder Chrom ausgebildet werden und kann mittels einer Maske bearbeitet werden.

[0164] Die Gegenelektrode 154 kann unter Verwendung des Materials, das für die Pixelelektrode 121 verwendet werden kann, durch eines von verschiedenen Filmausbildungsverfahren wie z. B. einen CVD-Verfahren und ein Sputterverfahren ausgebildet werden.

[0165] Der Flüssigkristall 160 kann direkt auf dem Ausrichtungsfilm 158 durch ein Dispenserverfahren (ein Tropfverfahren) bereitgestellt werden. Alternativ kann der Flüssigkristall 160 mittels eines Kapillareffektes oder dergleichen injiziert werden, nachdem das Substrat 102 und das Substrat 150 aneinander befestigt worden sind. Außerdem werden die Ausrichtungsfilme 156 und 158 vorzugsweise einer Reibungsbehandlung unterzogen, so dass die Ausrichtung des Flüssigkristalls 160 leicht durchgeführt wird.

[0166] Durch den vorstehenden Prozess kann die Halbleitervorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung hergestellt werden (siehe **Fig. 6**).

<Modifikationsbeispiel 1>

[0167] In der Halbleitervorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann eine Verbindung zwischen dem Halbleiterfilm (insbesondere dem Oxidhalbleiterfilm), der als eine Elektrode des Kondensators dient, und der Abtastleitung, die als Kondensatorleitung dient, bei Bedarf verändert werden. Um die Leitfähigkeit des Halbleiterfilms zu erhöhen, kann beispielsweise ein leitender Film in Kontakt mit einem Teil des Halbleiterfilms bereitgestellt werden, so dass der Halbleiterfilm und die Abtastleitung elektrisch miteinander über den leitenden Film verbunden werden können.

[0168] Es sei angemerkt, dass in den Zeichnungen, die Modifikationsbeispiele darstellen, das Substrat 150, der lichtundurchlässige Film 152, die Gegenelektrode 154, der Ausrichtungsfilm 156, der Ausrichtungsfilm 158 und der Flüssigkristall 160 der Klarheit halber nicht gezeigt sind. Außerdem werden in den Zeichnungen, die die Modifikationsbeispiele darstellen, die in **Fig. 5** oder **Fig. 6** verwendeten Bezugssymbole bei Bedarf verwendet.

[0169] Ein konkretes Beispiel für die Struktur wird anhand von **Fig. 9**, **Fig. 10A** und **Fig. 10B** beschrieben. Hier werden nur Teile, die andere als diejenigen bei der Struktur in **Fig. 5** und **Fig. 6** sind, beschrieben. Es sei angemerkt, dass **Fig. 9** eine Draufsicht des Pixels 101 (m, n) ist, **Fig. 10A** eine Querschnittsansicht entlang der Strich-Punkt-Linie A1-A2 und der Strich-Punkt-Linie B1-B2 in **Fig. 9** ist, und **Fig. 10B** eine Querschnittsansicht entlang der Strich-Punkt-Linie C1-C2 in **Fig. 9** ist.

[0170] In dem Pixel 101 (m, n) in **Fig. 9** steht ein leitender Film 167 in Kontakt mit dem Oxidhalbleiterfilm 119 entlang dessen Randbereich und steht in Kontakt mit der Abtastleitung 107_m-1 durch die Öffnung 123. Der leitende Film 167 kann durch Anwenden des Herstellungsprozesses der Signalleitung 109_n und des leitenden Films 113 ausgebildet werden. Das heißt, dass der leitende Film 167 in einigen Fällen eine lichtundurchlässige Eigenschaft hat und daher vorzugsweise eine Schleifenform hat. Es sei angemerkt, dass eine größere Kontaktfläche zwischen dem leitenden Film 167 und dem Oxidhalbleiterfilm 119 ermöglicht, dass der Oxidhalbleiterfilm 119 leicht als eine Elektrode des Kondensators 105 dient.

[0171] Ferner wird in dem Pixel 101 (m, n) in **Fig. 9** die Form des Oxidhalbleiterfilms 119 vorzugsweise nach Bedarf so geändert, dass der Oxidhalbleiterfilm 119 und die Abtastleitung 107_m-1 in Kontakt mit dem leitenden Film 167 stehen.

[0172] Wie in **Fig. 10A** und **Fig. 10B** gezeigt ist, ist der leitende Film 167 angeordnet, um einen Randbereich des Oxidhalbleiterfilms 119 des Kondensators 105 zu bedecken.

[0173] Alternativ kann der leitende Film 167 in Kontakt mit dem Oxidhalbleiterfilm 119 in einer Schleifenform mit einer Spalte bereitgestellt sein.

[0174] Zwar ist der leitende Film 167 in dem Pixel 101 (m, n) in **Fig. 9**, **Fig. 10A** und **Fig. 10B** in einer Schleifenform ausgebildet, aber der leitende Film 167 kann in Kontakt mit nur einem Teil des Randbereichs des Oxidhalbleiterfilms 119 stehen (siehe **Fig. 11**). Es sei angemerkt, dass auch in dem Pixel 101 (m, n) in **Fig. 11** der Oxidhalbleiterfilm 119 und die Abtastleitung 107_m-1 elektrisch miteinander über den leitenden Film 167 verbunden sind.

[0175] Bei der Struktur, bei der der Oxidhalbleiterfilm 119 in direktem Kontakt mit der Abtastleitung 107_m-1 steht, kann der leitende Film 167 in Kontakt mit einem Teil des Oxidhalbleiterfilms 119 bereitgestellt sein, um die Leitfähigkeit des Oxidhalbleiterfilms 119 zu erhöhen. Mit anderen Worten: der leitende Film 167 kann in Kontakt mit dem Oxidhalbleiterfilm 119, aber nicht in Kontakt mit der Abtastleitung 107_m-1 stehen. Beispielsweise kann wie in **Fig. 12**, **Fig. 13A** und **Fig. 13B** gezeigt der leitende Film 167 in einer Schleifenform ausgebildet werden, die nicht in Kontakt mit der Abtastleitung 107_m-1 steht. Es sei angemerkt, dass **Fig. 12** eine Draufsicht des Pixels 101 (m, n) mit der obigen Struktur ist, **Fig. 13A** eine Querschnittsansicht entlang der Strich-Punkt-Linie A1-A2 und der Strich-Punkt-Linie B1-B2 in **Fig. 12** ist, und **Fig. 13B** eine Querschnittsansicht entlang der Strich-Punkt-Linie C1-C2 in **Fig. 12** ist.

<Modifikationsbeispiel 2>

[0176] In dem Pixel 101 (m, n) in **Fig. 5** und **Fig. 6** oder den Pixeln 101 (m, n) in **Fig. 9**, **Fig. 10A**, **Fig. 10B**, **Fig. 11**, **Fig. 12**, **Fig. 13A** und **Fig. 13B** kann ein organischer Isolierfilm angeordnet werden, um die parasitäre Kapazität, die zwischen der Pixelelektrode 121 und dem leitenden Film 113 erzeugt wird, oder die parasitäre Kapazität, die zwischen der Pixelelektrode 121 und dem leitenden Film 167 erzeugt wird, zu verringern. Der organische Isolierfilm kann in einem Bereich angeordnet werden, wo die parasitäre Kapazität erzeugt wird. Mit anderen Worten: der organische Isolierfilm ist teilweise in dem Pixel 101 (m, n) angeordnet.

[0177] Für den organischen Isolierfilm kann ein lichtempfindliches organisches Harz oder ein nicht lichtempfindliches organisches Harz verwendet werden; beispielsweise kann ein Acrylharz, ein Harz auf Benzocyclobuten-Basis, ein Epoxidharz, ein Harz auf Siloxan-Basis oder dergleichen verwendet werden. Alternativ kann Polyamid für den organischen Isolierfilm verwendet werden.

[0178] Um den organischen Isolierfilm teilweise in dem Pixel 101 (m, n) bereitzustellen, wird ein Isolierfilm unter Verwendung eines der oben angegebenen Materialien ausgebildet und dann muss der Isolierfilm unter Umständen bearbeitet werden. Das Verfahren zum Ausbilden des organischen Isolierfilms ist nicht besonders beschränkt, und kann nach Bedarf entsprechend einem verwendeten Material ausgewählt werden. Beispielsweise kann Rotationsbeschichtung, Tauchen, Sprühbeschichtung, ein Tröpfchenabgabeverfahren (ein Tintenstrahlverfahren), Siebdruck, Offsetdruck oder dergleichen eingesetzt werden. Wenn ein lichtempfindliches organisches Harz für den organischen Isolierfilm verwendet wird, ist eine Photolackmaske unnötig beim Ausbilden des organischen Isolierfilms; somit kann ein Prozess vereinfacht werden.

[0179] Im Allgemeinen enthält ein organisches Harz viel Wasserstoff und Wasser; wenn ein organisches Harz über dem Transistor 103 (im Besonderen über dem Oxidhalbleiterfilm 111) angeordnet ist, diffundieren daher Wasserstoff und Wasser, die in dem organischen Harz enthalten sind, in den Transistor 103 (im Besonderen in den Oxidhalbleiterfilm 111) und könnten die elektrischen Eigenschaften des Transistors 103 verschlechtern. Aus diesem Grund ist zu bevorzugen, dass das organische Harz zumindest nicht in einem Bereich angeordnet ist, der mit dem Oxidhalbleiterfilm 111 überlappt.

<Modifikationsbeispiel 3>

[0180] In jedem der Pixel 101 (m, n) in **Fig. 5** und **Fig. 6** und der Pixel 101 (m, n) in **Fig. 9**, **Fig. 10A**, **Fig. 10B**, **Fig. 11**, **Fig. 12**, **Fig. 13A** und **Fig. 13B** ist die Form des Transistors 103 nicht auf die Formen der Transistoren in den obigen Zeichnungen beschränkt und kann nach Bedarf geändert werden. Beispielsweise kann wie in dem Pixel 101 (m, n) in **Fig. 14** der Transistor 103 ein Transistor 169 sein, in dem ein als Source-Elektrode dienender Bereich in der Signalleitung 109 n eine U-Form (oder eine C-Form, eine eckige Klammer-Form oder eine Hufeisenform) hat, um einen als Drain-Elektrode dienenden Bereich in dem leitenden Film 113 zu umgeben. Mit einer solchen Form kann eine ausreichende Kanalbreite auch in einem Transistor mit einer kleinen Fläche gewährleistet werden, und somit kann die Menge eines Durchlassstroms (on-state current) des Transistors vergrößert werden. Es sei angemerkt, dass andere Bestandteile des Pixels 101 (m, n) in **Fig. 14** denjenigen in **Fig. 5** ähnlich sind.

<Modifikationsbeispiel 4>

[0181] In jedem der Pixel 101 (m, n) in **Fig. 5** und **Fig. 6** und der Pixel 101 (m, n) in **Fig. 9**, **Fig. 10A**, **Fig. 10B**, **Fig. 11**, **Fig. 12**, **Fig. 13A** und **Fig. 13B** wird ein Kanal-geätzter Transistor als der Transistor 103 verwendet. Der Transistor 103 kann ein Kanal schützender Transistor (channel protective transistor) 183 in **Fig. 15** sein. Die Struktur des Transistors 183 in **Fig. 15** ist gleich derjenigen des Transistors 103 in **Fig. 6**, außer dass ein Kanal-schützender Film 182 zwischen dem Oxidhalbleiterfilm 111 und der Signalleitung 109_n angeordnet ist, die einen als Source-Elektrode dienenden Bereich aufweist, und zwischen dem Oxidhalbleiterfilm 111 und dem leitenden Film 113 angeordnet ist, der einen als Drain-Elektrode dienenden Bereich aufweist.

[0182] Um den Transistor 183 in **Fig. 15** auszubilden, wird der Kanal schützende Film 182 über dem Oxidhalbleiterfilm 111 ausgebildet, und dann werden die Signalleitung 109_n und der leitende Film 113 ausgebildet. Der Kanal-schützende Film 182 kann unter Verwendung eines Materials für den Isolierfilm 129 des Transistors 103 ausgebildet werden. Mit einer derartigen Struktur muss ein Isolierfilm entsprechend dem Isolierfilm 129 des Transistors 103 nicht zusätzlich in dem Transistor 183 angeordnet werden. Mit dem Kanal schützenden Film 182 ist die Oberfläche des Oxidhalbleiterfilms 111 nicht einer Ätzlösung oder einem Ätzgas, die/das in dem Herstellungsprozess der Signalleitung 109_n und des leitenden Films 113 benutzt wird, ausgesetzt, so dass Verunreinigungen zwischen dem Oxidhalbleiterfilm 111 und dem Kanal schützenden Film 182 verringert werden können. Im Ergebnis kann ein Leckstrom, der zwischen der Signalleitung 109_n und dem leitenden Film 113 des Transistors 183 fließt, verringert werden. Außerdem kann mit dem Kanal-schützenden Film 182 verhindert werden, dass der Oxidhalbleiterfilm 111 (im Besonderen ein Kanalbildungsbereich) beschädigt wird, wenn die Bearbeitung zum Ausbilden der Signalleitung 109_n und des leitenden Films 113 durchgeführt wird.

<Modifikationsbeispiel 5>

[0183] In jedem des Pixels 101 (m, n) in **Fig. 5** und **Fig. 6** und der Pixel 101 (m, n) in **Fig. 9**, **Fig. 10A**, **Fig. 10B**, **Fig. 11**, **Fig. 12**, **Fig. 13A** und **Fig. 13B** liegt der Oxidhalbleiterfilm 111 des Transistors 103 zwischen dem Gate-Isolierfilm 127 und der Signalleitung 109_n, die einen als Source-Elektrode dienenden Bereich aufweist, und zwischen dem Gate-Isolierfilm 127 und dem leitenden Film 113, der einen als Drain-Elektrode dienenden Bereich aufweist. Ein Transistor 190, in dem wie in **Fig. 16** gezeigt ein Oxidhalbleiterfilm 195 zwischen dem Isolierfilm 129 und der Signalleitung 109_n, die einen als Source-Elektrode dienenden Bereich aufweist, und zwischen dem Isolierfilm 129 und dem leitenden Film 113, der einen als Drain-Elektrode dienenden Bereich aufweist, liegt, kann als der Transistor 103 verwendet werden. Die Struktur des Transistors 190 in **Fig. 16** ist gleich derjenigen des Transistors 103 in **Fig. 6**, außer der Position des Oxidhalbleiterfilms 195.

[0184] Um den Transistor 190 in **Fig. 16** auszubilden, werden die Signalleitung 109_n und der leitende Film 113 ausgebildet, und dann wird der Oxidhalbleiterfilm 195 ausgebildet. Daher ist eine Oberfläche des Oxidhalbleiterfilms 195 nicht einer Ätzlösung oder einem Ätzgas in dem Herstellungsprozess der Signalleitung 109_n und des leitenden Films 113 ausgesetzt, so dass Verunreinigungen zwischen dem Oxidhalbleiterfilm 195 und dem Isolierfilm 129 verringert werden können. Im Ergebnis kann ein Leckstrom, der zwischen der Signalleitung 109_n und dem leitenden Film 113 des Transistors 190 fließt, verringert werden.

<Modifikationsbeispiel 6>

[0185] In jedem der Pixel 101 (m, n) in **Fig. 5** und **Fig. 6** und der Pixel 101 (m, n) in **Fig. 9**, **Fig. 10A**, **Fig. 10B**, **Fig. 11**, **Fig. 12**, **Fig. 13A** und **Fig. 13B** kann ein Transistor 185, der zwei einander zugewandte Gate-Elektroden wie in **Fig. 17** beinhaltet, wobei der Oxidhalbleiterfilm 111 dazwischen liegt, anstatt des Transistors 103 mit einer einzelnen Gate-Elektrode verwendet werden.

[0186] In dem Transistor 185 ist ein leitender Film 187 über dem Isolierfilm 132 eines des Transistors 103, des Transistors 169, des Transistors 183 und des Transistors 190, die bei dieser Ausführungsform beschrieben worden sind, angeordnet. Der leitende Film 187 überlappt zumindest mit dem Kanalbildungsbereich des Oxidhalbleiterfilms 111. Die Breite des leitenden Films 187 in der Kanallängenrichtung kann beispielsweise kürzer als die Distanz zwischen der Signalleitung 109_n, die einen als Source-Elektrode des Transistors dienenden Bereich aufweist, und dem als Drain-Elektrode dienenden leitenden Film 113 sein. Der leitende Film 187 ist vorzugsweise angeordnet, um mit dem Kanalbildungsbereich des Oxidhalbleiterfilms 111 zu überlappen, und das Potential des leitenden Films 187 ist vorzugsweise das niedrigste Potential des Bildsig-

nals, das in die Signalleitung 109_n eingegeben wird. Folglich kann ein Strom, der in einem Bereich des Oxidhalbleiterfilms 111 an der Seite des leitenden Films 187 und zwischen der Source-Elektrode und der Drain-Elektrode fließt, gesteuert werden. Somit können Schwankungen der elektrischen Eigenschaften zwischen Transistoren in dem Pixelabschnitt 100 verringert werden. Des Weiteren verringert der leitende Film 187 einen Einfluss einer Veränderung eines umgebenden elektrischen Feldes auf den Oxidhalbleiterfilm 111, was zur Verbesserung der Zuverlässigkeit des Transistors führt.

[0187] Folglich wird ein Halbleiterfilm als eine Elektrode eines Kondensators in dem gleichen Prozess wie ein Halbleiterfilm eines Transistors ausgebildet, wodurch eine Halbleitervorrichtung hergestellt werden kann, in der das Öffnungsverhältnis erhöht wird und die Kapazität des Kondensators erhöht wird. Darüber hinaus kann eine Erhöhung des Öffnungsverhältnisses eine Hableitervorrichtung mit ausgezeichneter Anzeigegerätigkeit bereitstellen.

[0188] Ferner werden Sauerstofffehlstellen und Verunreinigungen wie z. B. Wasserstoff und Stickstoff in dem Halbleiterfilm (insbesondere dem Oxidhalbleiterfilm) des Transistors verringert, so dass die Halbleitervorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung günstige elektrische Eigenschaften hat.

[0189] Es sei angemerkt, dass die bei dieser Ausführungsform beschriebene Struktur und dergleichen nach Bedarf in Kombination mit einer der Strukturen bei den anderen Ausführungsformen verwendet werden können.

(Ausführungsform 2)

[0190] Bei dieser Ausführungsform wird eine Halbleitervorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, die eine andere Struktur als diejenigen bei der obigen Ausführungsform hat, anhand von Zeichnungen beschrieben. In der bei dieser Ausführungsform beschriebenen Halbleitervorrichtung ist die Struktur eines Kondensators anders als diejenige des Kondensators bei der obigen Ausführungsform. Man kann hinsichtlich der Bestandteile in der Halbleitervorrichtung bei dieser Ausführungsform, die denjenigen der Halbleitervorrichtung bei der obigen Ausführungsform ähnlich sind, auf die obige Ausführungsform Bezug nehmen.

<Struktur einer Halbleitervorrichtung>

[0191] **Fig. 18** ist eine Draufsicht eines Pixels bei dieser Ausführungsform. Das Pixel 101 (m, n) in **Fig. 18** hat eine Struktur, bei der ein Kondensator 205 anstelle des Kondensators 105 in dem Pixel 101(m, n) in **Fig. 5** angeordnet ist. In dem Pixel 101(m, n) in **Fig. 18** ist ein Isolierfilm 232 (nicht gezeigt) in Kontakt mit dem Oxidhalbleiterfilm 119 in einem Bereich angeordnet, der durch Strich-Doppelpunkt-Linien dargestellt ist, im Gegensatz zu dem Pixel 101 (m, n) in **Fig. 5**. Das heißt, dass in dem Pixel 101 (m, n) in **Fig. 18** ein Isolierfilm 229 (nicht gezeigt) und ein Isolierfilm 231 (nicht gezeigt) in dem Bereich entfernt sind, der durch Strich-Doppelpunkt-Linien dargestellt ist. Das bedeutet, dass der Kondensator 205 den als eine Elektrode dienenden Oxidhalbleiterfilm 119, die als die andere Elektrode dienende Pixelelektrode 121 und den als dielektrischer Film dienenden Isolierfilm 232 (nicht gezeigt) beinhaltet.

[0192] Eine Querschnittsansicht entlang der Strich-Punkt-Linie A1-A2 und der Strich-Punkt-Linie B1-B2 in **Fig. 18** ist in **Fig. 19** gezeigt.

[0193] Die Querschnittsstruktur des Pixels 101 (m, n) in **Fig. 18** wird wie folgt dargestellt. Über dem Substrat 102 sind die Abtastleitung 107_m, die einen als Gate-Elektrode dienenden Bereich aufweist, und die Abtastleitung 107_m-1 angeordnet. Der Gate-Isolierfilm 127 ist über der Abtastleitung 107_m-1 und der Abtastleitung 107_m angeordnet. Der Oxidhalbleiterfilm 111 ist über dem Gate-Isolierfilm 127 angeordnet, um mit der Abtastleitung 107_m zu überlappen. Die Öffnung 123, die die Abtastleitung 107_m-1 erreicht, ist in einem Bereich des Gate-Isolierfilm 127 angeordnet, der in Kontakt mit der Abtastleitung 107_m-1 steht. Der Oxidhalbleiterfilm 119 ist über dem Gate-Isolierfilm 127 und in der Öffnung 123 angeordnet. Die Signalleitung 109_n, die einen als Source-Elektrode dienenden Bereich aufweist, und der leitende Film 113, der einen als Drain-Elektrode dienenden Bereich aufweist, sind jeweils über dem Oxidhalbleiterfilm 111 und dem Gate-Isolierfilm 127 angeordnet. Zumindest in einem Bereich, der zu dem Transistor 103 wird, sind der Isolierfilm 229, der Isolierfilm 231 und der Isolierfilm 232, die als Schutzisolierfilme des Transistors 103 dienen, über dem Gate-Isolierfilm 127, der Signalleitung 109_n, dem Oxidhalbleiterfilm 111 und dem leitenden Film 113 angeordnet. Ferner ist zumindest in einem Bereich, der zu dem Kondensator 205 wird, der Isolierfilm 232 über dem Oxidhalbleiterfilm 119 angeordnet. Die Öffnung 117, die den leitenden Film 113 erreicht, ist in dem Isolierfilm 229, dem Isolierfilm 231 und dem Isolierfilm 232 angebracht, und die Pixelelektrode 121 ist über dem

Isolierfilm 231 und in der Öffnung 117 angeordnet. Es sei angemerkt, dass ein Basis-Isolierfilm zwischen dem Substrat 102, und den Abtastleitungen 107_m-1 und 107_m und dem Gate-Isolierfilm 127 angeordnet sein kann.

[0194] Der Isolierfilm 229 ist dem bei der Ausführungsform 1 beschriebenen Isolierfilm 129 ähnlich. Der Isolierfilm 231 ist dem bei der Ausführungsform 1 beschriebenen Isolierfilm 131 ähnlich. Der Isolierfilm 232 ist dem bei der Ausführungsform 1 beschriebenen Isolierfilm 132 ähnlich.

[0195] Wenn der Isolierfilm 232 als dielektrischer Film zwischen dem als eine Elektrode dienenden Oxidhalbleiterfilm 119 und der als die andere Elektrode dienenden Pixelelektrode 121 wie in dem Kondensator 205 bei dieser Ausführungsform dient, kann die Dicke des dielektrischen Films kleiner als diejenige des dielektrischen Films des Kondensators 105 bei der Ausführungsform 1 sein. Daher kann der Kondensator 205 bei dieser Ausführungsform eine höhere Kapazität pro Einheitsfläche als der Kondensator 105 bei der Ausführungsform 1 aufweisen.

[0196] Da der Kondensator 205 eine höhere Kapazität pro Einheitsfläche als der Kondensator 105 aufweist, kann die Fläche des Oxidhalbleiterfilms 119, die zum Erhalten der Kapazität nötig ist, die derjenigen des Kondensators 105 gleich ist, klein sein. Folglich kann ein Bereich, auf dem der Oxidhalbleiterfilm 119 nicht ausgebildet ist, in dem Pixel 101 (m, n) erhalten werden. Somit kann die Lichtextraktionseffizienz (Durchlässigkeit) einer Lichtquelle wie z. B. einer Hintergrundbeleuchtung in der Halbleitervorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verbessert werden; im Ergebnis kann die Anzeigequalität verbessert werden.

[0197] Der Isolierfilm 232 ist vorzugsweise ein Nitridisolierfilm in ähnliche Weise wie der Isolierfilm 132 bei der Ausführungsform 1. Wenn ein Nitridisolierfilm durch ein Plasma-CVD-Verfahren oder ein Sputterverfahren als der Isolierfilm 232 ausgebildet wird, wird der Oxidhalbleiterfilm 119 einem Plasma ausgesetzt; deshalb werden Sauerstofffehlstellen in dem Oxidhalbleiterfilm 119 erzeugt. Da der Isolierfilm 232 in Kontakt mit dem Oxidhalbleiterfilm 119 steht, werden ferner auch Stickstoff und/oder Wasserstoff in dem Nitridisolierfilm auf den Oxidhalbleiterfilm 119 übertragen. Wenn Wasserstoff in dem Isolierfilm 232 in die Sauerstofffehlstellen eintritt, werden als Ladungsträger dienende Elektronen erzeugt. Alternativ wird ein Nitridisolierfilm als der Isolierfilm 232 ausgebildet und eine Wärmebehandlung wird durchgeführt, wobei der Isolierfilm 232 in Kontakt mit dem Oxidhalbleiterfilm 119 steht; daher werden Stickstoff und/oder Wasserstoff in dem Nitridisolierfilm auf den Oxidhalbleiterfilm 119 übertragen. Wenn Wasserstoff in dem Isolierfilm 232 in die Sauerstofffehlstellen eintritt, werden als Ladungsträger dienende Elektronen erzeugt. Folglich wird die elektrische Leitfähigkeit des Oxidhalbleiterfilms 119 erhöht, und der Oxidhalbleiterfilm 119 hat die Leitfähigkeit vom N-Typ. Außerdem wird der Oxidhalbleiterfilm 119 zu einem leitenden Film, der eine lichtdurchlässige Eigenschaft aufweist und einen Metalloxidfilm mit leitenden Eigenschaften aufweist. Der Oxidhalbleiterfilm 119 hat eine höhere elektrische Leitfähigkeit als der Oxidhalbleiterfilm 111.

[0198] Wie oben beschrieben weist in der Halbleitervorrichtung dieser Ausführungsform der Oxidhalbleiterfilm 119 einen Bereich auf, der eine höhere Leitfähigkeit als der Oxidhalbleiterfilm 111 hat. Zumindest ein Bereich des Oxidhalbleiterfilms 119, der in Kontakt mit dem Isolierfilm 232 steht, hat die Leitfähigkeit vom N-Typ und eine höhere Leitfähigkeit als ein Bereich des Oxidhalbleiterfilms 111, der in Kontakt mit dem Isolierfilm 229 steht.

[0199] Es sei angemerkt, dass es zu bevorzugen ist, dass der Oxidhalbleiterfilm 119 eine höhere Wasserstoffkonzentration als der Oxidhalbleiterfilm 111 aufweist. In dem Oxidhalbleiterfilm 119 ist die Wasserstoffkonzentration, die durch Sekundärionen-Massenspektrometrie (SIMS) gemessen wird, höher als oder gleich 8×10^{19} Atome/cm³, bevorzugt höher als oder gleich 1×10^{20} Atome/cm³, stärker bevorzugt höher als oder gleich 5×10^{20} Atome/cm³. In dem Oxidhalbleiterfilm 111 ist die Wasserstoffkonzentration, die durch SIMS gemessen wird, niedriger als 5×10^{19} Atome/cm³, bevorzugt niedriger als 5×10^{18} Atome/cm³, stärker bevorzugt niedriger als oder gleich 1×10^{18} Atome/cm³, noch stärker bevorzugt niedriger als oder gleich 5×10^{17} Atome/cm³, sogar noch stärker bevorzugt niedriger als oder gleich 1×10^{16} Atome/cm³.

[0200] Der spezifische Widerstand des Oxidhalbleiterfilms 119 ist niedriger als derjenige des Oxidhalbleiterfilms 111. Der spezifische Widerstand des Oxidhalbleiterfilms 119 ist bevorzugt mehr als oder gleich 1×10^{-8} -mal und weniger als oder gleich 1×10^{-1} -mal so niedrig als der spezifische Widerstand des Oxidhalbleiterfilms 111. Der spezifische Widerstand des Oxidhalbleiterfilms 119 ist typischerweise höher als oder gleich $1 \times 10^{-3} \Omega\text{cm}$ und niedriger als oder gleich $1 \times 10^4 \Omega\text{cm}$, bevorzugt höher als oder gleich $1 \times 10^{-3} \Omega\text{cm}$ und niedriger als $1 \times 10^{-1} \Omega\text{cm}$.

[0201] Bei einem Betriebsverfahren des Kondensators 205 in der Halbleitervorrichtung dieser Ausführungsform ist das Potential des Oxidhalbleiterfilms 119 (d. h. das Potential der Abtastleitung 107_m-1) niedriger als das Potential der Pixelelektrode 121 um größer als oder gleich der Schwellenspannung (V_{th}) des Kondensators 205 (MOS-Kondensators) in einem Betriebszeitraum des Kondensators 205, wie bei dem Betriebsverfahren des Kondensators 105 bei der Ausführungsform 1. Jedoch hat in dem Kondensator 205 der Oxidhalbleiterfilm 119, der als eine Elektrode dient, die Leitfähigkeit vom N-Typ und eine hohe Leitfähigkeit, so dass sich die Schwellenspannung (V_{th}) in negativer Richtung wie durch eine gestrichelte Linie in **Fig. 2** gezeigt verschiebt. Das Potential des Oxidhalbleiterfilms 119 (d. h. das Potential der Abtastleitung 107_m-1) kann gemäß dem Verschiebungsbetrag der Schwellenspannung (V_{th}) des Kondensators 205 in negativer Richtung vom niedrigsten Potential der Pixelelektrode 121 gesteigert werden. Daher kann in dem Fall, in dem die Schwellenspannung des Kondensators 205 einen großen negativen Wert hat, das Potential der Abtastleitung 107_m-1 höher als das Potential der Pixelelektrode 121 sein, wie in **Fig. 4B** gezeigt ist.

[0202] Der Oxidhalbleiterfilm 119, der als eine Elektrode des Kondensators 205 dient, ist gemacht, um eine Leitfähigkeit vom N-Typ zu haben und seine elektrische Leitfähigkeit wird wie bei dieser Ausführungsform erhöht, so dass sich die Schwellenspannung in negativer Richtung verschiebt. Somit kann der Bereich des Potentials, das zum Betreiben des Kondensators 205 benötigt wird, größer als der Bereich des Potentials sein, das zum Betreiben des Kondensators 105 bei der Ausführungsform 1 benötigt wird. Folglich ist diese Ausführungsform bevorzugt, weil der Kondensator 205 ständig mit Stabilität in einem Betriebszeitraum des Kondensators 205 betrieben werden kann.

<Verfahren zum Herstellen einer Halbleitervorrichtung>

[0203] Als Nächstes wird ein Verfahren zum Herstellen einer Halbleitervorrichtung dieser Ausführungsform anhand von **Fig. 20A**, **Fig. 20B** und **Fig. 21** beschrieben.

[0204] Zuerst werden die Abtastleitung 107_m-1 und die Abtastleitung 107_m, die jeweils einen als Gate-Elektrode dienenden Bereich beinhalten, über dem Substrat 102 ausgebildet. Ein Isolierfilm, der zum Gate-Isolierfilm 127 zu verarbeiten ist, wird ausgebildet, um das Substrat 102, die Abtastleitung 107_m-1 und die Abtastleitung 107_m zu bedecken. Die Öffnung 123 wird in einem Bereich des Isolierfilms, der in Kontakt mit der Abtastleitung 107_m-1 steht, ausgebildet, so dass der Gate-Isolierfilm 127 ausgebildet wird. Der Oxidhalbleiterfilm 111 wird ausgebildet, um mit der Abtastleitung 107_m zu überlappen. Der Oxidhalbleiterfilm 119 wird über dem Gate-Isolierfilm 127 und in der Öffnung 123 ausgebildet, um mit einem Bereich, auf dem die Pixelelektrode 121 auszubilden ist, zu überlappen. Die Signalleitung 109_n, die einen als Source-Elektrode dienenden Bereich aufweist, und der leitende Film 113, der einen als Drain-Elektrode dienenden Bereich aufweist, werden ausgebildet. Der Isolierfilm 128 wird über dem Gate-Isolierfilm 127, der Signalleitung 109_n, dem Oxidhalbleiterfilm 111, dem leitenden Film 113 und dem Oxidhalbleiterfilm 119 ausgebildet. Der Isolierfilm 130 wird über dem Isolierfilm 128 ausgebildet (siehe **Fig. 20A**). Es sei angemerkt, dass die obigen Schritte in Bezug auf die Ausführungsform 1 durchgeführt werden können.

[0205] Dann wird eine Maske über einem Bereich des Isolierfilms 130 ausgebildet, der zumindest mit dem Oxidhalbleiterfilm 111 überlappt. Die Bearbeitung wird derart durchgeführt, dass ein Isolierfilm 228 und ein Isolierfilm 230 unter Verwendung der Maske ausgebildet werden und der Oxidhalbleiterfilm 119 freigelegt wird. Ein Isolierfilm 233 wird über dem freigelegten Bereich und dem Isolierfilm 230 ausgebildet (siehe **Fig. 20B**). Als Maske kann eine Photolackmaske, die durch einen Photolithografieprozess ausgebildet wird, verwendet werden, und das Bearbeiten kann durch Trockenätzungen und/oder Nassätzungen durchgeführt werden. Der Isolierfilm 233 ist dem bei der Ausführungsform 1 beschriebenen Isolierfilm 133 ähnlich. Es sei angemerkt, dass eine Wärmebehandlung vorzugsweise durchgeführt wird, während der Isolierfilm 233 in Kontakt mit dem Oxidhalbleiterfilm 119 steht, z. B. nachdem der Isolierfilm 233 ausgebildet worden ist. Die obigen Schritte können in Bezug auf die Ausführungsform 1 durchgeführt werden.

[0206] Wenn ein Nitridisolierfilm durch ein Plasma-CVD-Verfahren oder ein Sputterverfahren als der Isolierfilm 233 ausgebildet wird, wird der Oxidhalbleiterfilm 119 Plasma ausgesetzt; deshalb werden Sauerstofffehlstellen in dem Oxidhalbleiterfilm 119 erzeugt. Da der Isolierfilm 233, der unter Verwendung eines Nitridisolierfilms ausgebildet wird, in Kontakt mit dem Oxidhalbleiterfilm 119 steht, werden auch Stickstoff und/oder Wasserstoff von dem Isolierfilm 233 auf den Oxidhalbleiterfilm 119 übertragen. Wenn Wasserstoff in dem Isolierfilm 233 in die Sauerstofffehlstellen eintritt, werden als Ladungsträger dienende Elektronen erzeugt. Alternativ wird ein Nitridisolierfilm als der Isolierfilm 232 ausgebildet und eine Wärmebehandlung wird durchgeführt, während der Isolierfilm 232 in Kontakt mit dem Oxidhalbleiterfilm 119 steht; daher werden Stickstoff und/oder Wasserstoff in dem Nitridisolierfilm auf den Oxidhalbleiterfilm 119 übertragen. Durch sie wird die

elektrische Leitfähigkeit des Oxidhalbleiterfilms 119 erhöht, und der Oxidhalbleiterfilm 119 hat eine Leitfähigkeit vom N-Typ. Außerdem wird der Oxidhalbleiterfilm 119 zu einem leitenden Film mit einer lichtdurchlässigen Eigenschaft, der einen Metallocidfilm mit leitenden Eigenschaften aufweist. Der Oxidhalbleiterfilm 119 hat eine höhere elektrische Leitfähigkeit als der Oxidhalbleiterfilm 111.

[0207] Als Nächstes wird die Öffnung 117, die den leitenden Film 113 erreicht, in den Isolierfilmen 228, 230 und 233 ausgebildet, so dass die Isolierfilme 229, 231 und 232 ausgebildet werden (siehe **Fig. 21**). Dann wird die Pixelelektrode 121, die in Kontakt mit dem leitenden Film 113 durch die Öffnung 117 steht, ausgebildet (siehe **Fig. 19**). Die obigen Schritte können in Bezug auf die Ausführungsform 1 durchgeführt werden.

[0208] Durch den vorstehenden Prozess kann die Halbleitervorrichtung nach dieser Ausführungsform hergestellt werden.

<Modifikationsbeispiel>

[0209] In der Halbleitervorrichtung bei dieser Ausführungsform kann die Struktur eines Bereichs, wo ein Kondensator bereitgestellt ist, nach Bedarf geändert werden. Ein konkretes Beispiel wird anhand von **Fig. 22** beschrieben. Das Pixel 101 (m, n) in **Fig. 22** hat einen Kondensator 245, der den Gate-Isolierfilm 127 beinhaltet, dessen Struktur eine andere ist als im Kondensator 105 des Pixels 101 (m, n), das in **Fig. 5** und **Fig. 6** in einem Bereich dargestellt ist, wo der Kondensator bereitgestellt ist.

[0210] Die Querschnittsstruktur des Pixels 101 (m, n) in **Fig. 22** wird wie folgt dargestellt. Der Gate-Isolierfilm 127 ist ein Stapel aus einem Isolierfilm 226, der unter Verwendung eines Nitridisolierfilms ausgebildet ist, und einem Isolierfilm 227, der unter Verwendung eines Oxidisolierfilms ausgebildet ist, und nur der Isolierfilm 226 ist in einem Bereich bereitgestellt, wo zumindest der Oxidhalbleiterfilm 119 bereitgestellt ist. Bei einer derartigen Struktur steht der Nitridisolierfilm zum Ausbilden des Isolierfilms 226 in Kontakt mit der Grundfläche des Oxidhalbleiterfilms 119, so dass der Oxidhalbleiterfilm 119 die Leitfähigkeit vom N-Typ und eine höhere Leitfähigkeit aufweisen kann. Bezüglich der Draufsicht entsprechend **Fig. 22** kann auf **Fig. 5** Bezug genommen werden. In diesem Fall bildet ein dielektrischer Film des Kondensators 245 die Isolierfilme 129, 131 und 132. Als die Isolierfilme 226 und 227 können die Isolierfilme nach Bedarf verwendet werden, die als der Gate-Isolierfilm 127 verwendet werden können, und der Isolierfilm 227 kann unter Verwendung eines Isolierfilms, der dem Isolierfilm 132 ähnlich ist, ausgebildet werden. Außerdem wird der Isolierfilm 227 nach Bedarf in Bezug auf die Ausführungsform 1 bearbeitet, um diese Struktur zu erhalten.

[0211] Bei der Struktur in **Fig. 22** kann die nach oben weisende Oberfläche des Oxidhalbleiterfilms 119 in Kontakt mit dem Isolierfilm 132 stehen. Nämlich können Bereiche der Isolierfilme 129 und 131 in **Fig. 22**, die in Kontakt mit dem Oxidhalbleiterfilm 119 stehen, entfernt werden. In diesem Fall ist ein dielektrischer Film des Kondensators der Isolierfilm 132. Wenn die nach oben weisende Oberfläche und die Grundfläche des Oxidhalbleiterfilms 119 in Kontakt mit dem Nitridisolierfilm stehen, kann der Oxidhalbleiterfilm 119 effizienter und in hinreichender Weise so gemacht werden, dass er die Leitfähigkeit vom N-Typ und eine höhere Leitfähigkeit als der Oxidhalbleiterfilm 119 hat, bei dem nur eine seiner Oberflächen in Kontakt mit dem Nitridisolierfilm steht.

[0212] Mit der Struktur in **Fig. 22** kann eine Verringerung der Dicke des Oxidhalbleiterfilms 119 infolge eines Ätzens des Isolierfilms 129 und des Isolierfilms 131 verhindert werden; somit wird die Ausbeute der Halbleitervorrichtung verbessert, im Vergleich zu der Halbleitervorrichtung in **Fig. 18** und **Fig. 19**.

[0213] Folglich wird ein Halbleiterfilm als eine Elektrode eines Kondensators in dem gleichen Prozess wie ein Halbleiterfilm eines Transistors ausgebildet, wodurch eine Halbleitervorrichtung hergestellt werden kann, in der das Öffnungsverhältnis verbessert wird und die Kapazität des Kondensators erhöht wird. Beispielsweise kann dann, wenn die Pixeldichte der Halbleitervorrichtung bei dieser Ausführungsform auch etwa 300 ppi ist, das Öffnungsverhältnis des Pixels 50 % oder höher, 55 % oder höher, sogar 60 % oder höher sein. Darüber hinaus kann eine Erhöhung des Öffnungsverhältnisses eine Halbleitervorrichtung mit ausgezeichneter Anzeigqualität bereitstellen.

[0214] Ferner werden Sauerstofffehlstellen und Verunreinigungen wie z. B. Wasserstoff und Stickstoff in dem Halbleiterfilm (insbesondere dem Oxidhalbleiterfilm) des Transistors verringert, so dass die Halbleitervorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung gute elektrische Eigenschaften hat.

[0215] Es sei angemerkt, dass die Struktur und der gleichen bei dieser Ausführungsform nach Bedarf in Kombination mit einer der Strukturen und der Modifikationsbeispiele bei den anderen Ausführungsformen verwendet werden können.

(Ausführungsform 3)

[0216] Bei dieser Ausführungsform wird eine Halbleitervorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, die eine andere Struktur als diejenige der obigen Ausführungsform hat, anhand von Zeichnungen beschrieben. Es sei angemerkt, dass bei dieser Ausführungsform eine Flüssigkristallanzeigevorrichtung als Beispiel für die Halbleitervorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben wird. In der bei dieser Ausführungsform beschriebenen Halbleitervorrichtung ist ein Halbleiterfilm (insbesondere ein Oxidhalbleiterfilm), der als eine Elektrode eines Kondensators dient, ein anderer als derjenige bei der obigen Ausführungsform. Man kann hinsichtlich Bestandteilen der Halbleitervorrichtung bei dieser Ausführungsform, die denjenigen der Halbleitervorrichtung bei der obigen Ausführungsform ähnlich sind, auf die obige Ausführungsform Bezug nehmen.

<Struktur einer Halbleitervorrichtung>

[0217] **Fig.** 23 ist eine Draufsicht eines Pixels bei dieser Ausführungsform. Das Pixel 101 (m, n) in **Fig.** 23 beinhaltet einen Kondensator 305. Der Kondensator 305 ist in einem Bereich angeordnet, der von der Abtastleitung 107_m, der Abtastleitung 107_m-1, der Signalleitung 109_n und der Signalleitung 109_n+1 umgeben ist. Der Kondensator 305 beinhaltet einen Oxidhalbleiterfilm 319 mit einer höheren elektrischen Leitfähigkeit als der Oxidhalbleiterfilm 111 und einer lichtdurchlässigen Eigenschaft, die Pixelelektrode 121 mit einer lichtdurchlässigen Eigenschaft und einen Isolierfilm (nicht in **Fig.** 23 gezeigt) mit einer lichtdurchlässigen Eigenschaft, der in dem Transistor 103 als dielektrischer Film enthalten ist. Das heißt, dass der Kondensator 305 eine lichtdurchlässige Eigenschaft hat. Außerdem ist, da der Oxidhalbleiterfilm 319 durch die Öffnung 123 in Kontakt mit der Abtastleitung 107_m-1 steht, der Kondensator 305 elektrisch mit der Abtastleitung 107_m-1 verbunden.

[0218] Die Leitfähigkeit des Oxidhalbleiterfilms 319 ist höher als oder gleich 10 S/cm und niedriger als oder gleich 1000 S/cm, bevorzugt höher als oder gleich 100 S/cm und niedriger als oder gleich 1000 S/cm. Der Oxidhalbleiterfilm 319 hat eine so hohe Leitfähigkeit und ist somit ausreichend, um als die Elektrode des Kondensators zu dienen.

[0219] Da der Kondensator 305 Licht durchlässt, kann der Kondensator in dem ganzen Betriebsbereich des Flüssigkristallelements ausgebildet werden, und somit kann der Kondensator so groß (in einer großen Fläche) wie möglich in dem Pixel ausgebildet werden. Solange die Kapazität, die zum Betrieb des Flüssigkristallelements ausreichend ist, gesichert werden kann, kann die Pixeldichte erhöht werden, um eine hohe Auflösung aufzuweisen.

[0220] Da der Kondensator 305 eine höhere Kapazität pro Einheitsfläche als der Kondensator 105 bei der Ausführungsform 1 aufweist, kann die Fläche des Oxidhalbleiterfilms, die zum Erhalten der Kapazität nötig ist, die derjenigen des Kondensators 105 gleich ist, klein sein. Folglich kann ein Bereich, auf dem der Oxidhalbleiterfilm 319 nicht ausgebildet ist, in dem Pixel 101 (m, n) in **Fig.** 23 erhalten werden. Somit kann die Lichtextraktionseffizienz (Durchlässigkeit) einer Lichtquelle wie z. B. einer Hintergrundbeleuchtung in der Halbleitervorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verbessert werden; im Ergebnis kann die Anzeigqualität verbessert werden.

[0221] Eine Querschnittsansicht entlang der Strich-Punkt-Linie A1-A2 und der Strich-Punkt-Linie B1-B2 in **Fig.** 23 ist in **Fig.** 24 gezeigt.

[0222] Eine Querschnittsstruktur des Pixels 101 (m, n) in **Fig.** 23 wird wie folgt dargestellt. Über einem Substrat 102 sind die Abtastleitung 107_m und die Abtastleitung 107_m-1, die jeweils einen als Gate-Elektrode dienenden Bereich aufweisen, angeordnet. Der Gate-Isolierfilm 127 ist über der Abtastleitung 107_m-1 und der Abtastleitung 107_m angeordnet. Der Oxidhalbleiterfilm 111 ist über dem Gate-Isolierfilm 127 angeordnet, um mit der Abtastleitung 107_m zu überlappen. Die Öffnung 123, die die Abtastleitung 107_m-1 erreicht, ist in einem Bereich des Gate-Isolierfilms 127 angeordnet, der in Kontakt mit der Abtastleitung 107_m-1 steht. Der Oxidhalbleiterfilm 319 ist über dem Gate-Isolierfilm 127 und in der Öffnung 123 angeordnet. Die Signalleitung 109_n, die einen als Source-Elektrode dienenden Bereich aufweist, und der leitende Film 113, der einen als Drain-Elektrode dienenden Bereich aufweist, sind jeweils über dem Oxidhalbleiterfilm 111 und dem

Gate-Isolierfilm 127 angeordnet. Ein Isolierfilm 129, ein Isolierfilm 131 und ein Isolierfilm 132, die als Schutzisolierfilme des Transistors 103 dienen, sind über dem Gate-Isolierfilm 127, der Signalleitung 109_n, dem Oxidhalbleiterfilm 111, dem leitenden Film 113 und dem Oxidhalbleiterfilm 319 angeordnet. Die Öffnung 117, die den leitenden Film 113 erreicht, ist in dem Isolierfilm 129, dem Isolierfilm 131 und dem Isolierfilm 132 angeordnet, und die Pixelelektrode 121 ist in der Öffnung 117 und über dem Isolierfilm 132 angeordnet. Es sei angemerkt, dass ein Basis-Isolierfilm zwischen dem Substrat 102, und den Abtastleitungen 107 und dem Gate-Isolierfilm 127 angeordnet sein kann.

[0223] In dem Kondensator 305 dient der Oxidhalbleiterfilm 319, der die Leitfähigkeit vom N-Typ hat und einen Bereich mit einer höheren elektrischen Leitfähigkeit als der Oxidhalbleiterfilm 111 aufweist, als eine Elektrode eines Paars von Elektroden, die Pixelelektrode 121 dient als die andere des Paars von Elektroden, und der Isolierfilm 129, der Isolierfilm 131 und der Isolierfilm 132 dienen insgesamt als der dielektrische Film zwischen dem Paar von Elektroden.

[0224] Für den Oxidhalbleiterfilm 319 kann ein Oxidhalbleiter verwendet werden, der für den Oxidhalbleiterfilm 111 verwendet werden kann. Da der Oxidhalbleiterfilm 319 durch Anwenden des Herstellungsprozesses des Oxidhalbleiterfilms 111 ausgebildet werden kann, enthält der Oxidhalbleiterfilm 319 ein Metallelement eines Oxidhalbleiters, der in dem Oxidhalbleiterfilm 111 enthalten ist. Außerdem beinhaltet der Oxidhalbleiterfilm 319 einen Bereich mit einer höheren elektrischen Leitfähigkeit als der Oxidhalbleiterfilm 111, was bedeutet, dass der Oxidhalbleiterfilm 319 ein Element (Dotierstoff), das die elektrische Leitfähigkeit erhöht, enthält. Insbesondere enthält der Oxidhalbleiterfilm 319 als Dotierstoff eines oder mehrere, die aus Bor, Stickstoff, Fluor, Aluminium, Phosphor, Arsen, Indium, Zinn, Antimon und einem Edelgaselement ausgewählt werden. Die Konzentration eines Dotierstoffs, der in dem Oxidhalbleiterfilm 319 enthalten ist, ist vorzugsweise höher als oder gleich 1×10^{19} Atome/cm³ und niedriger als oder gleich 1×10^{22} Atome/cm³, in welchem Falle die Leitfähigkeit des Oxidhalbleiterfilms 319 höher als oder gleich 10 S/cm und niedriger als oder gleich 1000 S/cm, bevorzugt höher als oder gleich 100 S/cm und niedriger als oder gleich 1000 S/cm sein kann, so dass der Oxidhalbleiterfilm 319 ausreichen kann, um als eine Elektrode des Kondensators 305 zu dienen. Es sei angemerkt, dass der Oxidhalbleiterfilm 319 die Leitfähigkeit vom N-Typ und eine hohe Leitfähigkeit hat, da er das obige Element (Dotierstoff) enthält; daher kann der Oxidhalbleiterfilm 319 leitender Film genannt werden kann.

[0225] Des Weiteren hat in der Halbleitervorrichtung dieser Ausführungsform der Oxidhalbleiterfilm 319, der als eine Elektrode des Kondensators 305 dient, die Leitfähigkeit vom N-Typ und eine hohe elektrische Leitfähigkeit wie bei der Ausführungsform 2; deshalb verschiebt sich die Schwellenspannung (V_{th}) in negativer Richtung. Folglich ist das Betriebsverfahren des Kondensators 305 demjenigen bei der Ausführungsform 2 ähnlich.

<Verfahren zum Herstellen einer Halbleitervorrichtung>

[0226] Als Nächstes wird ein Verfahren zum Herstellen einer Halbleitervorrichtung dieser Ausführungsform anhand von **Fig. 25A**, **Fig. 25B**, **Fig. 26A** und **Fig. 26B** beschrieben.

[0227] Die Abtastleitungen 107_m-1 und 107_m, die jeweils als Gate-Elektrode dienen, werden über dem Substrat 102 ausgebildet. Ein Isolierfilm, der zum Gate-Isolierfilm 127 zu verarbeiten ist, wird ausgebildet, um das Substrat 102, die Abtastleitung 107_m-1 und die Abtastleitung 107_m zu bedecken. Die Öffnung 123 wird in einem Bereich des Isolierfilms, der in Kontakt mit der Abtastleitung 107_m-1 steht, ausgebildet, so dass der Gate-Isolierfilm 127 ausgebildet wird. Der Oxidhalbleiterfilm 111 wird ausgebildet, um mit der Abtastleitung 107_m zu überlappen. Der Oxidhalbleiterfilm 119 wird über dem Gate-Isolierfilm 127 und in der Öffnung 123 ausgebildet, um mit einem Bereich, auf dem die Pixelelektrode 121 auszubilden ist, zu überlappen (siehe **Fig. 25A**). Es sei angemerkt, dass die obigen Schritte in Bezug auf die Ausführungsform 1 durchgeführt werden können.

[0228] Als Nächstes wird ein Dotierstoff zu dem Oxidhalbleiterfilm 119 zugesetzt, um den Oxidhalbleiterfilm 319 auszubilden, und dann werden die Signalleitung 109_n, die einen als Source-Elektrode dienenden Bereich aufweist, und der leitende Film 113, der einen als Drain-Elektrode dienenden Bereich aufweist, ausgebildet (siehe **Fig. 25B**).

[0229] Ein Verfahren zum Zusetzen eines Dotierstoffs zu dem Oxidhalbleiterfilm 119 wird wie folgt beschrieben: eine Maske wird in einem Bereich außer dem Oxidhalbleiterfilm 119 bereitgestellt und ein oder mehrere Dotierstoffe, die aus Bor, Stickstoff, Fluor, Aluminium, Phosphor, Arsen, Indium, Zinn, Antimon und einem

Edelgaselement ausgewählt werden, werden zu dem Oxidhalbleiterfilm 119 durch ein Ionenimplantationsverfahren, ein Ionendotierungsverfahren oder dergleichen zugesetzt. Alternativ kann der Oxidhalbleiterfilm 119 einem Plasma, das den Dotierstoff enthält, ausgesetzt werden, um den Dotierstoff zu dem Oxidhalbleiterfilm 119 zuzusetzen, anstatt, dass ein Ionenimplantationsverfahren oder ein Ionendotierungsverfahren benutzt wird. Es sei angemerkt, dass eine Wärmebehandlung durchgeführt werden kann, nachdem der Dotierstoff zu dem Oxidhalbleiterfilm 119 zugesetzt worden ist. Die Wärmebehandlung kann nach Bedarf in Bezug auf die Details der Wärmebehandlung zum Entziehen von Wasser oder Wasserstoff des Oxidhalbleiterfilms 111 und des Oxidhalbleiterfilms 119 bei der Ausführungsform 1 durchgeführt werden.

[0230] Der Schritt zum Zusetzen des Dotierstoffs kann nach dem Ausbilden der Signalleitung 109_n und des leitenden Films 113 durchgeführt werden.

[0231] Als Nächstes wird der Isolierfilm 128 über dem Gate-Isolierfilm 127, der Signalleitung 109_n, dem Oxidhalbleiterfilm 111, dem leitenden Film 113 und dem Oxidhalbleiterfilm 319 ausgebildet. Der Isolierfilm 130 wird über dem Isolierfilm 128 ausgebildet, und der Isolierfilm 133 wird über dem Isolierfilm 130 ausgebildet (siehe **Fig. 26A**). Die obigen Schritte können in Bezug auf die Ausführungsform 1 durchgeführt werden.

[0232] Als Nächstes wird die Öffnung 117, die den leitenden Film 113 erreicht, in den Isolierfilmen 128, 130 und 133, ausgebildet, so dass die Isolierfilme 129, 131 und 132 ausgebildet werden (siehe **Fig. 26B**). Die Pixelelektrode 121, die in Kontakt mit dem leitenden Film 113 durch die Öffnung 117 steht, wird ausgebildet (siehe **Fig. 24**). Die obigen Schritte können in Bezug auf die Ausführungsform 1 durchgeführt werden.

[0233] Durch den vorstehenden Prozess kann die Halbleitervorrichtung bei dieser Ausführungsform hergestellt werden.

[0234] Folglich wird ein Halbleiterfilm als eine Elektrode eines Kondensators in dem gleichen Prozess wie ein Halbleiterfilm eines Transistors ausgebildet, wodurch eine Halbleitervorrichtung hergestellt werden kann, in der das Öffnungsverhältnis verbessert wird und die Kapazität des Kondensators erhöht wird. Beispielsweise kann dann, wenn die Pixeldichte der Halbleitervorrichtung auch etwa 300 ppi ist, das Öffnungsverhältnis des Pixels 50 % oder höher, 55 % oder höher, sogar 60 % oder höher bei dieser Ausführungsform sein. Darüber hinaus kann eine Erhöhung des Öffnungsverhältnisses eine Halbleitervorrichtung mit ausgezeichneter Anzeigegleichheit bereitstellen.

[0235] Ferner werden Sauerstofffehlstellen und Verunreinigungen wie z. B. Wasserstoff und Stickstoff in dem Halbleiterfilm (insbesondere dem Oxidhalbleiterfilm) des Transistors verringert, so dass die Halbleitervorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung gute elektrische Eigenschaften hat.

[0236] Es sei angemerkt, dass die Struktur und der gleichen bei dieser Ausführungsform angemessen in Kombination mit einer der Strukturen der anderen Ausführungsformen verwendet werden können.

(Ausführungsform 4)

[0237] Bei dieser Ausführungsform wird eine Ausführungsform beschrieben, die für einen Oxidhalbleiterfilm, der ein Halbleiterfilm ist, in dem Transistor und dem Kondensator, welche in der Halbleitervorrichtung enthalten sind, die in der obigen Ausführungsform beschrieben ist, anwendbar ist.

[0238] Der Oxidhalbleiterfilm wird vorzugsweise unter Verwendung eines von einem amorphen Oxidhalbleiter, einem einkristallinen Oxidhalbleiter, einem polykristallinen Oxidhalbleiter und einem Oxidhalbleiter, der einen Kristallbereich aufweist (einem kristallinen Oxidhalbleiter mit Ausrichtung bezüglich der c-Achse bzw. c-axis aligned crystalline oxide semiconductor (CAAC-OS)), ausgebildet.

[0239] Ein Kristallbereich in dem CAAC-OS passt in einen Würfel mit einer Kantenlänge von weniger als 100 nm. In einem mit einem Transmissionselektronenmikroskop (TEM) erhaltenen Beobachtungsbild, ist in dem CAAC-OS eine Grenze zwischen Kristallbereichen nicht deutlich. Außerdem wird mittels des TEM keine Korngrenze in dem CAAC-OS gefunden. Folglich ist in dem CAAC-OS eine Verringerung der Elektronenmobilität, die der Korngrenze zugeschrieben wird, unterdrückt.

[0240] Bei jedem der in dem CAAC-OS enthaltenen Kristallbereiche ist eine c-Achse in einer Richtung ausgerichtet, die parallel zu einem Normalenvektor einer Oberfläche, wo der CAAC-OS ausgebildet ist, oder zu einem Normalenvektor einer Oberfläche des CAAC-OS ist, eine dreieckige oder hexagonale Atomanordnung

ist gebildet, die aus der Richtung betrachtet wird, die senkrecht zur a-b-Ebene ist, und Metallatome sind in einer geschichteten Weise angeordnet oder Metallatome und Sauerstoffatome sind in einer geschichteten Weise angeordnet, wenn die Betrachtung aus der Richtung erfolgt, die senkrecht zur c-Achse ist. Es sei angemerkt, dass bei Kristallbereichen die Richtungen der a-Achse und der b-Achse eines Kristallbereichs von denjenigen eines anderen Kristallbereichs unterschiedlich sein können. In dieser Beschreibung umfasst ein Begriff „senkrecht“ einen Bereich von 85° bis 95° . Außerdem umfasst ein Begriff „parallel“ einen Bereich von -5° bis 5° . Ein Teil von Sauerstoff des Oxidhalbleiters kann durch Stickstoff ersetzt werden.

[0241] In dem CAAC-OS ist die Verteilung der Kristallbereiche nicht unbedingt gleichmäßig. Beispielsweise ist beim Ausbildungsprozess des CAAC-OS in dem Fall, in dem das Kristallwachstum von einer Oberflächenseite des Oxidhalbleiterfilms aus stattfindet, der Anteil der Kristallbereiche in der Nähe der Oberfläche des Oxidhalbleiterfilms in einigen Fällen höher als derjenige in der Nähe der Oberfläche, wo der Oxidhalbleiterfilm ausgebildet ist. Ferner wird dann, wenn dem CAAC-OS eine Verunreinigung zugesetzt wird, die Kristallinität des Kristallbereichs in einem Bereich, zu dem die Verunreinigung zugesetzt wird, in einigen Fällen reduziert. Folglich kann dann, wenn die Konzentration der Verunreinigungen (typischerweise Silizium oder Kohlenstoff) in dem CAAC-OS niedriger als oder gleich 1 Atom-%, bevorzugt niedriger als oder gleich 0,6 Atom-% ist, ein CAAC-OS mit hoher Kristallinität ausgebildet werden.

[0242] Da die c-Achsen der in dem CAAC-OS enthaltenen Kristallbereiche in der Richtung ausgerichtet sind, die parallel zu einem Normalenvektor einer Oberfläche, wo der CAAC-OS ausgebildet ist, oder zu einem Normalenvektor einer Oberfläche des CAAC-OS ist, können in Abhängigkeit von der Form des CAAC-OS (der Querschnittsform der Oberfläche, wo der CAAC-OS ausgebildet ist, oder der Querschnittsform der Oberfläche des CAAC-OS) die Richtungen der c-Achsen voneinander unterschiedlich sein. Es sei angemerkt, dass dann, wenn der CAAC-OS ausgebildet wird, die Richtung der c-Achse des Kristallbereichs eine solche Richtung ist, die parallel zu einem Normalenvektor der Oberfläche, wo der CAAC-OS ausgebildet ist, oder zu einem Normalenvektor der Oberfläche des CAAC-OS ist. Der Kristallbereich wird durch die Filmausbildung oder durch eine Behandlung zur Kristallbildung gebildet, wie z. B. eine Wärmebehandlung nach der Filmausbildung.

[0243] Es gibt drei Verfahren zum Ausbilden eines CAAC-OS.

[0244] Bei dem ersten Verfahren wird ein Oxidhalbleiterfilm bei einer Temperatur von höher als oder gleich 100°C und niedriger als oder gleich 450°C ausgebildet, wodurch Kristallbereiche, in denen die c-Achsen in der Richtung ausgerichtet sind, die parallel zu einem Normalenvektor einer Oberfläche, wo der Oxidhalbleiterfilm ausgebildet ist, oder zu einem Normalenvektor einer Oberfläche des Oxidhalbleiterfilms ist, in dem Oxidhalbleiterfilm gebildet werden.

[0245] Bei dem zweiten Verfahren wird ein Oxidhalbleiterfilm mit einer kleinen Dicke ausgebildet, und dann wird er bei einer Temperatur von höher als oder gleich 200°C und niedriger als oder gleich 700°C erwärmt, wodurch Kristallbereiche, in denen die c-Achsen in der Richtung ausgerichtet sind, die parallel zu einem Normalenvektor einer Oberfläche, wo der Oxidhalbleiterfilm ausgebildet ist, oder zu einem Normalenvektor einer Oberfläche des Oxidhalbleiterfilms ist, in dem Oxidhalbleiterfilm gebildet werden.

[0246] Bei dem dritten Verfahren wird ein erster Oxidhalbleiterfilm mit einer kleinen Dicke ausgebildet, dann wird er bei einer Temperatur von höher als oder gleich 200°C und niedriger als oder gleich 700°C erwärmt, und ein zweiter Oxidhalbleiterfilm wird ausgebildet, wodurch Kristallbereiche, in denen die c-Achsen in der Richtung ausgerichtet sind, die parallel zu einem Normalenvektor einer Oberfläche, wo der Oxidhalbleiterfilm ausgebildet ist, oder zu einem Normalenvektor einer Oberfläche des Oxidhalbleiterfilms ist, in dem Oxidhalbleiterfilm gebildet werden.

[0247] In einem Transistor, der den CAAC-OS für einen Oxidhalbleiterfilm verwendet, ist die Veränderung der elektrischen Eigenschaften des Transistors infolge Bestrahlung mit sichtbarem Licht oder UV-Licht klein. Folglich weist der Transistor, der den CAAC-OS für den Oxidhalbleiterfilm verwendet, eine hohe Zuverlässigkeit auf.

[0248] Beispielsweise wird der CAAC-OS vorzugsweise durch ein Sputterverfahren mittels eines polykristallinen Oxidhalbleiter-Sputtertargets ausgebildet. Wenn Ionen mit dem Sputtertarget zusammenstoßen, kann ein im Sputtertarget enthaltener Kristallbereich vom Target entlang einer a-b-Ebene abgetrennt werden. Mit anderen Worten: ein gesputtertes Teilchen mit einer Ebene, die parallel zur a-b-Ebene ist (ebenes plattenförmiges gesputtertes Teilchen oder pelletförmiges gesputtertes Teilchen), kann vom Sputtertarget abfallen. In

diesem Fall erreicht das ebene plattenförmige oder pelletförmige gesputterte Teilchen eine Oberfläche, wo der CAAC-OS auszubilden ist, während es seinen Kristallzustand bewahrt. Dadurch kann der CAAC-OS abgelagert werden.

[0249] Bei der Ablagerung des CAAC-OS finden vorzugsweise die folgenden Bedingungen Anwendung.

[0250] Durch Verringern der Menge an Verunreinigungen, die in den CAAC-OS während der Ablagerung eintreten, kann es verhindert werden, dass der Kristallzustand durch die Verunreinigungen verdorben wird. Beispielsweise kann die Konzentration der in der Abscheidungskammer vorhandenen Verunreinigungen (z. B. Wasserstoff, Wasser, Kohlendioxid oder Stickstoff) verringert werden. Außerdem kann die Konzentration der Verunreinigungen in einem Abscheidungsgas verringert werden. Insbesondere wird ein Abscheidungsgas verwendet, dessen Taupunkt niedriger als oder gleich bei -80 °C, bevorzugt niedriger als oder gleich bei -100 °C liegt.

[0251] Durch Erhöhen der Erwärmungstemperatur der Oberfläche während der Ablagerung, wo der CAAC-OS ausgebildet ist (beispielsweise der Temperatur, bei der das Substrat erwärmt wird), tritt wahrscheinlich eine Wanderung eines gesputterten Teilchens auf, nachdem das gesputterte Teilchen die Oberfläche erreicht hat, wo der CAAC-OS ausgebildet ist. Im Besonderen ist die Temperatur der Oberfläche während der Ablagerung, wo der CAAC-OS ausgebildet ist, höher als oder gleich 100 °C und niedriger als oder gleich 740 °C, bevorzugt höher als oder gleich 150 °C und niedriger als oder gleich 500 °C. Durch Erhöhen der Temperatur der Oberfläche während der Ablagerung, wo der CAAC-OS ausgebildet ist, tritt dann, wenn das ebene plattenförmige oder pelletförmige gesputterte Teilchen die Oberfläche erreicht, wo der CAAC-OS ausgebildet ist, eine Wanderung an der Oberfläche auf, wo der CAAC-OS ausgebildet ist, so dass eine ebene Fläche des gesputterten Teilchens an die Oberfläche haftet, wo der CAAC-OS ausgebildet ist.

[0252] Außerdem ist es zu bevorzugen, dass der Sauerstoffanteil am Abscheidungsgas erhöht wird und die Leistung optimiert ist, um Plasmaschäden bei der Ablagerung zu verringern. Der Sauerstoffanteil am Abscheidungsgas beträgt höher als oder gleich 30 Vol.-%, bevorzugt 100 Vol.-%.

[0253] Als Beispiel für das Sputtertarget wird nachstehend ein Target aus einer In-Ga-Zn-O-Verbindung beschrieben.

[0254] Das Target aus einem polykristallinen Metalloxid auf In-Ga-Zn-Basis wird durch Mischen von InO_X -Pulver, GaO_Y -Pulver und ZnO_Z -Pulver in einem vorbestimmten Molverhältnis, Ausüben von Druck und Durchführen einer Wärmebehandlung bei einer Temperatur von höher als oder gleich 1000 °C und niedriger als oder gleich 1500 °C geschaffen. Diese Druckbehandlung kann während einer Abkühlung oder einer Erwärmung durchgeführt werden. Es sei angemerkt, dass X, Y und Z vorgegebene positive Zahlen sind. Hier beträgt das vorbestimmte Molverhältnis von InO_X -Pulver zu GaO_Y -Pulver und ZnO_Z -Pulver beispielsweise 2:2:1, 8:4:3, 3:1:1, 1:1:1, 4:2:3 oder 3:1:2. Die Pulverarten und das Molverhältnis, in dem die Pulver gemischt werden, können nach Bedarf in Abhängigkeit vom erwünschten Sputtertarget bestimmt werden.

[0255] Der Oxidhalbleiterfilm kann ferner eine Struktur haben, bei der eine Vielzahl von Oxidhalbleiterfilmen gestapelt ist. Beispielsweise kann der Oxidhalbleiterfilm eine Stapschicht-Struktur aus einem ersten Oxidhalbleiterfilm und einem zweiten Oxidhalbleiterfilm aufweisen, welche unter Verwendung von Metalloxiden mit verschiedenen Zusammensetzungen ausgebildet sind. Zum Beispiel kann der erste Oxidhalbleiterfilm unter Verwendung eines von einem zwei Arten von Metallen enthaltenden Oxid, einem drei Arten von Metallen enthaltenden Oxid und einem vier Arten von Metallen enthaltenden Oxid ausgebildet werden, und der zweite Oxidhalbleiterfilm kann unter Verwendung eines der obigen Oxide ausgebildet werden, das ein anderes ist als welches, das für den ersten Oxidhalbleiterfilm verwendet wird.

[0256] Alternativ kann der Oxidhalbleiterfilm eine zweischichtige Struktur aus dem ersten Oxidhalbleiterfilm und dem zweiten Oxidhalbleiterfilm aufweisen, wobei deren Bestandelemente gleich sind und die Atomverhältnisse der Bestandelemente des ersten Oxidhalbleiterfilms und des zweiten Oxidhalbleiterfilms verschieden sind. Beispielsweise kann der erste Oxidhalbleiterfilm In, Ga und Zn mit einem Atomverhältnis von 3:1:2 enthalten, und der zweite Oxidhalbleiterfilm kann In, Ga und Zn mit einem Atomverhältnis von 1:1:1 enthalten. Alternativ kann der erste Oxidhalbleiterfilm In, Ga und Zn mit einem Atomverhältnis von 2:1:3 enthalten, und der zweite Oxidhalbleiterfilm kann In, Ga und Zn mit einem Atomverhältnis von 1:3:2 enthalten. Es sei angemerkt, dass ein Anteil jedes Atoms in dem Atomverhältnis des Oxidhalbleiterfilms im Fehlerbereich von ±20 % schwankt.

[0257] Hier erfüllt in einem des ersten Oxidhalbleiterfilms und des zweiten Oxidhalbleiterfilms, der der Gate-Elektrode näher liegt (auf der Kanalseite bzw. channel side), das Atomverhältnis von In zu Ga vorzugsweise die Beziehung $In \geq Ga$. In dem anderen Oxidhalbleiterfilm, der von der Gate-Elektrode abgewandt ist (auf der Rückkanalseite bzw. back channel side), erfüllt das Atomverhältnis von In zu Ga vorzugsweise die Beziehung $In \leq Ga$. Mit einer Stapelschicht-Struktur dieser Oxidhalbleiterfilme kann ein Transistor mit einer hohen Feldeffekt-Beweglichkeit (field-effect mobility) hergestellt werden. Im Gegensatz dazu erfüllt das Atomverhältnis von In zu Ga in dem Oxidhalbleiterfilm, der der Gate-Elektrode näher ist (der Oxidhalbleiterfilm auf der Kanalseite), die Beziehung $In < Ga$, und das Atomverhältnis von In zu Ga in dem Oxidhalbleiterfilm auf der Rückkanalseite erfüllt die Beziehung $In \geq Ga$, wodurch der Betrag der Veränderung der Schwellenspannung eines Transistors infolge einer Veränderung über die Zeit oder einer Zuverlässigsprüfung reduziert werden kann.

[0258] Der erste Oxidhalbleiterfilm, der In, Ga und Zn mit einem Atomverhältnis von 1:3:2 enthält, kann durch ein Sputterverfahren unter Verwendung eines Oxidtargets mit einem Atomverhältnis von 1:3:2 unter Bedingungen ausgebildet werden, bei denen die Substrattemperatur Raumtemperatur ist und ein Sputtergas Argon oder ein Gemischgas aus Argon und Sauerstoff ist. Der zweite Oxidhalbleiterfilm, der In, Ga und Zn mit einem Atomverhältnis von 3:1:2 enthält, kann durch ein Sputterverfahren unter Verwendung eines Oxidtargets mit einem Atomverhältnis von 3:1:2 in ähnliche Weise wie der erste Oxidhalbleiterfilm ausgebildet werden.

[0259] Ferner kann der Oxidhalbleiterfilm eine dreischichtige Struktur aus einem ersten Oxidhalbleiterfilm, einem zweiten Oxidhalbleiterfilm und einem dritten Oxidhalbleiterfilm, bei der die Bestandselemente gleich sind, aufweisen, wobei die Atomverhältnisse der Bestandselemente des ersten Oxidhalbleiterfilms, des zweiten Oxidhalbleiterfilms und des dritten Oxidhalbleiterfilms unterschiedlich gemacht sind. Der Fall, in dem der Oxidhalbleiterfilm eine dreischichtige Struktur hat, wird anhand von **Fig. 27** beschrieben.

[0260] In einem Transistor 297 in **Fig. 27** sind ein erster Oxidhalbleiterfilm 299a, ein zweiter Oxidhalbleiterfilm 299b und ein dritter Oxidhalbleiterfilm 299c in dieser Reihenfolge von der Seite des Gate-Isolierfilms 127 aus gestapelt. Als Material des ersten Oxidhalbleiterfilms 299a und des dritten Oxidhalbleiterfilms 299c wird ein Material, das durch $InM_{1-x}Zn_yO_z$ ($x \geq 1$, $y > 1$, $z > 0$, M1 ist Ga, Hf oder dergleichen) dargestellt wird, verwendet. Es sei angemerkt, dass in dem Fall, in dem ein Material jedes des ersten Oxidhalbleiterfilms 299a und des dritten Oxidhalbleiterfilms 299c Ga enthält, ein Material mit einem großen Anteil von Ga, insbesondere ein Material, das durch $InM_{1-x}Zn_yO_z$ dargestellt werden kann, wo x größer als 10 ist, ungeeignet ist, weil ein Pulver bei der Ablagerung erzeugt werden könnte. Es sei angemerkt, dass die Struktur des Transistors 297 gleich denjenigen der Transistoren bei den obigen Ausführungsformen (z. B. des Transistors 103 bei der Ausführungsform 1) ist, außer dass der erste Oxidhalbleiterfilm 299a, der zweite Oxidhalbleiterfilm 299b und der dritte Oxidhalbleiterfilm 299c enthalten sind.

[0261] Als Material des zweiten Oxidhalbleiterfilms 299b wird ein Material, das durch $InM_{2-x}Zn_yO_2$ ($x \geq 1$, $y \geq 1$, $z > 0$, M2 ist Ga, Sn oder dergleichen) dargestellt werden kann, verwendet.

[0262] Materialien des ersten Oxidhalbleiterfilms 299a, des zweiten Oxidhalbleiterfilms 299b und des dritten Oxidhalbleiterfilms 299c werden nach Bedarf ausgewählt, so dass eine Topf-Struktur (well structure) ausgebildet wird, bei der das Leitungsband des zweiten Oxidhalbleiterfilms 299b tiefer, bezüglich des Vakuum-Niveaus, als die Leitungsbänder des ersten Oxidhalbleiterfilms 299a und des dritten Oxidhalbleiterfilms 299c liegt.

[0263] Wie bei der Ausführungsform 1 beschrieben worden ist, verursacht Silizium oder Kohlenstoff, das/der zu der Gruppe 14 gehört, in dem Oxidhalbleiterfilm Erzeugung von als Ladungsträger dienenden Elektronen, was zur Erhöhung der Ladungsträgerdichte führt. Ein Oxidhalbleiterfilm wird wegen Silizium oder Kohlenstoff darin zu einem N-Typ Oxidhalbleiterfilm. Daher sind die Konzentration von Silizium in Oxidhalbleiterfilmen und die Konzentration von Kohlenstoff in Oxidhalbleiterfilmen jeweils niedriger als oder gleich $3 \times 10^{13} / cm^3$, bevorzugt niedriger als oder gleich $3 \times 10^{17} / cm^3$. Es ist besonders bevorzugt, eine Struktur zu benutzen, bei der der erste Oxidhalbleiterfilm 299a und der dritte Oxidhalbleiterfilm 299c den zweiten Oxidhalbleiterfilm 299b, der als Ladungsträgerpfad dient, umgibt oder umschließt, so dass nicht viele Elemente der Gruppe 14 in den zweiten Oxidhalbleiterfilm 299b eintreten. Mit anderen Worten: der erste Oxidhalbleiterfilm 299a und der dritte Oxidhalbleiterfilm 299c können auch Barrierefilme genannt werden, die verhindern, dass Elemente der Gruppe 14 wie z. B. Silizium und Kohlenstoff in den zweiten Oxidhalbleiterfilm 299b eintreten.

[0264] Beispielsweise kann der erste Oxidhalbleiterfilm 299a In, Ga und Zn mit einem Atomverhältnis von 1:3:2 enthalten, der zweite Oxidhalbleiterfilm 299b kann In, Ga und Zn mit einem Atomverhältnis von 3:1:2

enthalten, und der dritte Oxidhalbleiterfilm 299c kann In, Ga und Zn mit einem Atomverhältnis von 1:1:1 enthalten. Es sei angemerkt, dass der dritte Oxidhalbleiterfilm 299c durch ein Sputterverfahren unter Verwendung eines Oxidtargets, das In, Ga und Zn mit einem Atomverhältnis von 1:1:1 enthält, ausgebildet werden kann.

[0265] Alternativ kann eine dreischichtige Struktur benutzt werden, bei der der erste Oxidhalbleiterfilm 299a In, Ga und Zn mit einem Atomverhältnis von 1:3:2 enthält, der zweite Oxidhalbleiterfilm 299b In, Ga und Zn mit einem Atomverhältnis von 1:1:1 oder 1:3:2 enthält, und der dritte Oxidhalbleiterfilm 299c In, Ga und Zn mit einem Atomverhältnis von 1:3:2 enthält.

[0266] Da die Bestandselemente des ersten Oxidhalbleiterfilms 299a, des zweiten Oxidhalbleiterfilms 299b und des dritten Oxidhalbleiterfilms 299c gleich sind, hat der zweite Oxidhalbleiterfilm 299b weniger Defektzustände (Haftterme, trap levels) an der Grenzfläche zu dem ersten Oxidhalbleiterfilm 299a. Insbesondere sind die Defektzustände (Haftterme, trap levels) weniger als die Defektzustände an der Grenzfläche zwischen dem Gate-Isolierfilm 127 und dem ersten Oxidhalbleiterfilm 299a. Aus diesem Grund kann dann, wenn die Oxidhalbleiterfilme auf die vorstehende Weise gestapelt sind, die Größe der Veränderung der Schwellenspannung eines Transistors infolge einer Veränderung über die Zeit oder einer Zuverlässigsprüfung reduziert werden.

[0267] Wenn ferner Materialien des ersten Oxidhalbleiterfilms 299a, des zweiten Oxidhalbleiterfilms 299b und des dritten Oxidhalbleiterfilms 299c derart nach Bedarf ausgewählt werden, dass eine Topf-Struktur (well structure) ausgebildet wird, bei der das Leitungsband des zweiten Oxidhalbleiterfilms 299b tiefer, vom Vakuum-Niveau aus, als die Leitungsbänder des ersten Oxidhalbleiterfilms 299a und des dritten Oxidhalbleiterfilms 299c ist, kann die Feldeffekt-Beweglichkeit (field-effect mobility) des Transistors erhöht werden und die Größe der Veränderung der Schwellenspannung des Transistors infolge einer Veränderung über die Zeit oder einer Zuverlässigsprüfung kann reduziert werden.

[0268] Zudem können der erste Oxidhalbleiterfilm 299a, der zweite Oxidhalbleiterfilm 299b und der dritte Oxidhalbleiterfilm 299c unter Verwendung von Oxidhalbleitern mit verschiedenen Kristallisationsgraden ausgebildet werden. Mit anderen Worten: der Oxidhalbleiterfilm kann nach Bedarf mit einer Kombination aus irgendwelchen eines einkristallinen Oxidhalbleiters, eines polykristallinen Oxidhalbleiters, eines amorphen Oxidhalbleiters und eines CAAC-OS ausgebildet werden. Wenn ein amorpher Oxidhalbleiter als einer des ersten Oxidhalbleiterfilms 299a, des zweiten Oxidhalbleiterfilms 299b und des dritten Oxidhalbleiterfilms 299c eingesetzt wird, kann eine Innenspannung oder Außenspannung des Oxidhalbleiterfilms erleichtert werden, Schwankungen der elektrischen Eigenschaften der Transistoren können verringert werden und die Größe der Veränderung der Schwellenspannung des Transistors infolge einer Veränderung über die Zeit oder einer Zuverlässigsprüfung kann reduziert werden.

[0269] Zumindest der zweite Oxidhalbleiterfilm 299b, der als Kanalbildungsbereich dienen kann, ist vorzugsweise ein CAAC-OS-Film. Ein Oxidhalbleiterfilm auf der rückwärtigen Kanalseite, d. h. der dritte Oxidhalbleiterfilm 299c bei dieser Ausführungsform, ist vorzugsweise ein amorpher Oxidhalbleiterfilm oder ein CAAC-OS-Film. Mit einer derartigen Struktur kann die Größe der Veränderung der Schwellenspannung eines Transistors infolge einer Veränderung über die Zeit oder einer Zuverlässigsprüfung reduziert werden.

[0270] Es sei angemerkt, dass die Struktur und dergleichen bei dieser Ausführungsform nach Bedarf in Kombination mit einer der Strukturen der anderen Ausführungsformen verwendet werden können.

(Ausführungsform 5)

[0271] Eine Halbleitervorrichtung, die eine Anzeigefunktion aufweist (auch als Anzeigevorrichtung bezeichnet), kann unter Verwendung des Transistors und des Kondensators hergestellt werden, für die Beispiele bei den vorstehenden Ausführungsformen beschrieben worden sind. Darüber hinaus können einige oder alle Treiberschaltungen, die den Transistor beinhalten, über einem Substrat ausgebildet werden, wo ein Pixelabschnitt ausgebildet ist, wodurch ein System auf dem Anzeigefeld (system on panel) erhalten werden kann. Bei dieser Ausführungsform wird ein Beispiel für eine Anzeigevorrichtung, die den Transistor verwendet, für den Beispiele bei den vorstehenden Ausführungsformen beschrieben worden sind, anhand der Zeichnungen beschrieben. **Fig.** 29 ist eine Querschnittsansicht, die eine Querschnittsstruktur entlang der Punkt-Strich-Linie X1-X2 in **Fig.** 28B darstellt. Es sei angemerkt, dass in **Fig.** 29 nur ein Teil der Struktur eines Pixelabschnitts dargestellt ist.

[0272] In **Fig.** 28A ist ein Dichtungsmaterial 905 derart angeordnet, dass es einen über einem ersten Substrat 901 angeordneten Pixelabschnitt 902 umgibt, wobei der Pixelabschnitt 902 mit einem zweiten Substrat 906 abgedichtet ist. In **Fig.** 28A sind eine Signalleitungstreiberschaltung 903 und eine Abtastleitungstreiberschaltung 904 jeweils unter Verwendung eines einkristallinen Halbleiters oder eines polykristallinen Halbleiters über einem getrennt vorbereiteten Substrat ausgebildet, und in einem Bereich, der von dem von dem Dichtungsmaterial 905 umgebenen Bereich unterschiedlich ist, über dem ersten Substrat 901 montiert. Des Weiteren werden verschiedene Signale und Potentiale zu der Signalleitungstreiberschaltung 903, der Abtastleitungstreiberschaltung 904 und dem Pixelabschnitt 902 aus einer flexiblen gedruckten Schaltung (flexible printed circuit: FPC) 918 zugeführt.

[0273] In **Fig.** 28B und **Fig.** 28C ist das Dichtungsmaterial 905 derart angeordnet, dass es den Pixelabschnitt 902 und die Abtastleitungstreiberschaltung 904 umgibt, die über dem ersten Substrat 901 angeordnet sind. Das zweite Substrat 906 ist über dem Pixelabschnitt 902 und der Abtastleitungstreiberschaltung 904 angeordnet. Infolgedessen sind der Pixelabschnitt 902 und die Abtastleitungstreiberschaltung 904 zusammen mit einem Anzeigeelement durch das erste Substrat 901, das Dichtungsmaterial 905 und das zweite Substrat 906 abgedichtet. In **Fig.** 28B und **Fig.** 28C ist eine Signalleitungstreiberschaltung 903, die unter Verwendung eines einkristallinen Halbleiters oder eines polykristallinen Halbleiters über einem getrennt vorbereiteten Substrat ausgebildet ist, in einem Bereich, der von dem von dem Dichtungsmaterial 905 umgebenen Bereich unterschiedlich ist, über dem ersten Substrat 901 montiert. In **Fig.** 28B und **Fig.** 28C werden verschiedene Signale und Potenziale zu der Signalleitungstreiberschaltung 903, der Abtastleitungstreiberschaltung 904 und dem Pixelabschnitt 902 aus einer FPC 918 zugeführt.

[0274] Obwohl **Fig.** 28B und **Fig.** 28C jeweils ein Beispiel darstellen, in dem die Signalleitungstreiberschaltung 903 getrennt ausgebildet und auf dem ersten Substrat 901 montiert wird, ist eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung nicht auf diese Struktur beschränkt. Die Abtastleitungstreiberschaltung kann getrennt ausgebildet und dann montiert werden, oder es kann nur ein Teil der Signalleitungstreiberschaltung oder ein Teil der Abtastleitungstreiberschaltung getrennt ausgebildet und dann montiert werden.

[0275] Es sei angemerkt, dass ein Verbindungsverfahren einer getrennt ausgebildeten Treiberschaltung keinen speziellen Beschränkungen unterliegt, und ein Chip auf Glas- (chip on glass: COG-) Verfahren, ein Drahtanbindungsverfahren (wire bonding method), ein Automatisches Anbinden mittels Band- (tape automated bonding: TAB-) Verfahren oder dergleichen kann verwendet werden. **Fig.** 28A stellt ein Beispiel dar, in dem die Signalleitungstreiberschaltung 903 und die Abtastleitungstreiberschaltung 904 durch ein COG-Verfahren montiert sind. **Fig.** 28B stellt ein Beispiel dar, in dem die Signalleitungstreiberschaltung 903 durch ein COG-Verfahren montiert ist. **Fig.** 28C stellt ein Beispiel dar, in dem die Signalleitungstreiberschaltung 903 durch ein TAB-Verfahren montiert ist.

[0276] Die Anzeigevorrichtung umfasst in ihrer Kategorie ein Anzeigefeld, bei dem ein Anzeigeelement abgedichtet ist, sowie ein Modul, bei dem eine integrierte Schaltung (integrated circuit: IC), die eine Regler oder dergleichen beinhaltet, an dem Anzeigefeld montiert ist.

[0277] Eine Anzeigevorrichtung in dieser Beschreibung bezeichnet eine Bildanzeigevorrichtung, eine Anzeigevorrichtung oder eine Lichtquelle (einschließlich einer Beleuchtungsvorrichtung). Die Anzeigevorrichtung umfasst ferner in ihrer Kategorie auch die nachfolgenden Module: ein Modul, an dem ein Verbinder wie z. B. ein FPC oder ein Tape Carrier Package (TCP) angebracht ist; ein Modul mit einem TCP, dessen Ende mit einer gedruckten Leiterplatte versehen ist; und ein Modul, bei dem eine integrierte Schaltung (IC) direkt an einem Anzeigeelement durch ein COG-Verfahren montiert ist.

[0278] Der Pixelabschnitt 902 und die Abtastleitungstreiberschaltung 904, die über dem ersten Substrat 901 vorgesehen sind, beinhalten eine Vielzahl von Transistoren, und einer der Transistoren, die bei den vorstehenden Ausführungsformen beschrieben worden sind, kann angewendet werden.

[0279] Als Anzeigeelement, das in der Anzeigevorrichtung angeordnet ist, kann ein Flüssigkristallelement (auch als Flüssigkristallanzeigeelement bezeichnet) oder ein lichtemittierendes Element (auch als lichtemittierendes Anzeigeelement bezeichnet) verwendet werden. Ein lichtemittierendes Element beinhaltet in seiner Kategorie ein Element, dessen Leuchtdichte durch einen Strom oder eine Spannung gesteuert wird, und insbesondere ein organisches Elektrolumineszenz- (EL-) Element, ein anorganisches EL-Element und dergleichen. Darüber hinaus kann ein Anzeigemedium, dessen Kontrast durch einen elektrischen Effekt geändert wird, wie z. B. elektronische Tinte verwendet werden. Ein Beispiel für eine Flüssigkristallanzeigevorrichtung unter Verwendung eines Flüssigkristallelements als Anzeigeelement ist in **Fig.** 29 dargestellt.

[0280] Die Flüssigkristallanzeigevorrichtung in **Fig. 29** ist eine Anzeigevorrichtung eines Modus mit vertikalem elektrischem Feld. Eine Flüssigkristallanzeigevorrichtung beinhaltet eine Verbindungsanschlusselektrode 915 und eine Anschlusselektrode 916. Die Verbindungsanschlusselektrode 915 und die Anschlusselektrode 916 sind elektrisch mit einem Anschluss, der in der FPC 918 enthalten ist, durch einen anisotropen leitenden Stoff 919 verbunden.

[0281] Die Verbindungsanschlusselektrode 915 wird unter Verwendung des gleichen leitenden Films wie eine erste Elektrode 930 ausgebildet, und die Anschlusselektrode 916 wird unter Verwendung des gleichen leitenden Films wie eine Source-Elektrode und eine Drain-Elektrode jedes eines Transistors 910 und eines Transistors 911 ausgebildet.

[0282] Der Pixelabschnitt 902 und die Abtastleitungstreiberschaltung 904, die über dem ersten Substrat 901 angeordnet sind, beinhalten jeweils eine Vielzahl von Transistoren. Der Transistor 910, ist in dem Pixelabschnitt 902 enthalten und der Transistor 911 ist in der Abtastleitungstreiberschaltung 904 enthalten. Ein Isolierfilm 924, der den Isolierfilmen 129, 131 und 132 entspricht, die bei der Ausführungsform 1 beschrieben worden sind, ist über Oxidhalbleiterfilmen der Transistoren 910 und 911 angeordnet. Es sei angemerkt, dass ein Isolierfilm 923 ein Isolierfilm ist, der als Basisfilm dient.

[0283] Bei dieser Ausführungsform kann jeder der Transistoren, die bei den vorstehenden Ausführungsformen beschrieben worden sind, als die Transistoren 910 und 911 verwendet werden. Ein Kondensator 926 ist unter Verwendung eines Oxidhalbleiterfilms 927, des Isolierfilms 924 und der ersten Elektrode 930 ausgebildet. Es sei angemerkt, dass der Oxidhalbleiterfilm 927 elektrisch durch eine Öffnung, die in einem Gate-Isolierfilm 922 ausgebildet ist, mit einer Abtastleitung 929, die als Kondensatorleitung dient, verbunden ist. Die Abtastleitung 929 ist unter Verwendung des gleichen leitenden Films wie Abtastleitungen ausgebildet, die Bereiche aufweisen, die als Gate-Elektroden der Transistoren 910 und 911 dienen. Obwohl ein Kondensator mit der Struktur, die bei der Ausführungsform 1 beschrieben worden ist, hier in der Zeichnung als der Kondensator 926 dargestellt ist, kann ein Kondensator mit der Struktur, die in jeder der anderen Ausführungsformen beschrieben worden ist, nach Bedarf verwendet werden.

[0284] Außerdem wird ein Beispiel dargestellt, in dem ein leitender Film 917 in einem Bereich des Isolierfilms 924 in dem Transistor 911, der in der Abtastleitungstreiberschaltung 904 enthalten ist, derart bereitgestellt ist, dass der leitende Film 917 mit einem Kanalausbildungsbereich des Oxidhalbleiterfilms überlappt. Der leitende Film 917 kann ein Potential zuführen und als Gate-Elektrode des Transistors 911 dienen. Das heißt, dass der Transistor 911 ein Doppel-Gate-Transistor (dual gate transistor) ist. Es sei angemerkt, dass der leitende Film 917 unter Verwendung des gleichen leitenden Films wie die erste Elektrode 930 ausgebildet sein kann. Darüber hinaus kann die Weite des leitenden Films 917 in Richtung der Kanallänge kürzer als der Abstand zwischen der Source-Elektrode und der Drain-Elektrode des Transistors 911 sein.

[0285] Dank des leitenden Films 917 kann eine Schwankung der Gate-Spannung (ansteigende Gate-Spannung), bei der ein Durchlassstrom bei verschiedenen Drain-Spannungen zu fließen beginnt, in dem Transistor 911, der in der Abtastleitungstreiberschaltung 904 enthalten ist, reduziert werden. Mit dem leitenden Film 917 kann ein Strom ferner gesteuert werden, der in einem Bereich des Oxidhalbleiterfilms auf der Seite des leitenden Films 917 und zwischen der Source-Elektrode und der Drain-Elektrode des Transistors 911 fließt. Folglich können Schwankungen der elektrischen Eigenschaften zwischen einer Vielzahl von Transistoren, die in der Abtastleitungstreiberschaltung 904 enthalten sind, reduziert werden. Darüber hinaus kann dann, wenn das Potential des leitenden Films 917 dem minimalen Potenzial der Abtastleitungstreiberschaltung 904 des Transistors 911 gleich oder im Wesentlichen gleich ist, eine Schwankung der Schwellenspannung des Transistors 911 reduziert werden; somit kann die Zuverlässigkeit des Transistors 911 verbessert werden. Es sei angemerkt, dass das minimale Potential der Abtastleitungstreiberschaltung 904 das niedrigste Potential der Potentiale ist, die zum Bedienen der Abtastleitungstreiberschaltung 904 zugeführt werden. In dem Fall, in dem das Potential der Source-Elektrode des Transistors 911 als Bezugspunkt des Potentials verwendet wird, das zum Betreiben der Abtastleitungstreiberschaltung 904 zugeführt wird, ist das Potential der Source-Elektrode (V_{ss}) beispielsweise das minimale Potential.

[0286] Außerdem hat der leitende Film 917 eine Funktion zum Abblocken eines äußeren elektrischen Feldes. Mit anderen Worten: der leitende Film 917 hat eine Funktion, zu vermeiden, dass ein äußeres elektrisches Feld das Innere (einen Schaltungsabschnitt einschließlich des Transistors) beeinflusst (besonders eine Funktion zum Vermeiden statischer Elektrizität). Die Funktion zum Vermeiden der statischen Elektrizität des leitenden Films 917 kann Schwankungen der elektrischen Eigenschaften des Transistors 911 wegen des Einflusses von einem äußeren elektrischen Feld wie z. B. statischer Elektrizität unterdrücken; somit kann die

Zuverlässigkeit des Transistors 911 verbessert werden. Obwohl der Transistor, der in der Abtastleitungstreiberschaltung enthalten ist, in **Fig.** 29 dargestellt ist, kann ein in einer Signalleitungstreiberschaltung enthalter Transistor auch ein Doppel-Gate-Transistor ähnlich wie der Transistor 911 sein. In dem Fall, in dem ein Doppel-Gate-Transistor als Transistor verwendet wird, der in der Signalleitungstreiberschaltung enthalten ist, hat der Transistor einen Effekt ähnlich demjenigen des Transistors 911.

[0287] Folglich hat die Halbleitervorrichtung (Anzeigevorrichtung) einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung eine hohe Zuverlässigkeit.

[0288] Hier wird eine Struktur eines Transistors beschrieben, der in der Halbleitervorrichtung (Anzeigevorrichtung) einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung enthalten ist, beispielsweise eine Vielzahl von Transistoren, die in der Abtastleitungstreiberschaltung 904 enthalten sind, in denen eine Leitung, die eine Gate-Elektrode enthält, und eine Leitung, die eine Source-Elektrode oder eine Drain-Elektrode enthält, über einen leitenden Film elektrisch miteinander verbunden sind. **Fig.** 30A stellt eine Draufsicht der Struktur dar und **Fig.** 30B stellt eine Querschnittsansicht entlang der Strich-Punkt-Linie Y1-Y2 und der Strich-Punkt-Linie Z1-Z2 in **Fig.** 30A dar.

[0289] Wie in **Fig.** 30A dargestellt, stehen eine Leitung 950, die die Gate-Elektrode des Transistors 911 enthält, und eine Leitung 952, die die Source-Elektrode oder die Drain-Elektrode des Transistors 911 enthält, in Kontakt mit einem leitenden Film 958, der in einer Öffnung 954 und einer Öffnung 956 angeordnet ist.

[0290] Wie bei der Querschnittsstruktur in **Fig.** 30B ist der Isolierfilm 923 über dem ersten Substrat 901 angeordnet, der Gate-Isolierfilm 922 ist über der Leitung 950 und dem Isolierfilm 923 angeordnet, die Leitung 952 ist über dem Gate-Isolierfilm 922 angeordnet und der Isolierfilm 924 ist über dem Gate-Isolierfilm 922 und der Leitung 952 angeordnet. Ferner ist in einem Bereich entlang der Strich-Punkt-Linie Y1-Y2 die Öffnung 954, die die Leitung 950 erreicht, in dem Gate-Isolierfilm 922 und dem Isolierfilm 924 angeordnet. In einem Bereich entlang der Strich-Punkt-Linie Z1-Z2 ist die Öffnung 956, die die Leitung 952 erreicht, in dem Isolierfilm 924 angeordnet. Weiterhin ist der leitende Film 958 über dem Isolierfilm 924 und in der Öffnung 954 und der Öffnung 956 angeordnet.

[0291] Gemäß dem Obigen sind die Leitung 950, die die Gate-Elektrode enthält, und die Leitung 952, die die Source-Elektrode oder die Drain-Elektrode enthält, elektrisch miteinander über den leitenden Film 958 verbunden.

[0292] Der leitende Film 958 kann durch Anwenden des Herstellungsprozesses des leitenden Films 917 des Transistors 911 ausgebildet werden.

[0293] Die Öffnung 954 und die Öffnung 956 können gleichzeitig ausgebildet werden. Die Details sind wie folgt. Ein Isolierfilm, der zum Gate-Isolierfilm 922 zu verarbeiten ist, wird über der Leitung 950 ausgebildet, die Leitung 952 wird über dem Isolierfilm ausgebildet und ein Isolierfilm, der zum Isolierfilm 924 zu verarbeiten ist, wird über der Leitung 952 ausgebildet. Danach wird eine Maske über dem Isolierfilm 924 ausgebildet, und die Isolierfilme werden unter Verwendung der Maske bearbeitet, um die Öffnung 954 und die Öffnung 956 auszubilden. Eine Photolackmaske kann als Maske verwendet werden. Die Isolierfilme können durch Trockenätzen bearbeitet werden. Wenn die Leitung 950 unter Verwendung eines Metallmaterials oder der gleichen ausgebildet ist, kann das Selektivitätsverhältnis (selectivity ratio) der Leitung 950 und des Gate-Isolierfilms 922 in Bezug auf die Leitung 950 hoch werden; somit können die Öffnung 954 und die Öffnung 956 gleichzeitig durch das Trockenätzen ausgebildet werden.

[0294] Der Transistor 910 in dem Pixelabschnitt 902 ist elektrisch mit einem Anzeigeelement verbunden.

[0295] Ein Flüssigkristallelement 913, das ein Anzeigeelement ist, beinhaltet die erste Elektrode 930, eine zweite Elektrode 931 und einen Flüssigkristall 908. Es sei angemerkt, dass ein Isolierfilm 932 und ein Isolierfilm 933, die als Ausrichtungsfilm dienen, derart angeordnet sind, dass der Flüssigkristall 908 dazwischen liegt. Die zweite Elektrode 931 ist auf der Seite des zweiten Substrats 906 angeordnet. Die zweite Elektrode 931 überlappt mit der ersten Elektrode 930, wobei der Flüssigkristall 908 dazwischen liegt. Hinsichtlich des Flüssigkristallelements 913 kann man auf die Beschreibung des Flüssigkristallelements 108 bei der Ausführungsform 1 Bezug nehmen. Die erste Elektrode 930 entspricht der Pixelelektrode 121 bei der Ausführungsform 1, die zweite Elektrode 931 entspricht der Gegenelektrode 154 bei der Ausführungsform 1, der Flüssigkristall 908 entspricht dem Flüssigkristall 160 bei der Ausführungsform 1, der Isolierfilm 932 entspricht dem

Ausrichtungsfilm 158 bei der Ausführungsform 1, und der Isolierfilm 933 entspricht dem Ausrichtungsfilm 156 bei der Ausführungsform 1.

[0296] Die erste Elektrode 930 und die zweite Elektrode 931 (jede von ihnen wird auch als Pixelelektrode, gemeinsame Elektrode, Gegenelektrode oder dergleichen bezeichnet) zum Anlegen einer Spannung an das Anzeigeelement können lichtdurchlässige Eigenschaften oder lichtreflektierende Eigenschaften aufweisen, welche von der Richtung, in der Licht extrahiert wird, der Position, wo die Elektroden angeordnet sind, und der Musterstruktur (pattern structure) der Elektroden abhängen.

[0297] Die erste Elektrode 930 und die zweite Elektrode 931 können nach Bedarf unter Verwendung eines Materials, das demjenigen der Pixelelektrode 121 und der Gegenelektrode 154 bei der Ausführungsform 1 ähnlich ist, ausgebildet werden.

[0298] Ein Abstandshalter 935 ist ein säulenförmiger Abstandshalter, der durch selektives Ätzen eines Isolierfilms erhalten wird, und ist bereitgestellt, um den Abstand zwischen der ersten Elektrode 930 und der zweiten Elektrode 931 (einer Zellenlücke, cell gap) zu steuern. Alternativ kann ein kugelförmiger Abstandshalter verwendet werden.

[0299] Das erste Substrat 901 und das zweite Substrat 906 sind durch ein Dichtungsmaterial 905 örtlich fixiert. Als das Dichtungsmaterial 905 kann ein organisches Harz wie z. B. ein wärmeaus härzendes Harz oder ein photohärtendes Harz verwendet werden. Zudem steht das Dichtungsmaterial 905 in Kontakt mit dem Isolierfilm 924.

[0300] In der Halbleitervorrichtung (Anzeigevorrichtung) einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung werden ein lichtundurchlässiger Film (Schwarzmatrix), ein optisches Bauelement (ein optisches Substrat), wie z. B. ein Polarisationsbauelement, ein Retardationsbauelement (retardation member) oder ein Antireflexionsbauelement, und dergleichen nach Bedarf bereitgestellt. Beispielsweise kann eine zirkulare Polarisierung durch Verwendung eines Polarisationssubstrats und eines Retardationssubstrats erhalten werden. Ferner kann eine Hintergrundbeleuchtung, eine Seitenbeleuchtung oder dergleichen als Lichtquelle verwendet werden.

[0301] Da der Transistor aufgrund von statischer Elektrizität oder dergleichen leicht brechen kann, wird vorzugsweise eine Schutzschaltung zum Schützen der Treiberschaltung bereitgestellt. Die Schutzschaltung wird vorzugsweise unter Verwendung eines nicht-linearen Elements ausgebildet.

[0302] **Fig. 31A** bis **Fig. 31C** stellen ein Beispiel für die Anzeigevorrichtung in **Fig. 28A** bis **Fig. 28C** und **Fig. 29** dar, in dem ein Abschnitt (Kontaktabchnitt) zur gemeinsamen elektrischen Verbindung mit der zweiten Elektrode 931, die auf dem zweiten Substrat 906 angeordnet ist, über dem ersten Substrat 901 ausgebildet ist.

[0303] Der Abschnitt zur gemeinsamen Verbindung ist an einer Stelle, die mit dem Dichtungsmaterial zum Binden des ersten Substrats 901 an das zweite Substrat 906 überlappt, bereitgestellt und ist elektrisch mit der zweiten Elektrode 931 über leitende Teilchen in dem Dichtungsmaterial verbunden. Alternativ wird der Abschnitt zur gemeinsamen Verbindung an einer Position, die nicht mit dem Dichtungsmaterial überlappt (außer des Pixelabschnitts), bereitgestellt, und eine Paste einschließlich leitender Teilchen wird getrennt von dem Dichtungsmaterial bereitgestellt, um mit dem Abschnitt zur gemeinsamen Verbindung zu überlappen, wodurch der Abschnitt zur gemeinsamen Verbindung elektrisch mit der zweiten Elektrode 931 verbunden ist.

[0304] **Fig. 31A** ist eine Querschnittsansicht des Abschnitts zur gemeinsamen Verbindung entlang der Linie I-J in der Draufsicht in **Fig. 31B**.

[0305] Eine gemeinsame Potentialleitung 975 ist über einem Gate-Isolierfilm 922 angeordnet und wird unter Verwendung des gleichen Materials und durch die gleichen Schritte wie eine Source-Elektrode 971 oder eine Drain-Elektrode 973 des Transistors 910 in **Fig. 31A** bis **Fig. 31C** ausgebildet.

[0306] Ferner ist die gemeinsame Potentialleitung 975 mit dem Isolierfilm 924 bedeckt, und der Isolierfilm 924 hat eine Vielzahl von Öffnungen an einer Stelle, die mit der gemeinsamen Potentialleitung 975 überlappt. Diese Öffnungen werden durch die gleichen Schritte wie ein Kontaktloch ausgebildet, das die erste Elektrode 930 und eine der Source-Elektrode 971 und der Drain-Elektrode 973 des Transistors 910 verbindet.

[0307] Ferner ist die gemeinsame Potentialleitung 975 mit einer gemeinsamen Elektrode 977 durch die Öffnungen verbunden. Die gemeinsame Elektrode 977 ist über dem Isolierfilm 924 angeordnet und wird unter Verwendung des gleichen Materials und durch die gleichen Schritte wie die Verbindungsanschlusselektrode 915 und die erste Elektrode 930 in dem Pixelabschnitt ausgebildet.

[0308] Auf diese Weise kann der Abschnitt zur gemeinsamen Verbindung durch den gleichen Herstellungsprozess wie das Schaltelement in dem Pixelabschnitt 902 ausgebildet werden.

[0309] Die gemeinsame Elektrode 977 ist eine Elektrode, die in Kontakt mit den leitenden Teilchen in dem Dichtungsmaterial steht, und ist elektrisch mit der zweiten Elektrode 931 des zweiten Substrats 906 verbunden.

[0310] Alternativ kann wie in **Fig. 31C** gezeigt eine gemeinsame Potentialleitung 985 unter Verwendung des gleichen Materials und durch die gleichen Schritte wie die Gate-Elektrode des Transistors 910 ausgebildet werden.

[0311] In dem Abschnitt zur gemeinsamen Verbindung in **Fig. 31C** ist die gemeinsame Potentialleitung 985 unter dem Gate-Isolierfilm 922 und dem Isolierfilm 924 angeordnet; und der Gate-Isolierfilm 922 und der Isolierfilm 924 haben eine Vielzahl von Öffnungen an einer Stelle, die mit der gemeinsamen Potentialleitung 985 überlappt. Diese Öffnungen werden durch Ätzen des Isolierfilms 924 durch die gleichen Schritte wie ein Kontaktloch, das die erste Elektrode 930 und eine der Source-Elektrode 971 und der Drain-Elektrode 973 des Transistors 910 verbindet, und durch weiteres selektives Ätzen des Gate-Isolierfilms 922 ausgebildet.

[0312] Ferner ist die gemeinsame Potentialleitung 985 mit einer gemeinsamen Elektrode 987 durch die Öffnungen verbunden. Die gemeinsame Elektrode 987 ist über dem Isolierfilm 924 angeordnet und wird unter Verwendung des gleichen Materials und durch die gleichen Schritte wie die Verbindungsanschlusselektrode 915 und die erste Elektrode 930 in dem Pixelabschnitt ausgebildet.

[0313] Folglich wird ein Halbleiterfilm als eine Elektrode eines Kondensators in dem gleichen Prozess wie ein Halbleiterfilm eines Transistors ausgebildet, wodurch eine Halbleitervorrichtung hergestellt werden kann, in der das Öffnungsverhältnis verbessert wird und die Kapazität des Kondensators erhöht wird. Beispielsweise kann dann, wenn die Pixeldichte der Halbleitervorrichtung auch etwa 300 ppi ist, das Öffnungsverhältnis des Pixels 50 % oder höher, 55 % oder höher, sogar 60 % oder höher bei dieser Ausführungsform sein. Darüber hinaus kann eine Erhöhung des Öffnungsverhältnisses eine Hableitervorrichtung mit ausgezeichneter Anzeigequalität bereitstellen.

[0314] Ferner werden Sauerstofffehlstellen und Verunreinigungen wie z. B. Wasserstoff und Stickstoff in dem Halbleiterfilm (insbesondere dem Oxidhalbleiterfilm) des Transistors verringert, so dass die Halbleitervorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung gute elektrische Eigenschaften hat.

[0315] Es sei angemerkt, dass die Struktur und der gleichen bei dieser Ausführungsform nach Bedarf in Kombination mit einer der Strukturen der anderen Ausführungsformen verwendet werden können.

(Ausführungsform 6)

[0316] Die Halbleitervorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann bei einer von verschiedenen elektronischen Geräten (darunter auch Spielautomaten) verwendet werden. Beispiele für elektronische Geräte umfassen Fernsehgeräte (auch als Fernseher oder Fernsehempfänger bezeichnet), Monitore der Computer, Kameras, wie z. B. Digitalkameras oder digitale Videokameras, Digitalfotorahmen, Mobiltelefone, tragbare Spielkonsolen, tragbare Informationsendgeräte, Audiowiedergabevorrichtungen, Spielautomaten (z. B. Pachinko-Automaten oder Glücksspielautomaten), Gehäuse der Spielautomaten und dergleichen. Beispiele für diese elektronischen Geräte sind in **Fig. 32A** bis **Fig. 32C** dargestellt.

[0317] **Fig. 32A** stellt einen Tisch 9000 mit einem Anzeigeabschnitt dar. Bei dem Tisch 9000 ist ein Anzeigeabschnitt 9003 in einem Gehäuse 9001 eingebaut, und ein Bild kann auf dem Anzeigeabschnitt 9003 angezeigt werden. Es sei angemerkt, dass das Gehäuse 9001 von vier Beinabschnitten 9002 getragen ist. Ferner ist ein Leistungskabel 9005 zum Zuführen einer Leistung an dem Gehäuse 9001 bereitgestellt.

[0318] Die Halbleitervorrichtung, die bei einer der vorstehenden Ausführungsformen beschrieben worden ist, kann bei dem Anzeigeabschnitt 9003 verwendet werden. Somit kann die Anzeigqualität des Anzeigeabschnitts 9003 verbessert werden.

[0319] Der Anzeigeabschnitt 9003 hat eine berührungsempfindliche Eingabefunktion. Wenn ein Benutzer angezeigte Knöpfe 9004, die auf dem Anzeigeabschnitt 9003 des Tisches 9000 angezeigt werden, mit seinem Finger oder dergleichen berührt, kann der Benutzer den Bildschirm betreiben und eine Information eingeben. Zudem kann dann, wenn der Tisch 9000 mit Haushaltsgeräten kommunizieren oder die Haushaltsgeräte steuern kann, der Tisch 9000 als Steuergerät, das die Haushaltsgeräte durch Handlungen am Bildschirm steuert, dienen. Beispielsweise kann unter Verwendung einer Halbleitervorrichtung mit einer Bildsensorfunktion der Anzeigeabschnitt 9003 eine berührungsempfindliche Eingabefunktion aufweisen.

[0320] Ferner kann der Bildschirm des Anzeigeabschnitts 9003 mittels eines Scharniers in dem Gehäuse 9001 senkrecht zu einem Boden gestellt werden; deshalb kann der Tisch 9000 auch als Fernsehgerät verwendet werden. Wenn ein Fernsehgerät mit einem großen Bildschirm in einem kleinen Zimmer gestellt wird, wird ein freier Raum reduziert; wenn ein Anzeigeabschnitt in einem Tisch eingebaut ist, kann jedoch ein Raum in dem Zimmer effizient verwendet werden.

[0321] **Fig. 32B** stellt ein Fernsehgerät 9100 dar. In dem Fernsehgerät 9100 ist ein Anzeigeabschnitt 9103 in einem Gehäuse 9101 eingebaut und ein Bild kann auf dem Anzeigeabschnitt 9103 angezeigt werden. Es sei angemerkt, dass hier das Gehäuse 9101 von einem Fuß 9105 getragen ist.

[0322] Das Fernsehgerät 9100 kann mittels eines Bedienungsschalters des Gehäuses 9101 oder einer separaten Fernbedienung 9110 bedient werden. Mit einer Bedienungstaste 9109 der Fernbedienung 9110 können die Fernsehsender und die Lautstärke gesteuert werden, so dass ein Bild, das auf dem Anzeigeabschnitt 9103 angezeigt wird, gesteuert werden kann. Ferner kann die Fernbedienung 9110 einen Anzeigeabschnitt 9107 zum Anzeigen von Daten, die aus der Fernbedienung 9110 ausgegeben werden, aufweisen.

[0323] Das Fernsehgerät 9100 in **Fig. 32B** ist mit einem Empfänger, einem Modem und dergleichen versehen. Mit dem Empfänger kann das Fernsehgerät 9100 allgemeine Fernsehsendungen empfangen. Weiterhin kann dann, wenn das Fernsehgerät 9100 drahtgebunden oder drahtlos über das Modem mit einem Kommunikationsnetzwerk verbunden ist, eine unidirektionale (von einem Sender zu einem Empfänger) oder eine bidirektionale (zwischen einem Sender und einem Empfänger oder zwischen Empfängern) Informationsübertragung durchgeführt werden.

[0324] Die Halbleitervorrichtung, die bei einer der vorstehenden Ausführungsformen beschrieben worden ist, kann bei den Anzeigeabschnitten 9103 und 9107 verwendet werden. Somit kann die Anzeigqualität des Fernsehgeräts verbessert werden.

[0325] **Fig. 32C** stellt einen Computer 9200 dar. Der Computer 9200 beinhaltet einen Hauptkörper 9201, ein Gehäuse 9202, einen Anzeigeabschnitt 9203, eine Tastatur 9204, einen externen Verbindungsanschluss 9205, eine Zeigevorrichtung 9206 und dergleichen.

[0326] Die Halbleitervorrichtung, die bei einer der vorstehenden Ausführungsformen beschrieben worden ist, kann für den Anzeigeabschnitt 9203 verwendet werden. Somit kann die Anzeigqualität des Computers verbessert werden.

[0327] **Fig. 33A** und **Fig. 33B** stellen einen klappbaren Tablet-Computer dar. In **Fig. 33A** ist der Tablet-Computer geöffnet und enthält ein Gehäuse 9630, einen Anzeigeabschnitt 9631a, einen Anzeigeabschnitt 9631b, einen Knopf zum Schalten des Anzeigemodus 9034, einen An-/Abschalter 9035, einen Knopf zum Schalten des Stromsparermodus 9036, eine Spange 9033 und einen Knopf zum Bedienen 9038.

[0328] Die Halbleitervorrichtung, die bei einer der vorstehenden Ausführungsformen beschrieben worden ist, kann für den Anzeigeabschnitt 9631a und den Anzeigeabschnitt 9631b verwendet werden. Somit kann die Anzeigqualität des Tablet-Computers verbessert werden.

[0329] Ein Teil des Anzeigeabschnitts 9631a kann ein Touchscreen-Bereich 9632a sein, und Daten können durch Berühren angezeigter Bedienungstasten 9638 eingegeben werden. Es sei angemerkt, dass **Fig. 33A** als Beispiel zeigt, dass ein halber Bereich des Anzeigeabschnitts 9631a nur eine Anzeigefunktion hat und der andere halbe Bereich eine Touchscreenfunktion hat. Jedoch wird die Struktur des Anzeigeabschnitts

9631a nicht auf diese beschränkt. Der ganze Bereich des Anzeigeabschnitts 9631a kann eine Touchscreen-funktion haben. Beispielsweise kann der ganze Anzeigeabschnitt 9631a Tastaturknöpfe anzeigen und als Touchscreen dienen, während der Anzeigeabschnitt 9631b als Anzegebildschirm verwendet werden kann.

[0330] In dem Anzeigeabschnitt 9631b kann wie in dem Anzeigeabschnitt 9631a ein Teil des Anzeigeabschnitts 9631b ein Touchscreen-Bereich 9632b sein. Wenn ein Finger, ein Stift oder dergleichen den Platz berührt, wo ein Knopf 9639 zum Schalten in einen Tastatur-Anzeigemodus auf dem Touchscreen angezeigt wird, können Tastaturknöpfe auf dem Anzeigeabschnitt 9631b angezeigt werden.

[0331] Eine Eingabe durch Berühren kann an den Touchscreen-Bereichen 9632a und 9632b gleichzeitig durchgeführt werden.

[0332] Der Knopf zum Schalten des Anzeigemodus 9034 ermöglicht Umschaltung beispielsweise zwischen einem Hochformat und einem Querformat und zwischen monochromer Anzeige und Farbanzeige. Mit dem Knopf zum Schalten des Stromsparmodus 9036 zum Schalten in einen Stromsparmodus kann die Anzeigeleuchtdichte entsprechend der Menge von Außenlicht, die von einem optischen Sensor in dem Tablet-Computer wahrgenommen wird, beim Verwenden des Tablet-Computers optimiert werden. Der Tablet-Computer kann eine andere Detektorvorrichtung wie z. B. einen Sensor zum Detektieren der Neigung (wie z. B. ein Kreiselinstrument oder einen Beschleunigungssensor) zusätzlich zu dem optischen Sensor aufweisen.

[0333] Obwohl der Anzeigeabschnitt 9631a und der Anzeigeabschnitt 9631b die gleiche Anzeigefläche in **Fig. 33A** aufweisen, ist eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung nicht auf dieses Beispiel beschränkt. Der Anzeigeabschnitt 9631a und der Anzeigeabschnitt 9631b können verschiedene Flächen oder verschiedene Anzeigequalität haben. Beispielsweise kann einer von ihnen ein Anzeigefeld sein, das Bilder mit höherer Auflösung als das andere Anzeigefeld anzeigen kann.

[0334] **Fig. 33B** stellt den zusammengeklappten Tablet-Computer dar, der das Gehäuse 9630, eine Solarzelle 9633 und eine Lade-/Entladesteuerschaltung 9634 beinhaltet. Es sei angemerkt, dass **Fig. 33B** ein Beispiel darstellt, in dem die Lade-/Entladesteuerschaltung 9634 eine Batterie 9635 und einen Gleichspannungswandler 9636 beinhaltet.

[0335] Da der Tablet-Computer klappbar sein kann, kann das Gehäuse 9630 geschlossen werden, wenn der Tablet-Computer nicht verwendet wird. Somit können die Anzeigeabschnitte 9631a und 9631b geschützt werden. Daher kann ein Tablet-Computer, der hohe Haltbarkeit und hohe Zuverlässigkeit hinsichtlich der Langzeitverwendung aufweist, bereitgestellt werden.

[0336] Der Tablet-Computer in **Fig. 33A** und **Fig. 33B** kann eine Funktion zum Anzeigen verschiedener Arten von Daten (z. B. eines Standbildes, eines bewegten Bildes und eines Textbildes), eine Funktion zum Anzeigen eines Kalenders, eines Datums, der Zeit oder dergleichen auf dem Anzeigeabschnitt, eine Funktion zum Eingeben durch Berührung zur Bedienung oder Modifikation der Daten, die durch das Eingeben durch Berührung auf dem Anzeigeabschnitt angezeigt werden, eine Funktion zum Steuern der Verarbeitung mittels verschiedener Arten von Software (Programmen) und dergleichen haben.

[0337] Die Solarzelle 9633, die an der Oberfläche des Tablet-Computers angebaut ist, führt Energie zu einem Touchscreen, einem Anzeigeabschnitt, einem Bildsignalverarbeitungsabschnitt und dergleichen zu. Es sei angemerkt, dass die Solarzelle 9633 an einer oder beiden Oberflächen des Gehäuses 9630 angeordnet sein kann, so dass die Batterie 9635 auf effiziente Weise geladen werden kann. Wenn eine Lithiumionenbatterie als die Batterie 9635 verwendet wird, besteht ein Vorteil der Verkleinerung oder dergleichen.

[0338] Die Struktur und die Bedienung der Lade-/Entladesteuerschaltung 9634, die in **Fig. 33B** dargestellt ist, werden anhand eines Blockschemas in **Fig. 33C** beschrieben. Die Solarzelle 9633, die Batterie 9635, der Gleichspannungswandler 9636, ein Wandler 9637, Schalter SW1, SW2 und SW3 und der Anzeigeabschnitt 9631 sind in **Fig. 33C** dargestellt, und die Batterie 9635, der Gleichspannungswandler 9636, der Wandler 9637 und die Schalter SW1 bis SW3 entsprechen der Lade-/Entladesteuerschaltung 9634 in **Fig. 33B**.

[0339] Zuerst wird ein Beispiel für die Bedienung in dem Fall, in dem Energie von der Solarzelle 9633 unter Verwendung von Außenlicht erzeugt wird, beschrieben. Die Spannung der von der Solarzelle 9633 erzeugten Energie wird von dem Gleichspannungswandler 9636 erhöht oder verringert, so dass eine Spannung zum Laden der Batterie 9635 erhalten wird. Wenn der Anzeigeabschnitt 9631 mit der Energie aus der Solarzelle 9633 bedient wird, wird der Schalter SW1 eingeschaltet, und die Spannung der Energie wird von dem Wand-

ler 9637 auf eine Spannung, die für die Bedienung des Anzeigeabschnitts 9631 erforderlich ist, erhöht oder verringert. Zusätzlich wird dann, wenn keine Anzeige auf dem Anzeigeabschnitt 9631 durchgeführt wird, der Schalter SW1 ausgeschaltet, und der Schalter SW2 eingeschaltet, so dass Laden der Batterie 9635 durchgeführt werden kann.

[0340] Zwar ist hier die Solarzelle 9633 als Beispiel für ein Energieerzeugungsmittel dargestellt, es gibt aber keine besondere Beschränkung auf ein Mittel zum Aufladen der Batterie 9635, und die Batterie 9635 kann mittels eines anderen Energieerzeugungsmittels wie z. B. eines piezoelektrischen Elements oder eines thermoelektrischen Wandlerelements (Peltier-Elements) aufgeladen werden. Beispielsweise kann die Batterie 9635 mittels eines kontaktfreien Energieübertragungsmoduls aufgeladen werden, das fähig ist, durch drahtloses (kontaktloses) Übertragen und Empfangen von Energie aufzuladen, oder ein anderes Mittel zur Ladung kann damit in einer Kombination verwendet werden.

[0341] Es sei angemerkt, dass die Struktur und dergleichen bei dieser Ausführungsform in Kombination mit einer der Strukturen und dergleichen bei den anderen Ausführungsformen nach Bedarf verwendet werden können.

[Beispiel 1]

[0342] In diesem Beispiel werden die Widerstände eines Oxidhalbleiterfilms und eines mehrschichtigen Films anhand von **Fig. 34A** bis **Fig. 34D** und **Fig. 35** beschrieben.

[0343] Zuerst wird die Struktur einer Probe anhand von **Fig. 34A** bis **Fig. 34D** beschrieben.

[0344] **Fig. 34A** ist eine Draufsicht einer Probe 1, einer Probe 2, einer Probe 3 und einer Probe 4, und **Fig. 34B** bis **Fig. 34D** sind Querschnittsansichten entlang der Strich-Punkt-Linie A1-A2 in **Fig. 34A**. Es sei angemerkt, dass die Draufsichten der Proben 1 bis 4 gleich sind, und dass ihre Querschnittsansichten verschieden sind, weil die Stapseschicht-Strukturen der Querschnitte verschieden sind. Die Querschnittsansichten der Probe 1, der Probe 2 und der Proben 3 und 4 sind in **Fig. 34B**, **Fig. 34C** bzw. **Fig. 34D** dargestellt.

[0345] Hinsichtlich der Probe 1 ist ein Isolierfilm 1903 über einem Glassubstrat 1901 ausgebildet, ein Isolierfilm 1904 ist über dem Isolierfilm 1903 ausgebildet, und ein Oxidhalbleiterfilm 1905 ist über dem Isolierfilm 1904 ausgebildet. Die beiden Endbereiche des Oxidhalbleiterfilms 1905 sind mit einem leitenden Film 1907 und einem leitenden Film 1909, die jeweils als Elektrode dienen, bedeckt, und der Oxidhalbleiterfilm 1905 und die leitenden Filme 1907 und 1909 sind mit einem Isolierfilm 1910 und einem Isolierfilm 1911 bedeckt. Es sei angemerkt, dass eine Öffnung 1913 und eine Öffnung 1915 in den Isolierfilmen 1910 und 1911 angeordnet sind, und dass der leitende Film 1907 und der leitende Film 1909 durch die Öffnung 1913 bzw. die Öffnung 1915 freigelegt sind.

[0346] Hinsichtlich der Probe 2 ist der Isolierfilm 1903 über dem Glassubstrat 1901 ausgebildet, der Isolierfilm 1904 ist über dem Isolierfilm 1903 ausgebildet, und der Oxidhalbleiterfilm 1905 ist über dem Isolierfilm 1904 ausgebildet. Die beiden Endbereiche des Oxidhalbleiterfilms 1905 sind mit den leitenden Filmen 1907 und 1909, die jeweils als Elektrode dienen, bedeckt, und der Oxidhalbleiterfilm 1905 und die leitenden Filme 1907 und 1909 sind mit dem Isolierfilm 1911 bedeckt. Es sei angemerkt, dass eine Öffnung 1917 und eine Öffnung 1919 in dem Isolierfilm 1911 angeordnet sind, und dass der leitende Film 1907 und der leitende Film 1909 durch die Öffnung 1917 bzw. die Öffnung 1919 freigelegt sind.

[0347] Hinsichtlich jeder der Proben 3 und 4 ist der Isolierfilm 1903 über dem Glassubstrat 1901 ausgebildet, der Isolierfilm 1904 ist über dem Isolierfilm 1903 ausgebildet, und ein mehrschichtiger Film 1906 ist über dem Isolierfilm 1904 ausgebildet. Die beiden Endbereiche des mehrschichtigen Films 1906 sind mit den leitenden Filmen 1907 und 1909, die jeweils als Elektrode dienen, bedeckt, und der mehrschichtige Film 1906 und die leitende Filme 1907 und 1909 sind mit dem Isolierfilm 1911 bedeckt. Es sei angemerkt, dass die Öffnungen 1917 und 1919 in dem Isolierfilm 1911 angeordnet sind, und dass der leitende Film 1907 und der leitende Film 1909 durch die Öffnung 1917 bzw. die Öffnung 1919 freigelegt sind.

[0348] Wie oben beschrieben worden ist, sind die Strukturen der Isolierfilme, die in Kontakt mit der nach oben weisenden Oberfläche des Oxidhalbleiterfilms 1905 oder des mehrschichtigen Films 1906 stehen, in den Proben 1 bis 4 verschieden. In der Probe 1 stehen der Oxidhalbleiterfilm 1905 und der Isolierfilm 1910 in Kontakt miteinander; in der Probe 2 stehen der Oxidhalbleiterfilm 1905 und der Isolierfilm 1911 in Kontakt mit-

einander; und in den Proben 3 und 4 stehen der mehrschichtige Film 1906 und der Isolierfilm 1911 in Kontakt miteinander.

[0349] Als Nächstes werden Verfahren zum Herstellen der Proben beschrieben.

[0350] Zuerst wird ein Verfahren zum Ausbilden der Probe 1 beschrieben.

[0351] Ein 400 nm dicker Siliziumnitridfilm wurde als der Isolierfilm 1903 über dem Glassubstrat 1901 durch ein Plasma-CVD-Verfahren ausgebildet.

[0352] Als Nächstes wurde ein 50 nm dicker Siliziumoxynitridfilm als der Isolierfilm 1904 über dem Isolierfilm 1903 durch ein Plasma-CVD-Verfahren ausgebildet.

[0353] Dann wurde ein 35 nm dicker IGZO-Film als der Oxidhalbleiterfilm 1905 über dem Isolierfilm 1904 durch ein Sputterverfahren unter Verwendung eines Targets aus einem Metalloxid, das In, Ga und Zn mit einem Atomverhältnis von 1:1:1 enthält, ausgebildet. Danach wurde eine Ätzbehandlung an dem IGZO-Film mit einer Maske, die durch einen Photolithografieprozess ausgebildet wurde, durchgeführt, so dass der Oxidhalbleiterfilm 1905 ausgebildet wurde.

[0354] Als Nächstes wurden die leitenden Filme 1907 und 1909 über dem Isolierfilm 1904 und dem Oxidhalbleiterfilm 1905 derart ausgebildet, dass ein 50 nm dicker Wolframfilm, ein 400 nm dicker Aluminiumfilm und ein 100 nm dicker Titanfilm in dieser Reihenfolge durch ein Sputterverfahren gestapelt wurden und dann einer Ätzbehandlung mit einer Maske, die durch einen Fotolithografieprozess ausgebildet wurde, unterzogen wurden.

[0355] Anschließend wurde ein 450 nm dicker Siliziumoxynitridfilm als der Isolierfilm 1910 über dem Isolierfilm 1904, dem Oxidhalbleiterfilm 1905, dem leitenden Film 1907 und dem leitenden Film 1909 durch ein Plasma-CVD-Verfahren ausgebildet, und dann wurde eine Wärmebehandlung eine Stunde lang bei 350 °C in einer Gemischatmosphäre aus Stickstoff und Sauerstoff durchgeführt.

[0356] Als Nächstes wurde ein 50 nm dicker Siliziumnitridfilm als der Isolierfilm 1911 über dem Isolierfilm 1910 durch ein Plasma-CVD-Verfahren ausgebildet.

[0357] Dann wird eine Maske über dem Isolierfilm 1911 durch einen Photolithografieprozess ausgebildet, und dann wurde eine Ätzbehandlung an dem Isolierfilm 1911 durchgeführt, so dass die Öffnungen 1913 und 1915 in den Isolierfilmen 1910 und 1911 ausgebildet wurden.

[0358] Durch den vorstehenden Prozess wurde die Probe 1 ausgebildet.

[0359] Als Nächstes wird ein Verfahren zum Ausbilden der Probe 2 beschrieben.

[0360] Als Nächstes wurde ein 450 nm dicker Siliziumoxynitridfilm als der Isolierfilm 1910 über dem Isolierfilm 1904, dem Oxidhalbleiterfilm 1905, dem leitenden Film 1907 und dem leitenden Film 1909 der Probe 1 durch ein Plasma-CVD-Verfahren ausgebildet, und dann wurde eine Wärmebehandlung eine Stunde lang bei 350 °C in einer Gemischatmosphäre aus Stickstoff und Sauerstoff durchgeführt. Danach wurde der Isolierfilm 1910 entfernt.

[0361] Als Nächstes wurde ein 50 nm dicker Siliziumnitridfilm als der Isolierfilm 1911 über dem Isolierfilm 1904, dem Oxidhalbleiterfilm 1905, dem leitenden Film 1907 und dem leitenden Film 1909 durch ein Plasma-CVD-Verfahren ausgebildet.

[0362] Dann wird eine Maske über dem Isolierfilm 1911 durch einen Photolithografieprozess ausgebildet, und dann wurde eine Ätzbehandlung an dem Isolierfilm 1911 durchgeführt, so dass die Öffnungen 1917 und 1919 in dem Isolierfilm 1911 ausgebildet wurden.

[0363] Durch den vorstehenden Prozess wurde die Probe 2 ausgebildet.

[0364] Als Nächstes wird ein Verfahren zum Ausbilden der Probe 3 beschrieben.

[0365] Hinsichtlich der Probe 3 wurde der mehrschichtige Film 1906 anstatt des Oxidhalbleiterfilms 1905 der Probe 2 verwendet. Der mehrschichtige Film 1906 wurde über dem Isolierfilm 1904 derart ausgebildet, dass ein 10 nm dicker IGZO-Film mittels eines Targets aus einem Metalloxid, das In, Ga und Zn mit einem Atomverhältnis von 1:3:2 enthält, ein 10 nm dicker IGZO-Film mittels eines Targets aus einem Metalloxid, das In, Ga und Zn mit einem Atomverhältnis von 1:1:1 enthält, und dann ein 10 nm dicker IGZO-Film mittels eines Targets aus einem Metalloxid, das In, Ga und Zn mit einem Atomverhältnis von 1:3:2 enthält, sukzessiv durch ein Sputterverfahren ausgebildet wurden. Anschließend wurde eine Ätzbehandlung an den gestapelten IGZO-Filmen mit einer Maske, die durch einen Photolithografieprozess ausgebildet wurde, durchgeführt, so dass der mehrschichtige Film 1906 ausgebildet wurde.

[0366] Durch den vorstehenden Prozess wurde die Probe 3 ausgebildet.

[0367] Als Nächstes wird ein Verfahren zum Ausbilden der Probe 4 beschrieben.

[0368] Hinsichtlich der Probe 4 wurde der mehrschichtige Film 1906 anstatt des Oxidhalbleiterfilms 1905 der Probe 2 verwendet. Der mehrschichtige Film 1906 wurde über dem Isolierfilm 1904 derart ausgebildet, dass ein 20 nm dicker IGZO-Film mittels eines Targets aus einem Metalloxid, das In, Ga und Zn mit einem Atomverhältnis von 1:3:2 enthält, ein 15 nm dicker IGZO-Film mittels eines Targets aus einem Metalloxid, das In, Ga und Zn mit einem Atomverhältnis von 1:1:1 enthält, und dann ein 10 nm dicker IGZO-Film mittels eines Targets aus einem Metalloxid, das In, Ga und Zn mit einem Atomverhältnis von 1:3:2 enthält, sukzessiv durch ein Sputterverfahren ausgebildet wurden. Anschließend wurde eine Ätzbehandlung an den gestapelten IGZO-Filmen mit einer Maske, die durch einen Photolithografieprozess ausgebildet wurde, durchgeführt, so dass der mehrschichtige Film 1906 ausgebildet wurde.

[0369] Durch den vorstehenden Prozess wurde die Probe 4 ausgebildet.

[0370] Als Nächstes wurden der Flächenwiderstand des Oxidhalbleiterfilms 1905 in jeder der Proben 1 und 2 und der Flächenwiderstand des mehrschichtigen Films 1906 in jeder der Proben 3 und 4 gemessen. In der Probe 1 wurde ein Fühler in Kontakt mit den Öffnungen 1913 und 1915 gebracht, um den Flächenwiderstand des Oxidhalbleiterfilms 1905 zu messen. In jeder der Proben 2 bis 4 wurde ein Fühler in Kontakt mit den Öffnungen 1917 und 1919 gebracht, um den Flächenwiderstand des Oxidhalbleiterfilms 1905 oder des mehrschichtigen Films 1906 zu messen. Es sei angemerkt, dass in dem Oxidhalbleiterfilm 1905 in jeder der Proben 1 und 2 und in dem mehrschichtigen Film 1906 in jeder der Proben 3 und 4 die Breiten der leitenden Filme 1907 und 1909, die einander zugewandt waren, jeweils 1 mm waren und der Abstand zwischen den leitenden Filmen 1907 und 1909 10 µm war. Zudem war in jeder der Proben 1 bis 4 das Potential des leitenden Films 1907 ein Erdpotential, und 1 V wurde an den leitenden Film 1909 angelegt.

[0371] Fig. 35 zeigt den Flächenwiderstand der Proben 1 bis 4.

[0372] Der Flächenwiderstand der Probe 1 war etwa $1 \times 10^{11} \Omega$. Der Flächenwiderstand der Probe 2 war etwa 2620 Ω. Der Flächenwiderstand der Probe 3 war etwa 4410 Ω. Der Flächenwiderstand der Probe 4 war etwa 2930 Ω.

[0373] Auf die obige Weise haben die Oxidhalbleiterfilme 1905 und die mehrschichtige Filme 1906 unterschiedliche Flächenwiderstände, weil die Isolierfilme in Kontakt mit dem Oxidhalbleiterfilm 1905 und die Isolierfilme in Kontakt mit dem mehrschichtigen Film 1906 unterschiedlich waren.

[0374] Es sei angemerkt, dass dann, wenn die obigen Flächenwiderstände der Proben 1 bis 4 in spezifische Widerstände umgewandelt wurden, die spezifischen Widerstände der Probe 1, der Probe 2, der Probe 3 und der Probe 4 $3,9 \times 10^5 \Omega\text{cm}$, $9,3 \times 10^{-3} \Omega\text{cm}$, $1,3 \times 10^{-2} \Omega\text{cm}$ bzw. $1,3 \times 10^{-2} \Omega\text{cm}$ waren.

[0375] In der Probe 1 wurde der Siliziumoxynitridfilm, der als der Isolierfilm 1910 verwendet wurde, in Kontakt mit der nach oben weisenden Oberfläche des Oxidhalbleiterfilms 1905 ausgebildet und war von dem Siliziumnitridfilm, der als der Isolierfilm 1911 verwendet wurde, abgewandt. Im Gegensatz dazu wurde in der Probe 2 der Siliziumnitridfilm, der als der Isolierfilm 1911 verwendet wurde, in Kontakt mit der nach oben weisenden Oberfläche des Oxidhalbleiterfilms 1905 ausgebildet und wurde in jeder der Proben 3 und 4 in Kontakt mit der nach oben weisenden Oberfläche des mehrschichtigen Films 1906 ausgebildet. Wenn der Oxidhalbleiterfilm 1905 oder der mehrschichtige Film 1906 wie im Vorstehenden in Kontakt mit dem Siliziumnitridfilm, der als der Isolierfilm 1911 verwendet wird, bereitgestellt wird, werden Defekte wie z. B. Sauerstofffehlstellen in dem Oxidhalbleiterfilm 1905 oder dem mehrschichtigen Film 1906 erzeugt, und Was-

serstoff in dem Siliziumnitridfilm wird zum Oxidhalbleiterfilm 1905 oder zum mehrschichtigen Film 1906 übertragen oder in sie diffundiert. Folglich wird die Leitfähigkeit des Oxidhalbleiterfilms 1905 oder des mehrschichtigen Films 1906 verbessert.

[0376] Beispielsweise ist es in dem Fall, in dem ein Oxidhalbleiterfilm für einen Kanalbildungsbereich eines Transistors verwendet wird, zu bevorzugen, eine Struktur zu benutzen, bei der ein Siliziumoxynitridfilm in Kontakt mit dem Oxidhalbleiterfilm wie in der Probe 1 angeordnet ist. Außerdem ist es zu bevorzugen, als lichtdurchlässiger leitender Film für eine Elektrode eines Kondensators eine Struktur zu benutzen, bei der ein Siliziumnitridfilm in Kontakt mit einem Oxidhalbleiterfilm oder einem mehrschichtigen Film wie in den Proben 2 bis 4 bereitgestellt ist. Mit einer derartigen Struktur können dann, auch wenn ein Oxidhalbleiterfilm oder ein mehrschichtiger Film, der für einen Kanalbildungsbereich eines Transistors verwendet wird, und ein Oxidhalbleiterfilm oder ein mehrschichtiger Film, der für eine Elektrode eines Kondensators verwendet wird, durch den gleichen Prozess ausgebildet werden, der spezifische Widerstand des Oxidhalbleiterfilms und der spezifische Widerstand des mehrschichtigen Films unterschiedlich gemacht werden.

[0377] Als Nächstes wurden die Werte der Flächenwiderstände der Proben 2 und 3, die in einer Umwelt bei einer hohen Temperatur und mit hoher Feuchtigkeit gehalten worden waren, gemessen. Die Bedingungen der hier verwendeten Proben werden nachstehend beschrieben. Es sei angemerkt, dass hier die Bedingungen teilweise von denjenigen der Proben 2 und 3 unterschiedlich sind. Deshalb werden Proben, die die gleiche Struktur wie die Proben 2 und 3 aufweisen und unter den unterschiedlichen Ausbildungsbedingungen ausgebildet wurden, als Probe 2a und Probe 3a bezeichnet.

[0378] Zuerst wird ein Verfahren zum Ausbilden der Probe 2a beschrieben.

[0379] Der Isolierfilm 1903 und der Isolierfilm 1904 wurden über dem Glassubstrat 1901 ausgebildet.

[0380] Dann wurde ein 35 nm dicker IGZO-Film als der Oxidhalbleiterfilm 1905 über dem Isolierfilm 1904 durch ein Sputterverfahren unter Verwendung eines Targets aus einem Metalloxid, das In, Ga und Zn mit einem Atomverhältnis von 1:1:1 enthält, ausgebildet. Danach wurde eine Ätzbehandlung an dem IGZO-Film mit einer Maske, die durch einen Photolithografieprozess ausgebildet wird, durchgeführt, und eine Wärmebehandlung wurde dann bei 350 °C oder 450 °C durchgeführt, so dass der Oxidhalbleiterfilm 1905 ausgebildet wurde.

[0381] Als Nächstes wurden der leitende Film 1907 und der leitende Film 1909 über dem Isolierfilm 1904 und dem Oxidhalbleiterfilm 1905 derart ausgebildet, dass ein 50 nm dicker Wolframfilm und ein 400 nm dicker Kupferfilm in dieser Reihenfolge durch ein Sputterverfahren gestapelt wurden und dann einer Ätzbehandlung mit einer Maske, die durch einen Photolithografieprozess ausgebildet wird, unterzogen wurden.

[0382] Anschließend wurde ein 450 nm dicker Siliziumoxynitridfilm als der Isolierfilm 1910 über dem Isolierfilm 1904, dem Oxidhalbleiterfilm 1905, dem leitenden Film 1907 und dem leitenden Film 1909 durch ein Plasma-CVD-Verfahren ausgebildet und eine Wärmebehandlung wurde dann eine Stunde lang bei 350 °C in einer Gemischatmosphäre aus Stickstoff und Sauerstoff durchgeführt.

[0383] Als Nächstes wurde ein 50 nm dicker Siliziumnitridfilm als der Isolierfilm 1911 über dem Isolierfilm 1904, dem Oxidhalbleiterfilm 1905, dem leitenden Film 1907 und dem leitenden Film 1909 durch ein Plasma-CVD-Verfahren ausgebildet. Es sei angemerkt, dass die Temperatur beim Ausbilden des Siliziumnitridfilms 220 °C oder 350 °C war.

[0384] Dann wird eine Maske über dem Isolierfilm 1911 durch einen Photolithografieprozess ausgebildet, und eine Ätzbehandlung wurde dann an dem Isolierfilm 1911 durchgeführt, so dass die Öffnungen 1913 und 1915 in den Isolierfilmen 1910 und 1911 ausgebildet wurden.

[0385] Durch den vorstehenden Prozess wurde die Probe 2a ausgebildet.

[0386] Als Nächstes wird ein Verfahren zum Ausbilden der Probe 3a beschrieben.

[0387] Hinsichtlich der Probe 3a wurde der mehrschichtige Film 1906 anstatt des Oxidhalbleiterfilms 1905 der Probe 2a verwendet. Der mehrschichtige Film 1906 wurde über dem Isolierfilm 1904 derart ausgebildet, dass ein 10 nm dicker IGZO-Film mittels eines Targets aus einem Metalloxid, das In, Ga und Zn mit einem Atomverhältnis von 1:1:1 enthält, und ein 10 nm dicker IGZO-Film mittels eines Targets aus einem Metalloxid,

das In, Ga und Zn mit einem Atomverhältnis von 1:3:2 enthält, sukzessiv durch ein Sputterverfahren ausgebildet wurden. Anschließend wurde eine Ätzbehandlung an den gestapelten IGZO-Filmen mit einer Maske, die durch einen Photolithografieprozess ausgebildet wurde, durchgeführt, und eine Wärmebehandlung wurde dann bei 350 °C oder 450 °C durchgeführt, so dass der mehrschichtige Film 1906 ausgebildet wurde.

[0388] Durch den vorstehenden Prozess wurde die Probe 3a ausgebildet.

[0389] Dann wurden der Flächenwiderstand des Oxidhalbleiterfilms 1905 in der Probe 2a und der Flächenwiderstand des mehrschichtigen Films 1906 in der Probe 3a gemessen. In jeder der Proben 2a und 3a wird ein Fühler in Kontakt mit den Öffnungen 1917 und 1919 gebracht, um den Flächenwiderstand des Oxidhalbleiterfilms 1905 oder des mehrschichtigen Films 1906 zu messen. Es sei angemerkt, dass in dem Oxidhalbleiterfilm 1905 in der Probe 2a und in dem mehrschichtigen Film 1906 in der Probe 3a die Breiten der leitenden Filme 1907 und 1909, die einander zugewandt sind, jeweils 1,5 mm waren, und der Abstand zwischen den leitenden Filmen 1907 und 1909 10 µm war. Zudem war in jeder der Proben 2a und 3a das Potential des leitenden Films 1907 ein Erdpotential, und 1 V wurde an den leitenden Film 1909 angelegt. Die Werte der Flächenwiderstände der Proben 2a und 3a wurden gemessen, nachdem die Proben 2a und 3a 60 Stunden bzw. 130 Stunden lang bei 60 °C in einer Atmosphäre mit einer Feuchtigkeit von 95 % aufbewahrt wurden waren.

[0390] **Fig.** 39 zeigt die Werte der Flächenwiderstände der Proben 2a und 3a. Es sei angemerkt, dass in **Fig.** 39 die Temperatur zum Ausbilden des Siliziumnitridfilms als der Isolierfilm 1911 in jeder Probe 220 °C (eine durchgezogene Linie) oder 350 °C (eine gestrichelte Linie) ist. Des Weiteren stellen ein schwarzer Kreis und ein schwarzes Dreieck die Proben, die jeweils nach dem Ausbilden des Oxidhalbleiterfilms 1905 oder des mehrschichtigen Films 1906 einer Wärmebehandlung bei 350 °C unterzogen wurden, dar, und ein weißer Kreis und ein weißes Dreieck stellen die Proben, die jeweils nach dem Ausbilden des Oxidhalbleiterfilms 1905 oder des mehrschichtigen Films 1906 einer Wärmebehandlung bei 450 °C unterzogen wurden, dar. Die schwarzen und weißen Kreise stellen die Proben je einschließlich des Oxidhalbleiterfilms 1905, nämlich die Probe 2a, dar, und das weiße Dreieck stellt die Probe einschließlich des mehrschichtigen Films 1906, d. h. die Probe 3a dar. Es sei angemerkt, dass das Messergebnis der Probe 3a, die nach dem Ausbilden des mehrschichtigen Films 1906 einer Wärmebehandlung bei 350 °C unterzogen wurde (die durch ein schwarzes Dreieck dargestellt wird), nicht in **Fig.** 39 eingezeichnet ist.

[0391] **Fig.** 39 zeigt, dass die Proben 2a und 3a kleine Werte der Flächenwiderstände hatten und einen bevorzugten Wert des Flächenwiderstandes für eine Elektrode eines Kondensators, welcher 0,2 MΩ ist, erfüllten und dass die Größe der Veränderung über die Zeit der Werte der Flächenwiderstände der Proben 2a und 3a klein war. Wie oben beschrieben ist die Größe der Veränderung des Werts des Flächenwiderstandes des Oxidhalbleiterfilms oder des mehrschichtigen Films in Kontakt mit dem Siliziumnitridfilm klein in einer Umwelt mit einer hohen Temperatur und mit hoher Feuchtigkeit. Daher kann der Oxidhalbleiterfilm oder der mehrschichtige Film als lichtdurchlässiger leitender Film, der für eine Elektrode eines Kondensators verwendet wird, eingesetzt werden.

[0392] Als Nächstes wurden die Werte der Flächenwiderstände der Proben 2a und 3a bei einer Substrattemperatur von 25 °C, 60 °C oder 150 °C gemessen, und die Messergebnisse sind in **Fig.** 40 gezeigt. Es sei angemerkt, dass hier als jede der Proben 2a und 3a eine Probe verwendet wurde, die den als der Isolierfilm 1911 bei 220 °C ausgebildeten Siliziumnitridfilm beinhaltet und nach dem Ausbilden des Oxidhalbleiterfilms 1905 oder des mehrschichtigen Films 1906 einer Wärmebehandlung bei 350 °C unterzogen wurde. Außerdem stellt in **Fig.** 40 ein schwarzer Kreis das Messergebnis der Probe 2a dar und ein schwarzes Dreieck stellt das Messergebnis der Probe 3a dar.

[0393] **Fig.** 40 zeigt, dass die Werte der Flächenwiderstände des Oxidhalbleiterfilms 1905 und des mehrschichtigen Films 1906 nicht geändert wurden, auch wenn die Substrattemperatur erhöht wurde. Mit anderen Worten: der Oxidhalbleiterfilm oder der mehrschichtige Film in Kontakt mit dem Siliziumnitridfilm ist ein degenerierter Halbleiter. Die Größe der Veränderung des Werts des Flächenwiderstandes des Oxidhalbleiterfilms oder des mehrschichtigen Films in Kontakt mit dem Siliziumnitridfilm war klein, auch wenn die Substrattemperatur geändert wurde; deshalb kann der Oxidhalbleiterfilm oder der mehrschichtige Film als lichtdurchlässiger leitender Film, der für eine Elektrode eines Kondensators verwendet wird, eingesetzt werden.

[0394] Es sei angemerkt, dass die Struktur in diesem Beispiel nach Bedarf in Kombination mit einer der Strukturen der anderen Ausführungsformen und Beispiele verwendet werden kann.

[Beispiel 2]

[0395] In diesem Beispiel wird Analyse von Verunreinigungen in einem Oxidhalbleiterfilm und einem Isolierfilm über dem Oxidhalbleiterfilm anhand von **Fig. 36A** und **Fig. 36B** beschrieben.

[0396] In diesem Beispiel wurden zwei Arten von Proben (nachstehend als Probe 5 und Probe 6 bezeichnet) als Proben für die Verunreinigungsanalyse ausgebildet.

[0397] Zuerst wird ein Verfahren zum Ausbilden der Probe 5 nachstehend beschrieben.

[0398] Hinsichtlich der Probe 5 wurde ein IGZO-Film über einem Glassubstrat ausgebildet, und ein Siliziumnitridfilm wurde darüber ausgebildet. Danach wurden eine Wärmebehandlung eine Stunde lang bei 450 °C in einer Stickstoffatmosphäre und dann eine Wärmebehandlung eine Stunde lang bei 450 °C in einer Gemischgasatmosphäre aus Stickstoff und Sauerstoff (der Anteil des Stickstoffs war 80 %, und der Anteil des Sauerstoffs war 20 %) sukzessiv durchgeführt.

[0399] Es sei angemerkt, dass als IGZO-Film ein 100 nm dicker IGZO-Film durch ein Sputterverfahren unter Verwendung eines Targets aus einem Metalloxid, das In, Ga und Zn mit einem Atomverhältnis von 1:1:1 enthält, unter den folgenden Bedingungen ausgebildet wurde: die Durchflussmenge von Ar-Gas war 100 sccm und die Durchflussmenge von O₂-Gas war 100 sccm (der Anteil des O₂-Gases war 50 %); der Druck war 0,6 Pa; die Leistung zum Ausbilden eines Films war 5000 W; und die Substrattemperatur war 170 °C.

[0400] Zudem wurde als Siliziumnitridfilm ein 100 nm dicker Siliziumnitridfilm durch ein PE-CVD-Verfahren unter den folgenden Bedingungen ausgebildet: die Durchflussmenge von SiH₄-Gas war 50 sccm, die Durchflussmenge von N₂-Gas war 5000 sccm und die Durchflussmenge von NH₃-Gas war 100 sccm; der Druck war 100 Pa; die Leistung zum Ausbilden des Films war 1000 W; und die Substrattemperatur war 220 °C.

[0401] Als Nächstes wird ein Verfahren zum Ausbilden der Probe 6 nachstehend beschrieben.

[0402] Ein IGZO-Film wurde über einem Glassubstrat ausgebildet, und ein Siliziumoxynitridfilm und ein Siliziumnitridfilm wurden darüber gestapelt. Danach wurden eine Wärmebehandlung eine Stunde lang bei 450 °C in einer Stickstoffatmosphäre und dann eine Wärmebehandlung eine Stunde lang bei 450 °C in einer Gemischatmosphäre aus Stickstoff und Sauerstoff (der Anteil des Stickstoffs war 80 %, und der Anteil des Sauerstoffs war 20 %) sukzessiv durchgeführt.

[0403] Es sei angemerkt, dass die Bedingungen zum Ausbilden des IGZO-Films und des Siliziumnitridfilms denjenigen der Probe 5 ähnlich waren. Außerdem wurde als Siliziumoxynitridfilm ein 50 nm dicker Siliziumoxynitridfilm durch ein PE-CVD-Verfahren unter den folgenden Bedingungen ausgebildet: die Durchflussmenge von SiH₄-Gas war 30 sccm und die Durchflussmenge von N₂O-Gas war 4000 sccm; der Druck war 40 Pa; die Leistung zum Ausbilden eines Films war 150 W; und die Substrattemperatur war 220 °C. Danach wurde ein 400 nm dicker Siliziumoxynitridfilm durch ein PE-CVD-Verfahren unter den folgenden Bedingungen ausgebildet: die Durchflussmenge von SiH₄-Gas war 160 sccm und die Durchflussmenge von N₂O-Gas war 4000 sccm; der Druck war 200 Pa; die Leistung zum Ausbilden eines Films war 1500 W; und die Substrattemperatur war 220 °C.

[0404] **Fig. 36A** und **Fig. 36B** zeigen die Ergebnisse der Verunreinigungsanalyse der Proben 5 und 6.

[0405] Es sei angemerkt, dass die Verunreinigungsanalyse in Richtung des Pfeils in jeder der **Fig. 36A** und **Fig. 36B** durch Sekundärionen-Massenspektrometrie (SIMS) durchgeführt wurde. Mit anderen Worten: die Messung wurde von der Seite des Glassubstrats aus durchgeführt.

[0406] **Fig. 36A** zeigt das Konzentrationsprofil von Wasserstoff (H), das durch Messung der Probe 5 erhalten wurde. **Fig. 36B** zeigt das Konzentrationsprofil von Wasserstoff (H), das durch Messung der Probe 6 erhalten wurde.

[0407] **Fig. 36A** zeigt, dass die Konzentration von Wasserstoff (H) in dem IGZO-Film $1,0 \times 10^{20}$ Atome/cm³ war, und dass die Konzentration von Wasserstoff (H) in dem Siliziumnitridfilm $1,0 \times 10^{23}$ Atome/cm³ war. Zudem zeigt **Fig. 36B**, dass die Konzentration von Wasserstoff (H) in dem IGZO-Film $5,0 \times 10^{19}$ Atome/cm³ war, und dass die Konzentration von Wasserstoff (H) in dem Siliziumoxynitridfilm $3,0 \times 10^{21}$ Atome/cm³ war.

[0408] Es ist bekannt, dass es prinzipiell schwierig ist, präzise Daten in der Nachbarschaft zu einer Oberfläche einer Probe oder in Nachbarschaft zu einer Grenzfläche zwischen gestapelten Filmen aus verschiedenen Materialien unter Verwendung der SIMS-Analyse zu erhalten. Daher wird in dem Fall, in dem die Verteilung der Konzentration von Wasserstoff (H) in dem Film in einer Dickenrichtung unter Verwendung der SIMS analysiert wird, ein durchschnittlicher Wert als die Konzentration von Wasserstoff (H) verwendet aus einem Bereich, wo der Film bereitgestellt ist, sich der Wert nicht stark verändert und eine im Wesentlichen konstante Stärke erhalten werden kann.

[0409] Ein Unterschied zwischen den IGZO-Filmen in der Konzentration von Wasserstoff (H) wurde auf diese Weise durch Änderung der Struktur des Isolierfilms in Kontakt mit dem IGZO-Film gefunden.

[0410] Beispielsweise ist es in dem Fall, in dem einer der obigen IGZO-Filme in einem Kanalbildungsbereich eines Transistors ausgebildet wird, zu bevorzugen, eine Struktur zu benutzen, bei der ein Siliziumoxynitridfilm in Kontakt mit dem IGZO-Film wie in der Probe 6 angeordnet ist. Es ist zu bevorzugen, als lichtdurchlässiger leitender Film für eine Elektrode eines Kondensators eine Struktur zu benutzen, bei der ein Siliziumnitridfilm in Kontakt mit dem IGZO-Film wie in der Probe 5 angeordnet ist. Mit einer derartigen Struktur können dann, auch wenn ein IGZO-Film, der für einen Kanalbildungsbereich eines Transistors verwendet wird, und ein IGZO-Film, der für eine Elektrode eines Kondensators verwendet wird, durch den gleichen Prozess ausgebildet werden, die Wasserstoffkonzentrationen der IGZO-Filme voneinander unterschiedlich gemacht werden.

[Beispiel 3]

[0411] In diesem Beispiel werden die Mengen an Defekten in einem Oxidhalbleiterfilm und einem mehrschichtigen Film anhand von **Fig. 37A** bis **Fig. 37C** und **Fig. 38** beschrieben.

[0412] Zuerst wird die Struktur einer Probe beschrieben.

[0413] Eine Probe 7 beinhaltet einen 35 nm dicken Oxidhalbleiterfilm über einem Quarzsubstrat und einen 100 nm dicken Nitridisolierfilm über dem Oxidhalbleiterfilm.

[0414] Eine Probe 8 und eine Probe 9 beinhalten jeweils einen 30 nm dicken mehrschichtigen Film über einem Quarzsubstrat und einen 100 nm dicken Nitridisolierfilm über dem mehrschichtigen Film. Es sei angemerkt, dass in dem mehrschichtigen Film der Probe 8 ein 10 nm dicker erster Oxidfilm, ein 10 nm dicker Oxidhalbleiterfilm und ein 10 nm dicker zweiter Oxidfilm in dieser Reihenfolge gestapelt sind. In dem mehrschichtigen Film der Probe 9 sind ein 20 nm dicker erster Oxidfilm, ein 15 nm dicker Oxidhalbleiterfilm und ein 10 nm dicker zweiter Oxidfilm in dieser Reihenfolge gestapelt. Die Proben 8 und 9 unterscheiden sich von der Probe 7 darin, dass der mehrschichtige Film anstatt des Oxidhalbleiterfilms enthalten ist.

[0415] Eine Probe 10 beinhaltet einen 100 nm dicken Oxidhalbleiterfilm über einem Quarzsubstrat, einen 250 nm dicken Oxidisolierfilm über dem Oxidhalbleiterfilm und einen 100 nm dicken Nitridisolierfilm über dem Oxidisolierfilm. Ein Unterschied der Probe 10 gegenüber den Proben 7 bis 9 besteht darin, dass der Oxidhalbleiterfilm nicht in Kontakt mit dem Nitridisolierfilm, sondern in Kontakt mit dem Oxidisolierfilm steht.

[0416] Als Nächstes werden Verfahren zum Ausbilden der Proben beschrieben.

[0417] Zuerst wird ein Verfahren zum Ausbilden der Probe 7 beschrieben.

[0418] Ein 35 nm dicker IGZO-Film wurde als der Oxidhalbleiterfilm über dem Quarzsubstrat ausgebildet. Hinsichtlich des IGZO-Films wurde der 35 nm dicke IGZO-Film durch ein Sputterverfahren unter Verwendung eines Targets aus einem Metalloxid, das In, Ga und Zn mit einem Atomverhältnis von 1:1:1 enthält, unter den folgenden Bedingungen ausgebildet: die Durchflussmenge von Ar-Gas war 100 sccm und die Durchflussmenge von O₂-Gas war 100 sccm (der Anteil des O₂-Gases war 50 %); der Druck war 0,6 Pa; die Leistung zum Ausbilden eines Films war 5000 W; und die Substrattemperatur war 170 °C.

[0419] Danach wurden als erste Wärmebehandlung eine Wärmebehandlung eine Stunde lang bei 450 °C in einer Stickstoffatmosphäre und dann eine Wärmebehandlung eine Stunde lang bei 450 °C in einer Gemisch-gasatmosphäre aus Stickstoff und Sauerstoff (der Anteil des Stickstoffs war 80 %, und der Anteil des Sauerstoffs war 20 %) sukzessiv durchgeführt.

[0420] Als Nächstes wurde ein 100 nm dicker Siliziumnitridfilm als der Nitridisolierfilm über dem Oxidhalbleiterfilm ausgebildet. Hinsichtlich des Siliziumnitridfilms wurde ein 100 nm dicker Siliziumnitridfilm durch ein PE-CVD-Verfahren unter den folgenden Bedingungen ausgebildet: die Durchflussmenge von SiH₄-Gas war 50 sccm, die Durchflussmenge von N₂-Gas war 5000 sccm und die Durchflussmenge von NH₃-Gas war 100 sccm; der Druck war 100 Pa; die Leistung zum Ausbilden eines Films war 1000 W; und die Substrattemperatur war 350 °C.

[0421] Danach wurde als zweite Wärmebehandlung eine Wärmebehandlung eine Stunde lang bei 250 °C in einer Stickstoffatmosphäre durchgeführt.

[0422] Durch den vorstehenden Prozess wurde die Probe 7 ausgebildet.

[0423] Als Nächstes wird ein Verfahren zum Ausbilden der Probe 8 beschrieben.

[0424] Hinsichtlich der Probe 8 wurde der mehrschichtige Film anstatt des Oxidhalbleiterfilms der Probe 7 ausgebildet. Hinsichtlich des mehrschichtigen Films wurde der 10 nm dicke erste Oxidfilm durch ein Sputterverfahren unter Verwendung eines Targets aus einem Metalloxid, das In, Ga und Zn mit einem Atomverhältnis von 1:3:2 enthält, unter den folgenden Bedingungen ausgebildet: die Durchflussmenge von Ar-Gas war 180 sccm und die Durchflussmenge von O₂-Gas war 20 sccm (der Anteil des O₂-Gases war 10 %); der Druck war 0,6 Pa; die Leistung zum Ausbilden eines Films war 5000 W; und die Substrattemperatur war 25 °C. Dann wurde der 10 nm dicke Oxidhalbleiterfilm durch ein Sputterverfahren unter Verwendung eines Targets aus einem Metalloxid, das In, Ga und Zn mit einem Atomverhältnis von 1:1:1 enthält, unter den folgenden Bedingungen ausgebildet: die Durchflussmenge von Ar-Gas war 100 sccm und die Durchflussmenge von O₂-Gas war 100 sccm (der Anteil des O₂-Gases war 50 %); der Druck war 0,6 Pa; die Leistung zum Ausbilden eines Films war 5000 W; und die Substrattemperatur war 170 °C. Dann wurde der 10 nm dicke zweite Oxidfilm durch ein Sputterverfahren unter Verwendung eines Targets aus einem Metalloxid, das In, Ga und Zn mit einem Atomverhältnis von 1:3:2 enthält, unter den folgenden Bedingungen ausgebildet: die Durchflussmenge von Ar-Gas war 180 sccm und die Durchflussmenge von O₂-Gas war 20 sccm (der Anteil des O₂-Gases war 10 %); der Druck war 0,6 Pa; die Leistung zum Ausbilden eines Films war 5000 W; und die Substrattemperatur war 25 °C.

[0425] Andere Schritte sind denjenigen bei der Probe 7 ähnlich. Durch den obigen Prozess wurde die Probe 8 ausgebildet.

[0426] Als Nächstes wird ein Verfahren zum Ausbilden der Probe 9 beschrieben.

[0427] Hinsichtlich der Probe 9 wurde der mehrschichtige Film anstatt des Oxidhalbleiterfilms der Probe 7 ausgebildet. Hinsichtlich des mehrschichtigen Films wurde der 20 nm dicke erste Oxidfilm über dem Quarzsubstrat unter den gleichen Bedingungen wie der erste Oxidfilm der Probe 8 ausgebildet. Dann wurde der 15 nm dicke Oxidhalbleiterfilm durch ein Sputterverfahren unter den gleichen Bedingungen wie der Oxidhalbleiterfilm der Probe 8 ausgebildet. Dann wurde der 10 nm dicke zweite Oxidfilm unter den gleichen Bedingungen wie der zweite Oxidfilm der Probe 8 ausgebildet.

[0428] Andere Schritte sind denjenigen bei der Probe 7 ähnlich. Durch den obigen Prozess wurde die Probe 9 ausgebildet.

[0429] Als Nächstes wird ein Verfahren zum Ausbilden der Probe 10 beschrieben.

[0430] Hinsichtlich der Probe 10 wurde der 100 nm dicke Oxidhalbleiterfilm über dem Quarzsubstrat unter den gleichen Bedingungen wie bei der Probe 7 ausgebildet.

[0431] Dann wurde eine erste Wärmebehandlung unter Bedingungen, die denjenigen bei der Probe 7 ähnlich sind, durchgeführt.

[0432] Als Nächstes wurden als der Oxidisolierfilm ein 50 nm dicker erster Siliziumoxynitridfilm und ein 200 nm dicker zweiter Siliziumoxynitridfilm über dem Oxidhalbleiterfilm gestapelt. Hier wurde der 50 nm dicke erste Siliziumoxynitridfilm durch ein PE-CVD-Verfahren unter den folgenden Bedingungen ausgebildet: die Durchflussmenge von SiH₄-Gas war 30 sccm und die Durchflussmenge von N₂O-Gas war 4000 sccm; der Druck war 40 Pa; die Leistung zum Ausbilden eines Films war 150 W; und die Substrattemperatur war 220 °C. Danach wurde der 200 nm dicke zweite Siliziumoxynitridfilm durch ein PE-CVD-Verfahren unter den fol-

genden Bedingungen ausgebildet: die Durchflussmenge von SiH₄-Gas war 160 sccm und die Durchflussmenge von N₂O-Gas war 4000 sccm; der Druck war 200 Pa; die Leistung zum Ausbilden eines Films war 1500 W; und die Substrattemperatur war 220 °C. Es sei angemerkt, dass der zweite Siliziumoxynitridfilm ein Film ist, der Sauerstoff mit einem höheren Anteil als Sauerstoff in der stöchiometrischen Zusammensetzung enthält.

[0433] Als Nächstes wurde ein 100 nm dicker Siliziumnitridfilm über dem Oxidisolierfilm unter den gleichen Bedingungen wie bei der Probe 7 ausgebildet.

[0434] Dann wurde eine zweite Wärmebehandlung unter Bedingungen, die denjenigen bei der Probe 7 ähnlich sind, durchgeführt.

[0435] Durch den vorstehenden Prozess wurde die Probe 10 ausgebildet.

[0436] Als Nächstes wurden die Proben 7 bis 10 durch ESR gemessen. Bei der ESR-Messung bei einer vorgegebenen Temperatur wird ein Wert eines magnetischen Feldes (H_0), in dem eine Mikrowelle absorbiert wird, für eine Gleichung $g = hn/bH_0$ verwendet, so dass ein Parameter, nämlich der g-Faktor, erhalten werden kann. Es sei angemerkt, dass die Frequenz der Mikrowelle durch v dargestellt wird, und dass das Plancksche Wirkungsquantum und das Bohrsche Magneton durch h bzw. β , die beide Konstanten sind, dargestellt werden.

[0437] Hierbei wurde die ESR-Messung unter den folgenden Bedingungen durchgeführt. Die Temperatur bei der Messung war Raumtemperatur (25 °C), die Hochfrequenz-Leistung (Leistung von Mikrowellen) von 8,92 GHz war 20 mW, und die Richtung eines magnetischen Feldes war parallel zu einer Oberfläche jeder Probe.

[0438] **Fig. 37A** zeigt eine Kurve einer ersten Ableitung (first derivative curve), die durch die ESR-Messung des Oxidhalbleiterfilms der Probe 7 erhalten wurde; und **Fig. 37B** und **Fig. 37C** zeigen Kurven von ersten Ableitungen (first derivative curves), die durch die ESR-Messung der mehrschichtigen Filme der Proben 8 und 9 erhalten wurden. **Fig. 37A** zeigt das Messergebnis der Probe 7, **Fig. 37B** zeigt das Messergebnis der Probe 8, und **Fig. 37C** zeigt das Messergebnis der Probe 9.

[0439] **Fig. 38** zeigt eine Kurve einer ersten Ableitung (first derivative curve), die durch ESR-Messung des Oxidhalbleiterfilms der Probe 10 erhalten wird.

[0440] In **Fig. 37A** bis **Fig. 37C** hat die Probe 7 eine Signalsymmetrie aufgrund eines Defekts in dem Oxidhalbleiterfilm, wenn ein g-Faktor 1,93 ist. Die Proben 8 und 9 haben jeweils eine Signalsymmetrie infolge eines Defekts in dem mehrschichtigen Film, wenn ein g-Faktor 1,95 ist. Hinsichtlich der Probe 7 war die Spindichte zum Zeitpunkt, wenn ein g-Faktor 1,93 war, $2,5 \times 10^{19}$ Spins/cm³, in der Probe 8 waren die gesamten Spindichten zum Zeitpunkt, wenn g-Faktoren 1,93 und 1,95 waren, $1,6 \times 10^{19}$ Spins/cm³, und in der Probe 9 waren die gesamten Spindichten zum Zeitpunkt, wenn g-Faktoren 1,93 und 1,95 waren, $2,3 \times 10^{19}$ Spins/cm³. Mit anderen Worten: es wird gefunden, dass der Oxidhalbleiterfilm und der mehrschichtige Film Defekte aufweisen. Es sei angemerkt, dass eine Sauerstofffehlstelle ein Beispiel für den Defekt in dem Oxidhalbleiterfilm und dem mehrschichtigen Film ist.

[0441] Obwohl in **Fig. 38** die Dicke des Oxidhalbleiterfilms der Probe 10 größer als diejenige der Probe 7 und diejenigen der mehrschichtigen Filme der Proben 8 und 9 ist, wurde eine Signalsymmetrie infolge eines Defekts nicht detektiert, d. h., die Anzahl von Defekten war kleiner als oder gleich der Detektionsuntergrenze (hier war die Detektionsuntergrenze $3,7 \times 10^{16}$ Spins/cm³). Folglich wird es gefunden, dass die Anzahl von Defekten in dem Oxidhalbleiterfilm nicht ermittelt werden kann.

[0442] Es wird gefunden, dass dann, wenn ein Nitridisolierfilm, hier der Siliziumnitridfilm, der durch ein PE-CVD-Verfahren ausgebildet wird, in Kontakt mit einem Oxidhalbleiterfilm oder einem mehrschichtigen Film steht, Defekte wie z. B. Sauerstofffehlstellen in dem Oxidhalbleiterfilm oder dem mehrschichtigen Film erzeugt werden. Im Gegensatz dazu wird dann, wenn ein Oxidisolierfilm, hier der Siliziumoxynitridfilm, über einem Oxidhalbleiterfilm bereitgestellt wird, überschüssiger Sauerstoff in dem Siliziumoxynitridfilm, d. h. Sauerstoff, dessen Anteil höher als derjenige von Sauerstoff in der stöchiometrischen Zusammensetzung ist, in den Oxidhalbleiterfilm diffundiert und somit wird die Anzahl von Defekten in dem Oxidhalbleiterfilm nicht erhöht.

[0443] Wie oben beschrieben worden ist, hat wie bei den Proben 7 bis 9 der Oxidhalbleiterfilm oder der mehrschichtige Film, der in Kontakt mit dem Nitridisolierfilm steht, viele Defekte, wie z. B. Sauerstofffehlstellen, und hat eine hohe Leitfähigkeit und kann somit als eine Elektrode eines Kondensators verwendet werden. Im Gegensatz dazu hat, wie bei der Probe 10, ein Oxidhalbleiterfilm, der in Kontakt mit dem Oxidisolierfilm steht, wenige Sauerstofffehlstellen und eine niedrige Leitfähigkeit und kann somit als Kanalbildungsbereich eines Transistors verwendet werden.

[0444] Nun wird die Ursache einer Verringerung des spezifischen Widerstandes des Oxidhalbleiterfilms oder des mehrschichtigen Films, der in Kontakt mit dem Nitridisolierfilm steht, nachstehend beschrieben.

<Energie und Stabilität zwischen Existenzformen von Wasserstoff (H)>

[0445] Zuerst werden der Energieunterschied und die Stabilität in einer Form von H, die in einem Oxidhalbleiterfilm existiert, mit berechneten Ergebnissen beschrieben. Hier wurde InGaZnO_4 als Oxidhalbleiterfilm verwendet.

[0446] Die Struktur, die für die Rechnung verwendet wird, basiert auf einem 84-Atom-Körper-Modell, in dem die verdoppelte Anzahl einer hexagonalen Einheitszelle vom InGaZnO_4 entlang der a-Achse und b-Achse angeordnet ist.

[0447] Als das Körper-Modell wurde ein Modell vorbereitet, in dem ein O-Atom, das an drei In-Atome und ein Zn-Atom gebunden ist, durch ein H-Atom ersetzt wird. Das wird als VoH bezeichnet (siehe Fig. 41A).

[0448] In dem Körper-Modell wird ein O-Atom, das an drei In-Atome und ein Zn-Atom gebunden ist, entfernt, wodurch eine Sauerstofffehlstelle Vo gebildet wird. Ein Modell wurde vorbereitet, in dem in der Nachbarschaft zu der Sauerstofffehlstelle Vo ein H-Atom an ein O-Atom gebunden ist, an das ein Ga-Atom und zwei Zn-Atome auf der a-b-Fläche gebunden sind. Das wird als Vo+H bezeichnet (siehe Fig. 41B).

[0449] Eine Optimierungsrechnung wurde an den obigen zwei Modellen mittels einer festen Gitterkonstante zum Berechnen der gesamten Energie durchgeführt. Es sei angemerkt, dass, je kleiner der Wert der gesamten Energie ist, desto stabiler die Struktur wird.

[0450] Bei der Rechnung wurde eine auf Grundprinzipien beruhende Berechnungs-Software VASP (The Vienna Ab initio Simulation Package) verwendet. Die Berechnungsbedingungen sind in der Tabelle 1 gezeigt.

[Tabelle 1]

Software	VASP
Pseudopotential	PAW
Funktion	GGA/PBE
Cut-Off-Energie	500 eV
K-Punkt	$4 \times 4 \times 1$

[0451] Als Pseudopotentialrechnung der Elektronenzustände wurde ein Potential, das durch ein „projector augmented wave“- (PAW-) Verfahren erzeugt wurde, verwendet, und als Funktion wurde „generalized-gradient-approximation/Perdew-Burke-Ernzerhof: (GGA/PBE)“ verwendet.

[0452] Außerdem ist die gesamte Energie der zwei Modelle, die durch die Berechnungen erhalten wurden, in der Tabelle 2 gezeigt.

[Tabelle 2]

Modell	Gesamte Energie
VoH	-456,084eV
Vo+H	-455,304eV

[0453] Laut der Tabelle 2 ist die gesamte Energie von VoH niedriger als diejenige von Vo+H um 0,78 eV. Daher ist VoH stabiler als Vo+H. Folglich könnte dann, wenn sich ein H-Atom einer Sauerstofffehlstelle (Vo) nähert, das H-Atom leicht in der Sauerstofffehlstelle (Vo) eingefangen werden, anstatt, dass es an ein O-Atom gebunden wird.

<Thermodynamischer Zustand von VoH>

[0454] Als Nächstes werden die Bildungsenergie und der Ladungszustand von VoH, der durch ein in einer Sauerstofffehlstelle (Vo) eingefangenes H-Atom erzeugt wird, mit berechneten Ergebnissen beschrieben. Die Bildungsenergie von VoH variiert abhängig von dem Ladungszustand und auch von der Fermi-Energie. Deshalb variiert der stabile Ladungszustand von VoH abhängig von der Fermi-Energie. Hier bedeutet (VoH)⁺ einen Zustand, in dem ein Elektron von VoH abgegeben wird, (VoH)⁻ bedeutet einen Zustand, in dem ein Elektron von VoH eingefangen wird, und (VoH)⁰ bedeutet einen Zustand, in dem ein Elektron nicht übertragen wird. Die Bildungsenergien von (VoH)⁺, (VoH)⁻ und (VoH)⁰ wurden berechnet.

[0455] Bei der Rechnung wurde die auf Grundprinzipien beruhende Berechnungs-Software VASP verwendet. Die Berechnungsbedingungen sind in der Tabelle 3 gezeigt.

[Tabelle 3]

Software	VASP
Pseudopotential	PAW
Funktion	HSE06
Cut-Off-Energie	800 eV
Anzahl von K-Punkt-Sampling	2×2×1 (Opt.)
	4×4×1 (Single)
Spinpolarisation	wie eingestellt (setup)
Abschirmungsparameter	0,2
Anteil des nichtlokalen Fock-Austauschs-	0,25
Anzahl von Atomen	84

[0456] Als Pseudopotentialrechnung von Elektronenzuständen wurde ein Potential verwendet, das durch ein „projector augmented wave“- (PAW-) Verfahren erzeugt wurde, und als Funktion wurde „Heyd-Scuseria-Ernzerhof (HSE) DFT Hybrid-Faktor (HSE06)“ verwendet.

[0457] Es sei angemerkt, dass die Bildungsenergie einer Sauerstofffehlstelle wie folgt berechnet wurde: eine Verdünnungsgrenze der Konzentration von Sauerstofffehlstellen wurde angenommen, und übermäßige Ausbreitung von Elektronen und Löchern zu dem Leitungsband und dem Valenzband wurde korrigiert. Außerdem wurde eine Verschiebung des Valenzbandes infolge der Defektstruktur mittels des durchschnittlichen elektrostatischen Potentials korrigiert, wobei die Obergrenze des Valenzbandes eines vollständigen Kristalls als Nullpunkt für die Energie diente.

[0458] Fig. 42A zeigt die Bildungsenergien von (VoH)⁺, (VoH)⁻ und (VoH)⁰. Die horizontale Achse stellt das Fermi-Niveau dar, und die vertikale Achse stellt die Bildungsenergie dar. Die durchgezogene Linie stellt die Bildungsenergie von (VoH)⁺ dar, die Strich-Punkt-Linie stellt die Bildungsenergie von (VoH)⁰ dar, und die gestrichelte Linie stellt die Bildungsenergie von (VoH)⁻ dar. Zudem wird das Übergangsniveau von einer positiven VoH-Ladung auf eine negative VoH-Ladung über 0 durch ϵ (+/-) dargestellt wird.

[0459] Fig. 42B zeigt ein thermodynamisches Übergangsniveau von VoH. Laut des Rechnungsergebnisses war die Energiefülle von InGaZnO₄ 2,739 eV. Des Weiteren ist dann, wenn die Energie des Valenzbandes 0 eV ist, das Übergangsniveau (ϵ (+/-)) 2,62 eV, welches gerade unter dem Leitungsband existiert. Dies zeigt, dass InGaZnO₄ durch Einfangen eines H-Atoms in einer Sauerstofffehlstelle Vo vom N-Typ ist.

[0460] Wenn ein Oxidhalbleiterfilm einem Plasma ausgesetzt wird, wird der Oxidhalbleiterfilm beschädigt und Defekte wie z. B. Sauerstofffehlstellen werden in dem Oxidhalbleiterfilm erzeugt. Außerdem wird dann,

wenn ein Nitridisolierfilm in Kontakt mit einem Oxidhalbleiterfilm steht, Wasserstoff, der in dem Nitridisolierfilm enthalten ist, auf den Oxidhalbleiterfilm übertragen. Im Ergebnis wird VoH in einem Oxidhalbleiterfilm durch den Eintritt von Wasserstoff in eine Sauerstofffehlstelle in dem Oxidhalbleiterfilm ausgebildet, so dass der Oxidhalbleiterfilm zu einem N-Typ-Oxidhalbleiterfilm wird und sein spezifischer Widerstand verringert wird. Wie oben beschrieben kann der Oxidhalbleiterfilm, der in Kontakt mit dem Nitridisolierfilm steht, als eine Elektrode eines Kondensators verwendet werden.

[0461] Diese Anmeldung basiert auf der japanischen Patentanmeldung mit der Seriennr. 2012-188010, eingereicht beim japanischen Patentamt am 28. August 2012, und der japanischen Patentanmeldung mit der Seriennr. 2013-053989, eingereicht beim japanischen Patentamt am 15. März 2013, deren gesamter Inhalt hiermit zum Gegenstand der vorliegenden Offenlegung gemacht ist.

Patentansprüche

1. Halbleitervorrichtung, die umfasst:
eine Signalleitung (109_n);
eine erste Abtastleitung (107_m);
eine zweite Abtastleitung (107_m-1);
einen ersten Transistor (103), der eine Source, einen Drain und ein Gate umfasst;
einen zweiten Transistor, der eine Source, einen Drain und ein Gate umfasst;
eine Pixelelektrode (121); und
einen Kondensator (105), der eine Elektrode (119) und die Pixelelektrode (121) über der Elektrode (119) umfasst,
wobei die Source oder der Drain des ersten Transistors (103) elektrisch mit der Pixelelektrode (121) verbunden ist,
wobei die erste Abtastleitung (107_m) elektrisch mit dem Gate des ersten Transistors (103) verbunden ist,
wobei die Signalleitung (109_n) elektrisch mit der/dem anderen von Source und Drain des ersten Transistors (103) und der Source oder dem Drain des zweiten Transistors verbunden ist,
wobei die zweite Abtastleitung (107_m-1) elektrisch mit dem Gate des zweiten Transistors und der Elektrode des Kondensators (105) verbunden ist, und
wobei die Elektrode (119) des Kondensators (105) einen Oxidfilm umfasst, der Indium und Zink umfasst.
2. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 1, wobei der erste Transistor einen Oxidhalbleiterfilm über dem Gate des ersten Transistors umfasst.
3. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 2, wobei der Oxidhalbleiterfilm Indium und Zink umfasst.
4. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 2, die ferner einen Isolierfilm über dem Oxidhalbleiterfilm umfasst, wobei die Source und der Drain des ersten Transistors über dem Isolierfilm liegen.
5. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 2, wobei die Elektrode des Kondensators eine höhere Leitfähigkeit als der Oxidhalbleiterfilm hat.
6. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 2, wobei die Elektrode des Kondensators und der Oxidhalbleiterfilm des ersten Transistors auf einer gleichen isolierenden Oberfläche bereitgestellt sind.
7. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 1, die einen Isolierfilm über der ersten Abtastleitung und der zweiten Abtastleitung umfasst,
wobei die Source und der Drain des ersten Transistors über dem Isolierfilm liegen,
wobei der Isolierfilm eine Öffnung umfasst, und
wobei die Elektrode des Kondensators in Kontakt mit der zweiten Abtastleitung in der Öffnung des Isolierfilms steht.
8. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 1, die einen Nitridisolierfilm in Kontakt mit einer nach oben weisenden Oberfläche der Elektrode des Kondensators umfasst.
9. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 1, die einen Nitridisolierfilm in Kontakt mit einer Grundfläche der Elektrode des Kondensators umfasst.

10. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Elektrode des Kondensators eine Verunreinigung umfasst, die zumindest eines enthält, das aus der Gruppe ausgewählt wird, die aus Bor, Stickstoff, Fluor, Aluminium, Phosphor, Arsen, Indium, Zinn, Antimon und einem Edelgaselement besteht.

11. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 1, die ferner einen Flüssigkristall über der Pixelelektrode (121) umfasst.

12. Halbleitervorrichtung, die umfasst:
ein Substrat (102);
eine erste Abtastleitung (107_m) und eine zweite Abtastleitung (107_m-1) über dem Substrat (102);
einen ersten Isolierfilm (127) über der ersten Abtastleitung (107_m) und der zweiten Abtastleitung (107_m-1);
einen ersten Oxidfilm (111), einen zweiten Oxidfilm (119) und einen dritten Oxidfilm, die jeweils über dem ersten Isolierfilm liegen (127);
eine Signalleitung (109_n), die über dem ersten Oxidfilm (111) und dem dritten Oxidfilm liegt und elektrisch mit dem ersten Oxidfilm (111) und dem dritten Oxidfilm verbunden ist;
einen leitenden Film (113), der über dem ersten Oxidfilm (111) liegt und elektrisch mit dem ersten Oxidfilm (111) verbunden ist;
einen zweiten Isolierfilm (131) über der Signalleitung (109_n), dem leitenden Film (113) und dem zweiten Oxidfilm (119); und
eine Pixelelektrode (121), die über dem zweiten Isolierfilm (131) liegt und elektrisch mit dem leitenden Film (113) verbunden ist,
wobei jeder des ersten Oxidfilms (111), des zweiten Oxidfilms (119) und des dritten Oxidfilms Indium und Zink umfasst,
wobei der erste Oxidfilm (111) mit der ersten Abtastleitung (107_m) überlappt,
wobei der zweite Oxidfilm (119) mit der Pixelelektrode (121) überlappt,
wobei der dritte Oxidfilm mit der zweiten Abtastleitung (107_m-1) überlappt, und
wobei der zweite Oxidfilm (119) elektrisch mit der zweiten Abtastleitung (107_m-1) verbunden ist.

13. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 12, wobei der zweite Oxidfilm eine höhere Leitfähigkeit als der erste Oxidfilm und der dritte Oxidfilm hat.

14. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 12, wobei der erste Isolierfilm ein Nitridfilm ist und in Kontakt mit dem zweiten Oxidfilm steht.

15. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 12, wobei der zweite Isolierfilm ein Nitridfilm ist und in Kontakt mit dem zweiten Oxidfilm steht.

16. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 12, wobei der zweite Oxidfilm eine Verunreinigung umfasst, die zumindest eines enthält, das aus der Gruppe ausgewählt wird, die aus Bor, Stickstoff, Fluor, Aluminium, Phosphor, Arsen, Indium, Zinn, Antimon und einem Edelgaselement besteht.

17. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 12, wobei der erste Isolierfilm ein Oxidfilm ist und in Kontakt mit dem ersten Oxidfilm und dem dritten Oxidfilm steht.

18. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 12, wobei der zweite Isolierfilm ein Oxidfilm ist und in Kontakt mit dem ersten Oxidfilm und dem dritten Oxidfilm steht.

19. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 12, die ferner einen dritten Isolierfilm zwischen dem zweiten Isolierfilm und der Signalleitung umfasst, wobei der zweite Isolierfilm in Kontakt mit dem zweiten Oxidfilm steht.

20. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 12, die ferner einen Flüssigkristall über der Pixelelektrode umfasst.

Es folgen 42 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1A

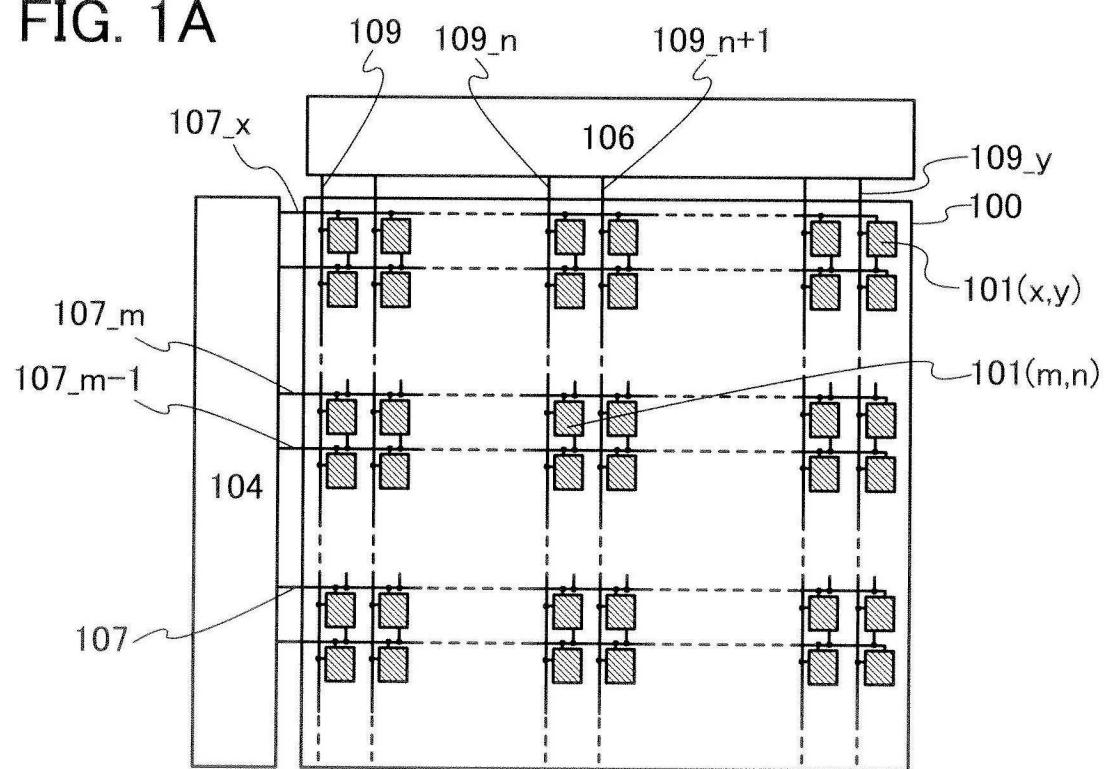


FIG. 1B

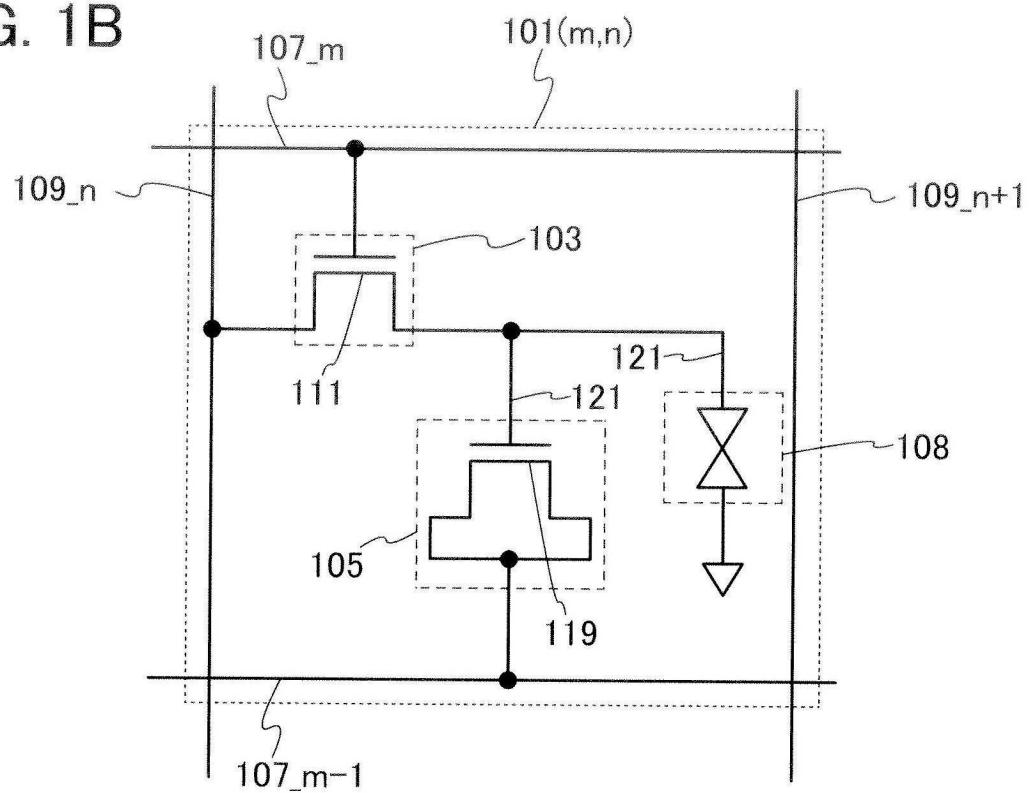


FIG. 2

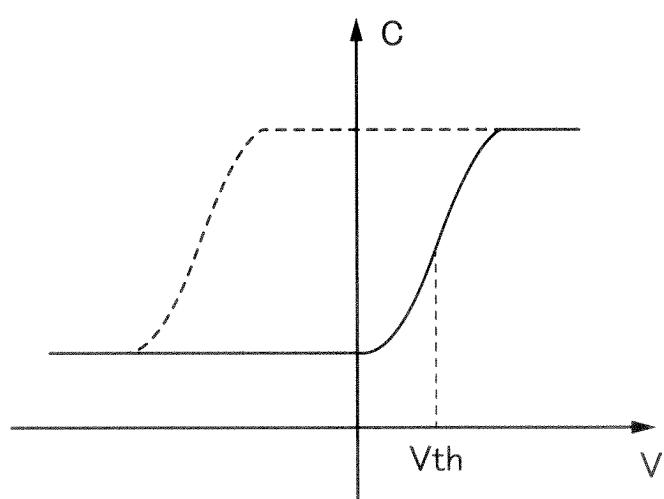


FIG. 3

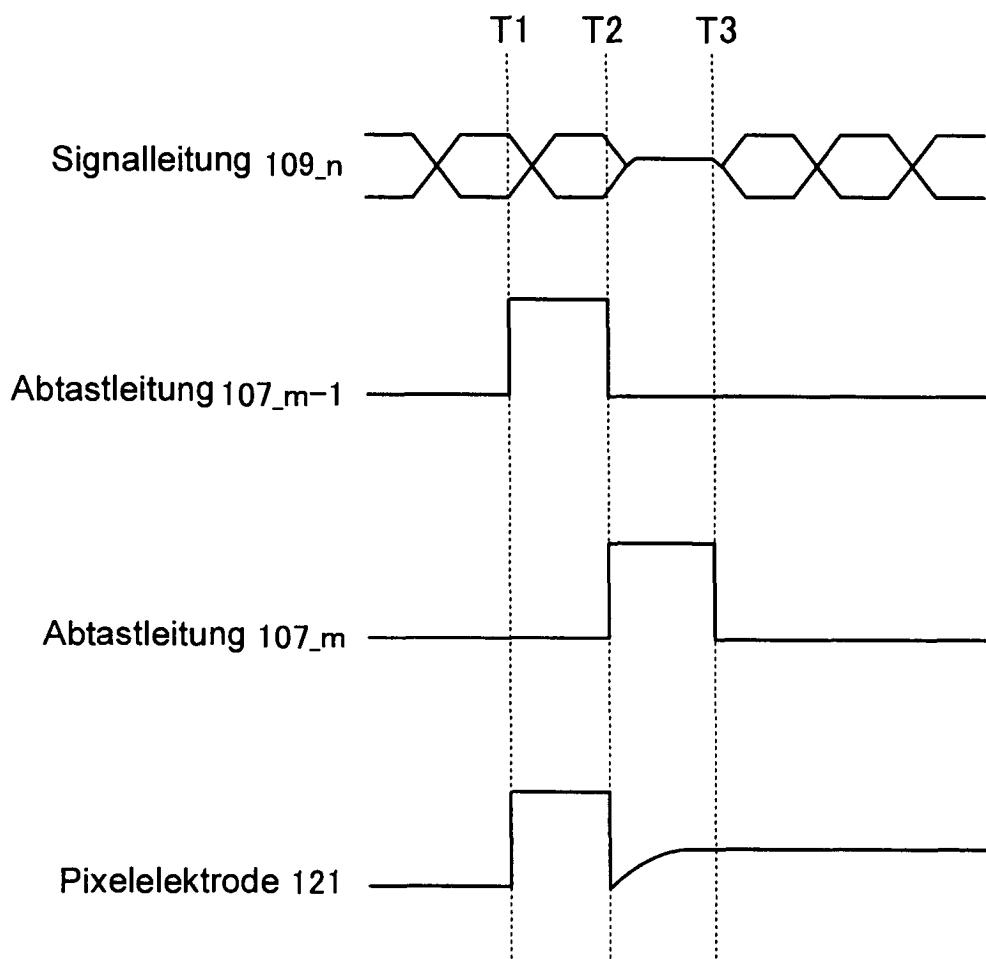


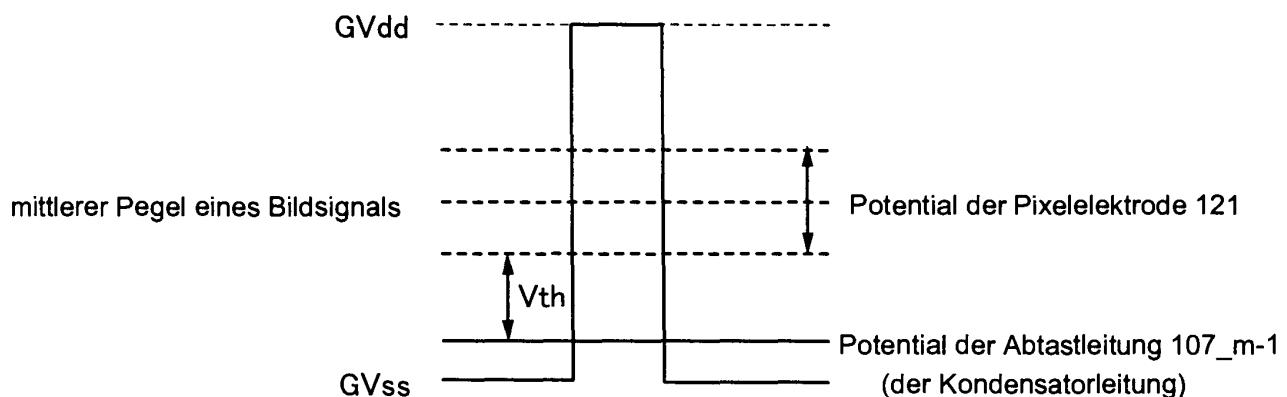
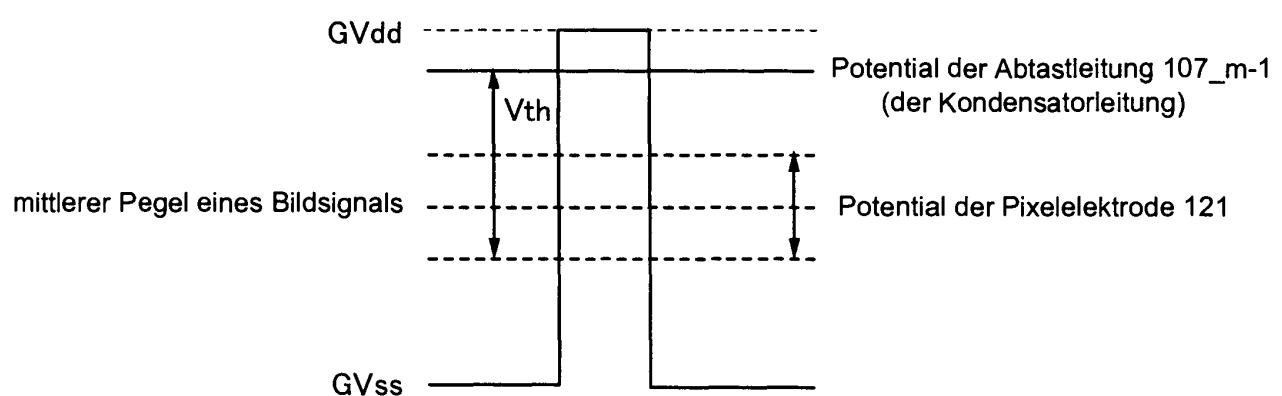
FIG. 4A**FIG. 4B**

FIG. 5

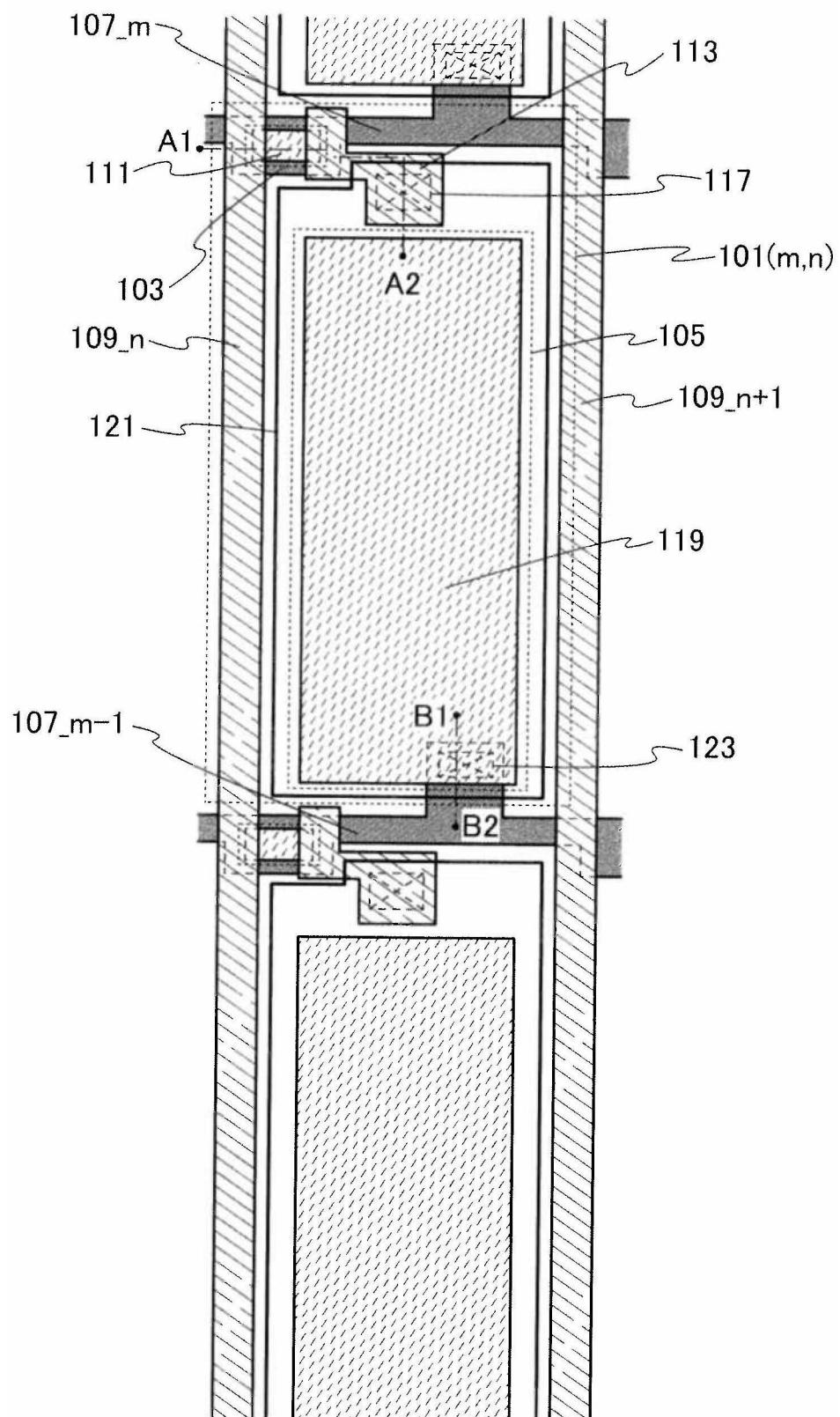


FIG. 6

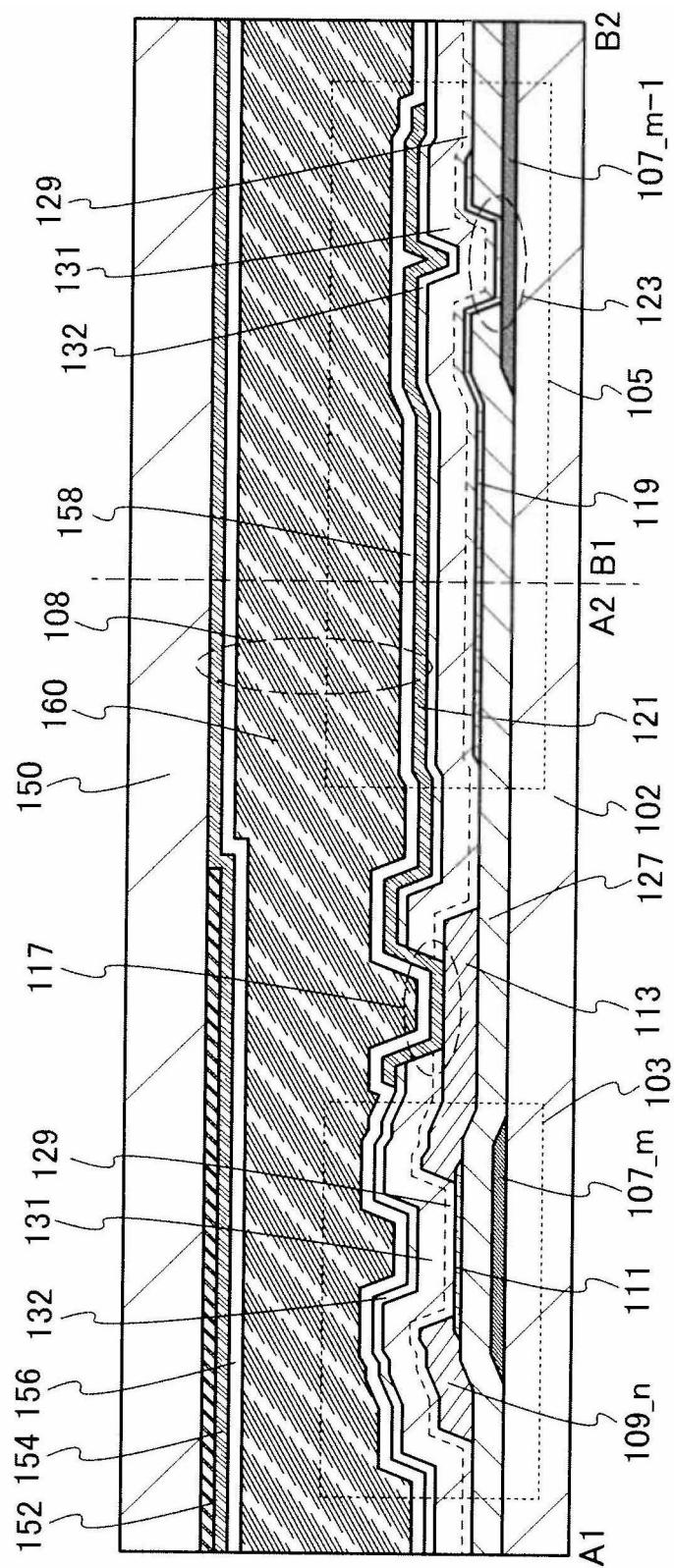


FIG. 7A

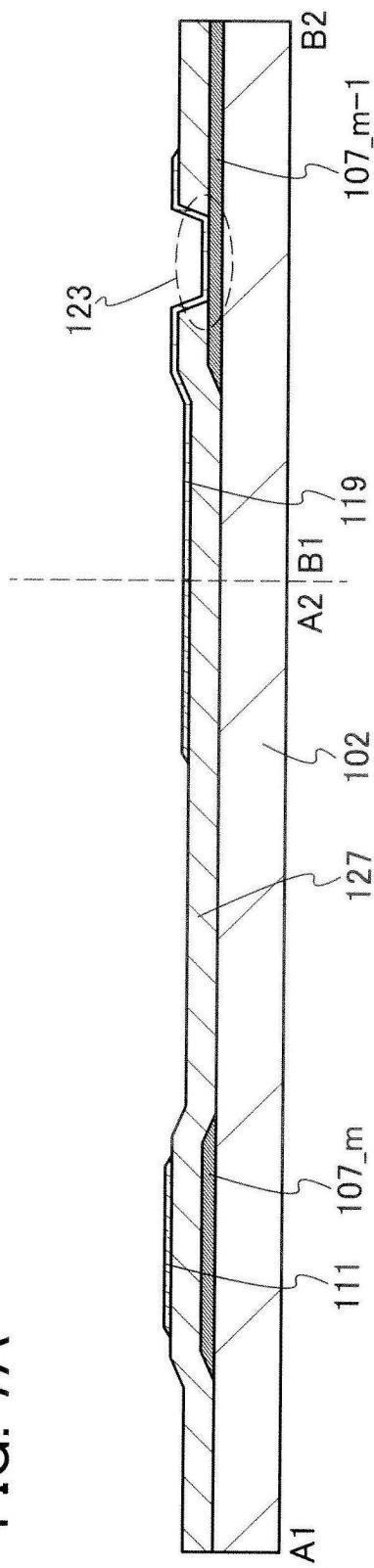


FIG. 7B

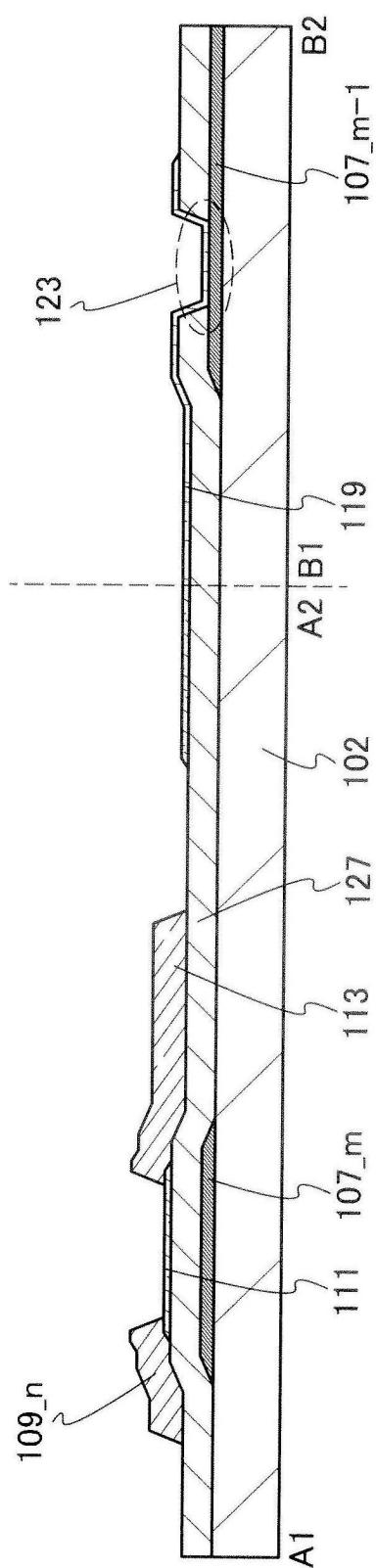


FIG. 8A

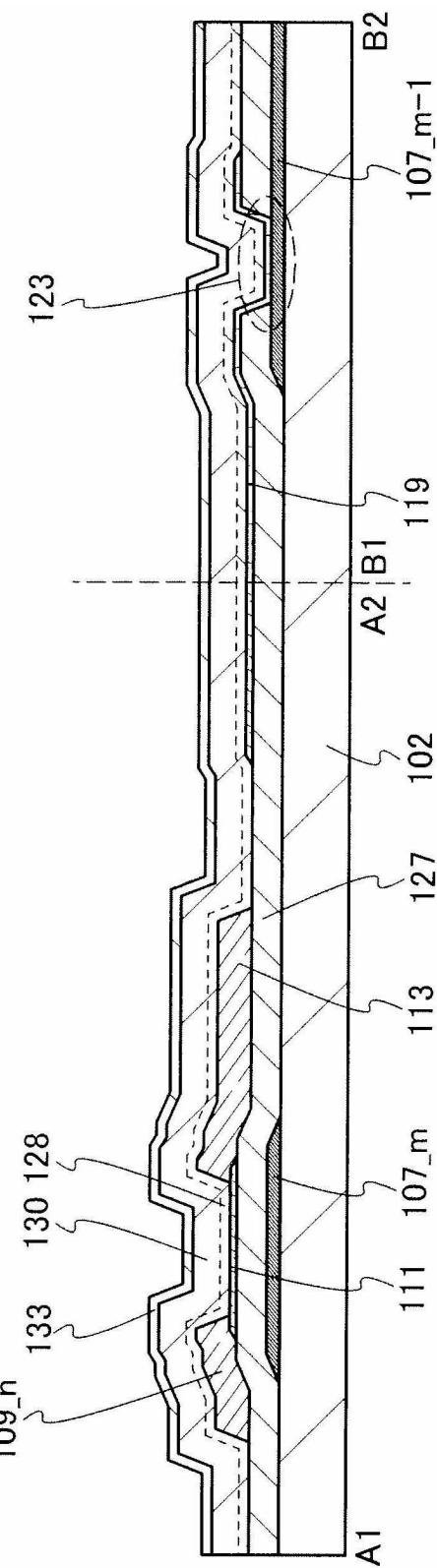


FIG. 8B

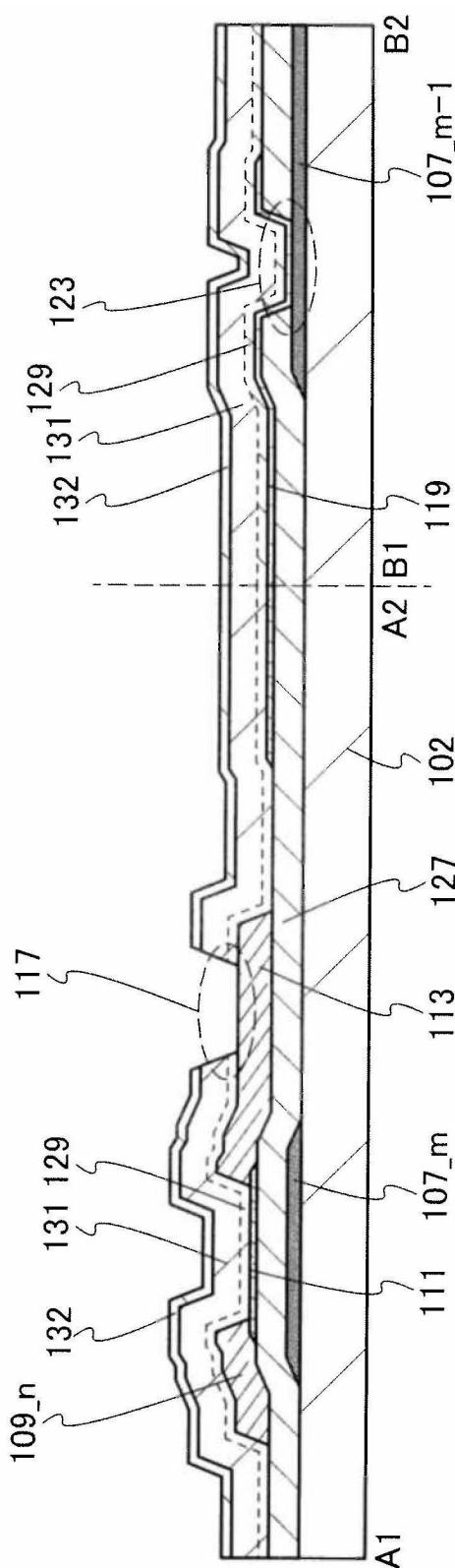


FIG. 9

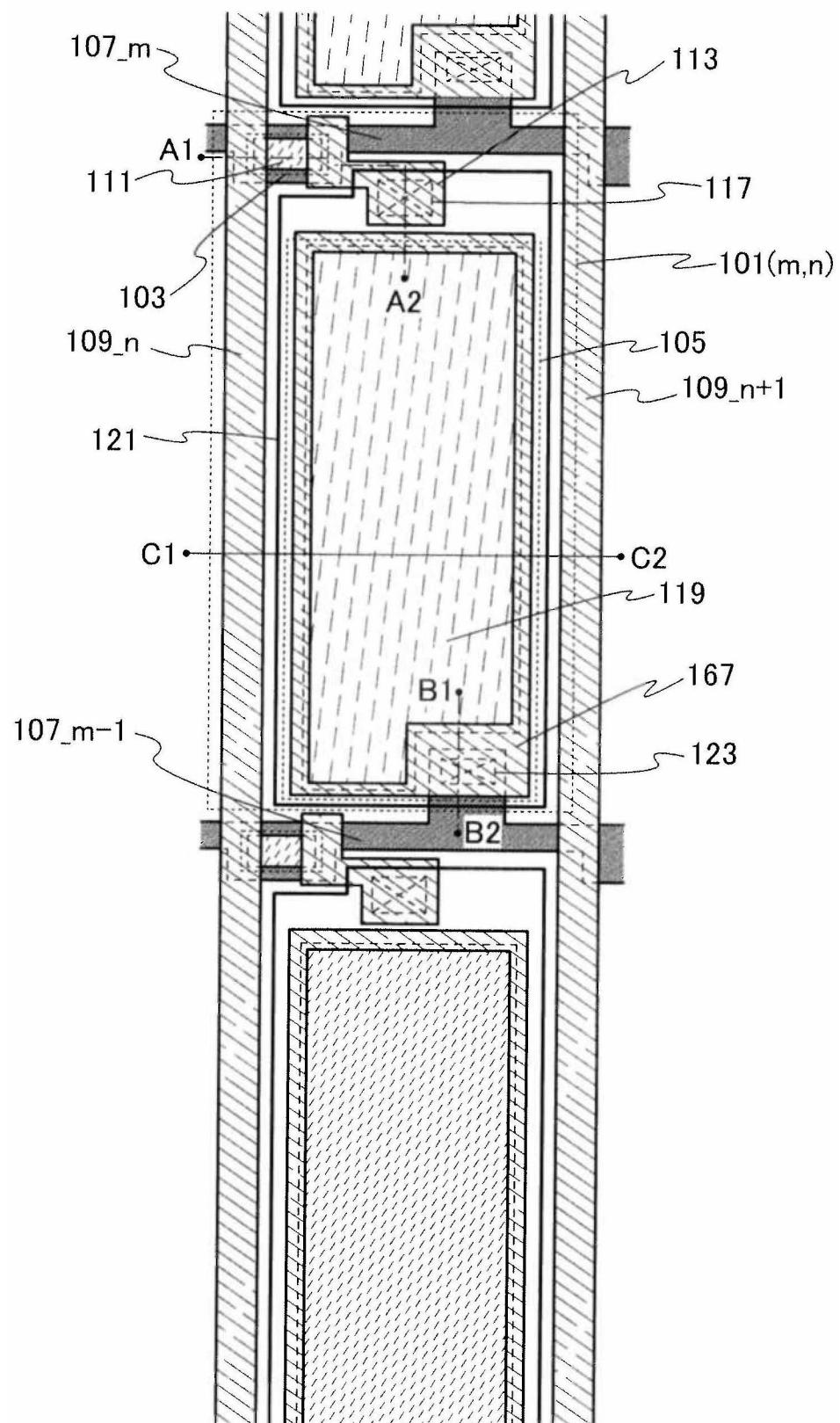


FIG. 10A

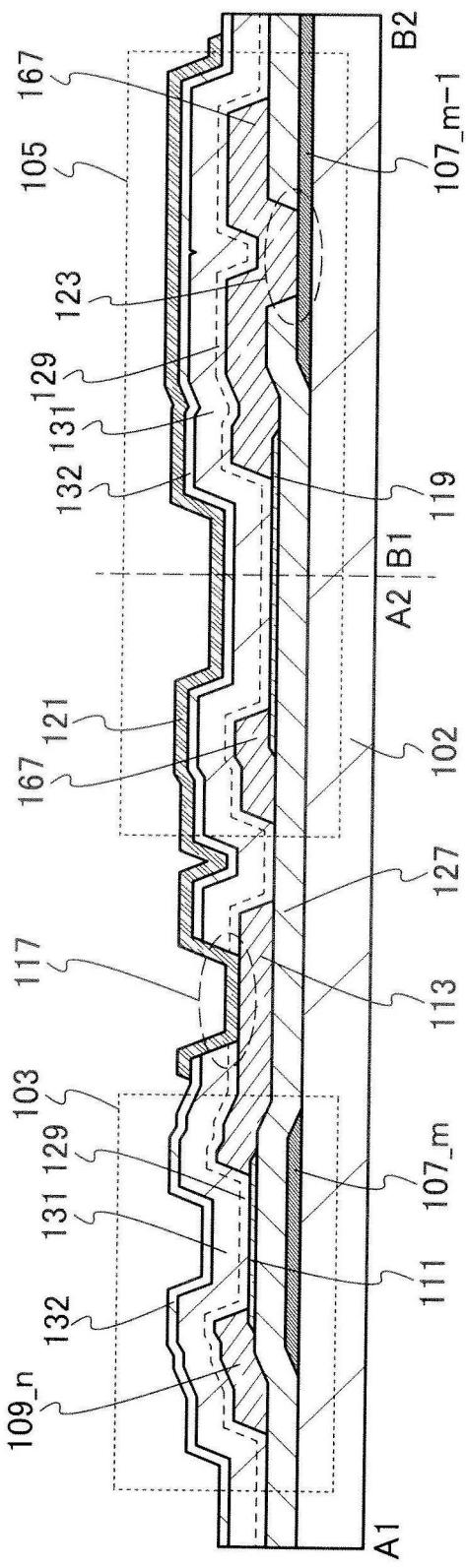


FIG. 10B

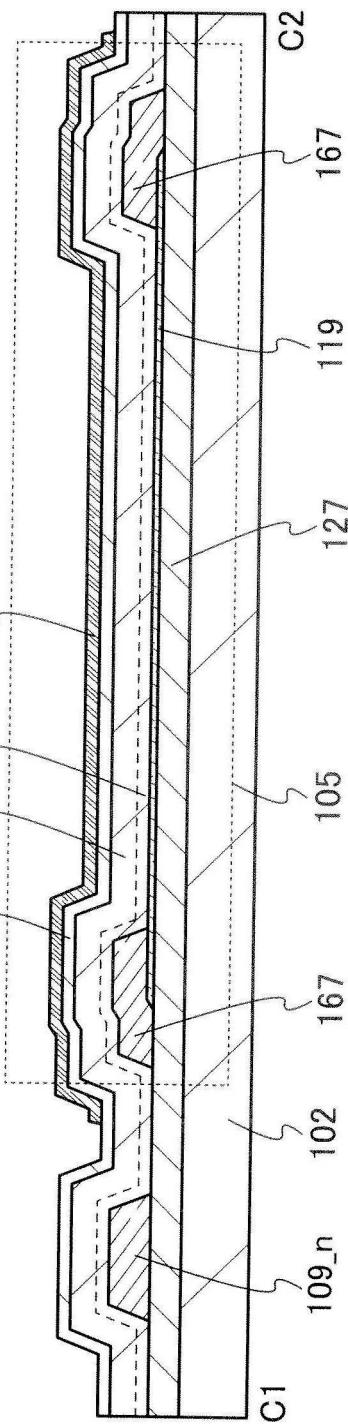


FIG. 11

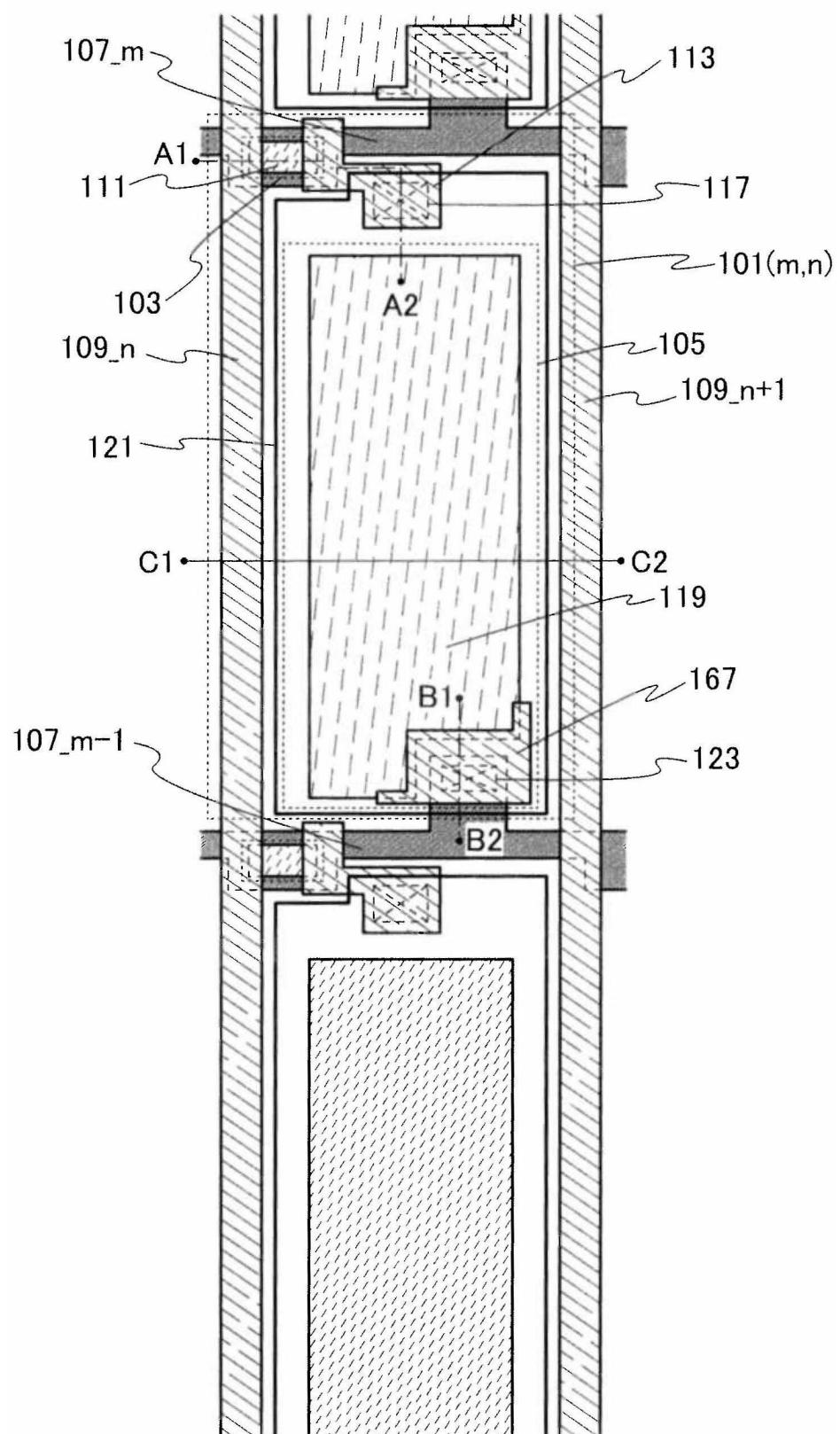


FIG. 12

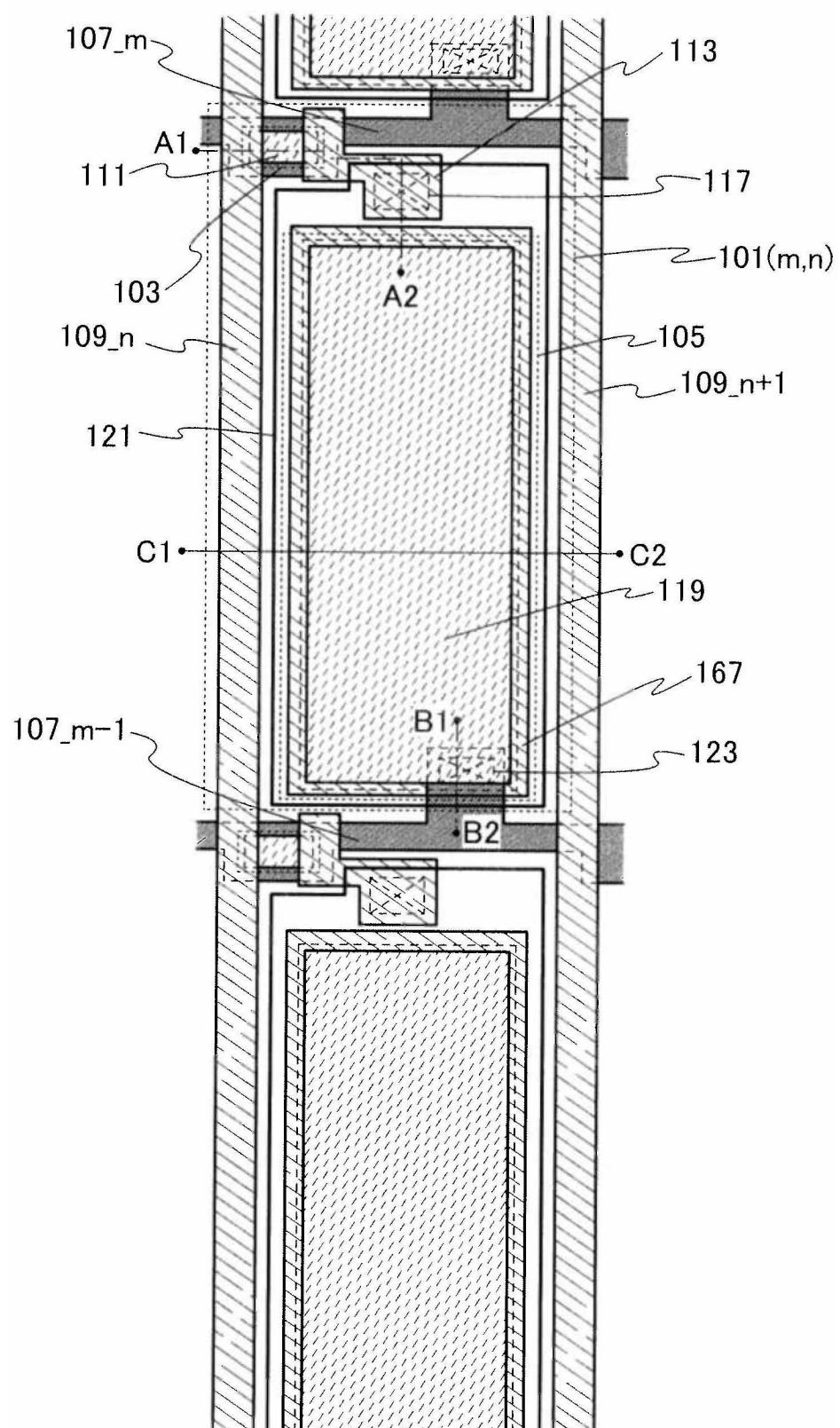


FIG. 13A

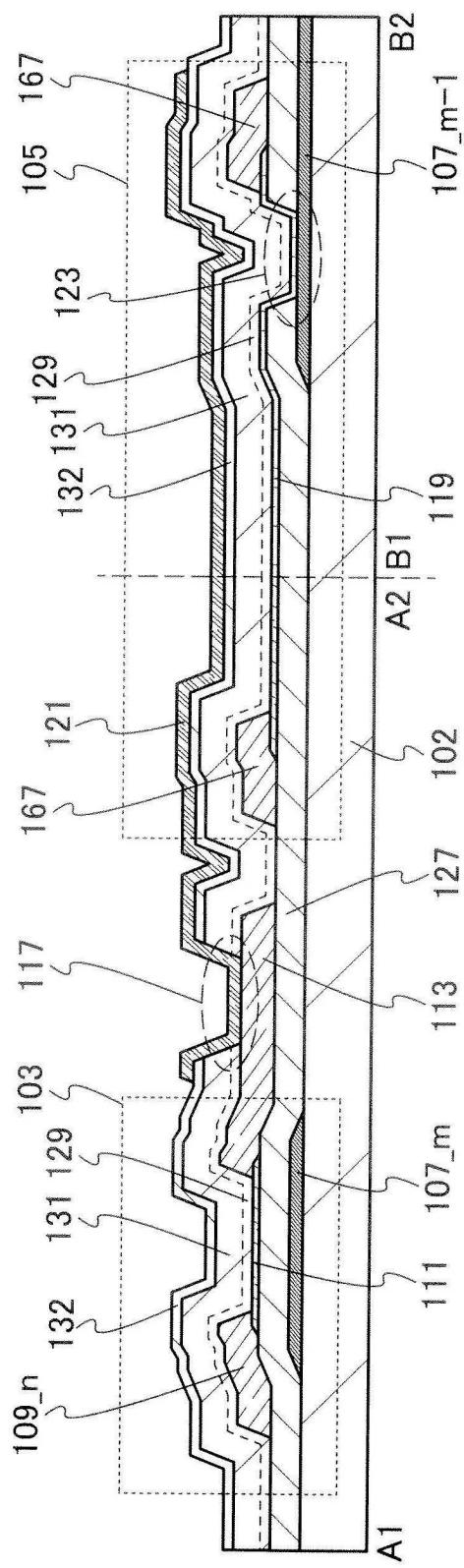


FIG. 13B

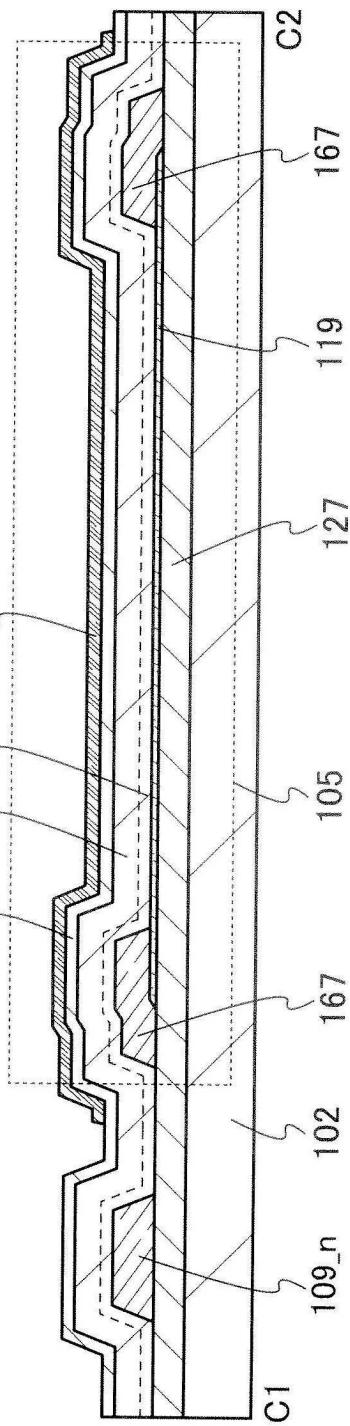


FIG. 14

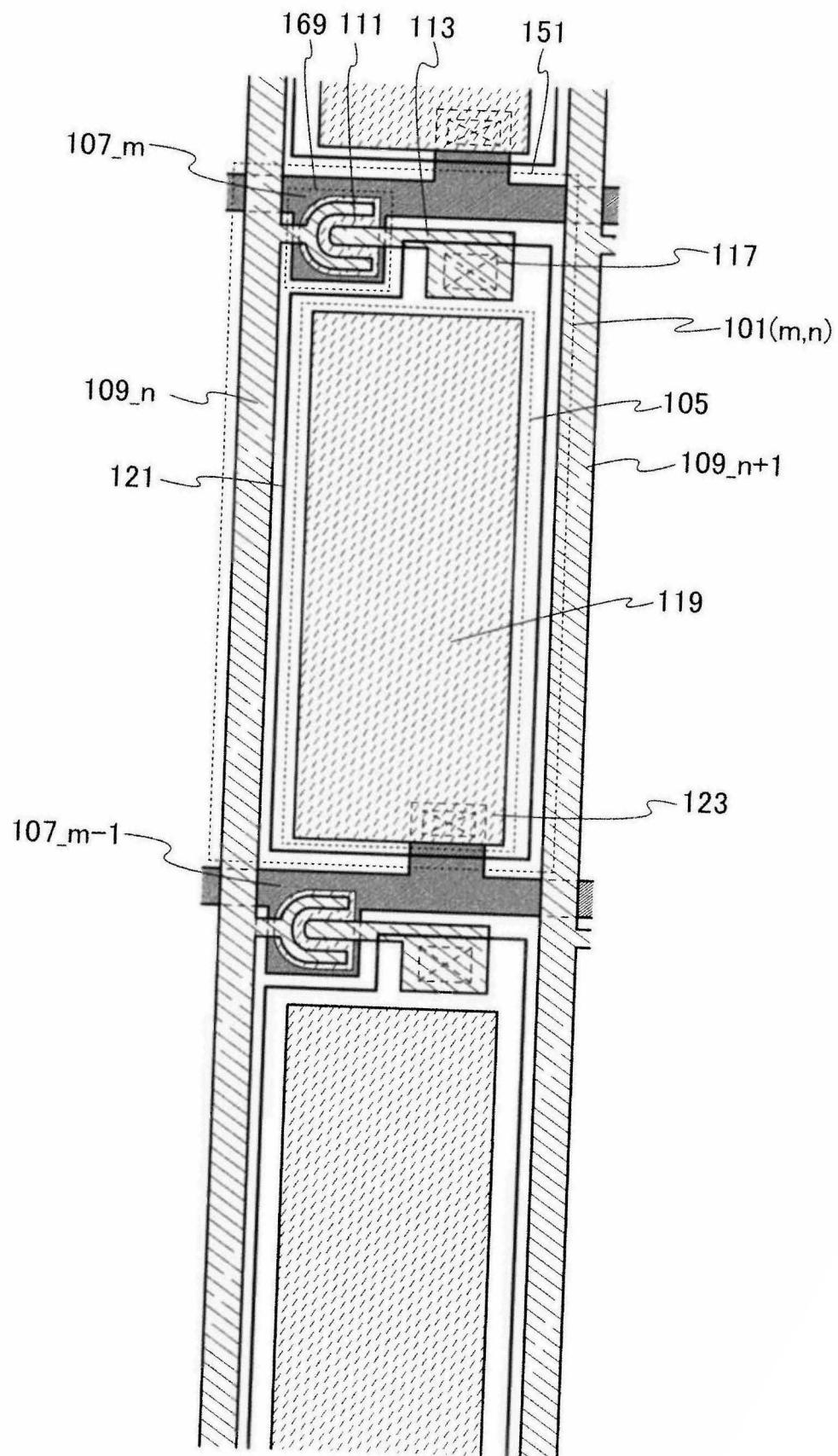


FIG. 15

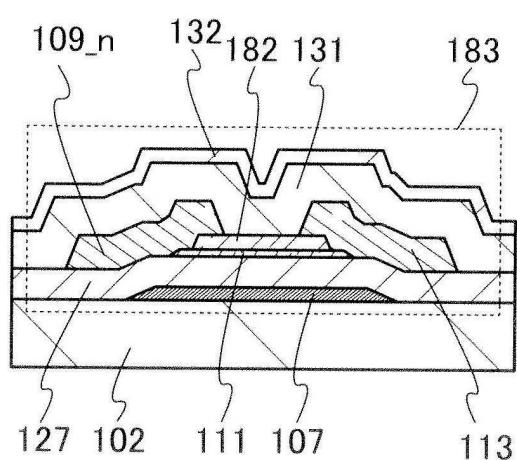


FIG. 16

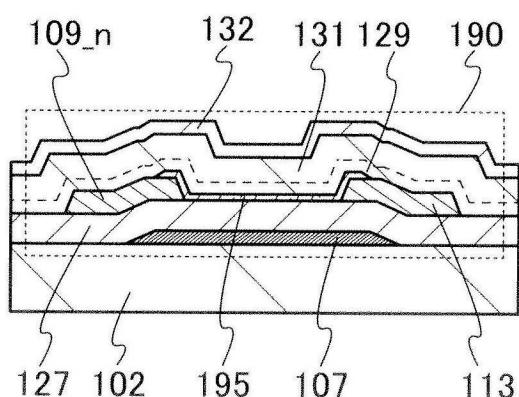


FIG. 17

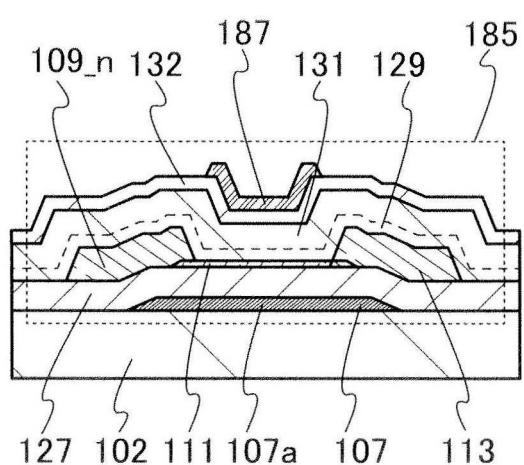


FIG. 18

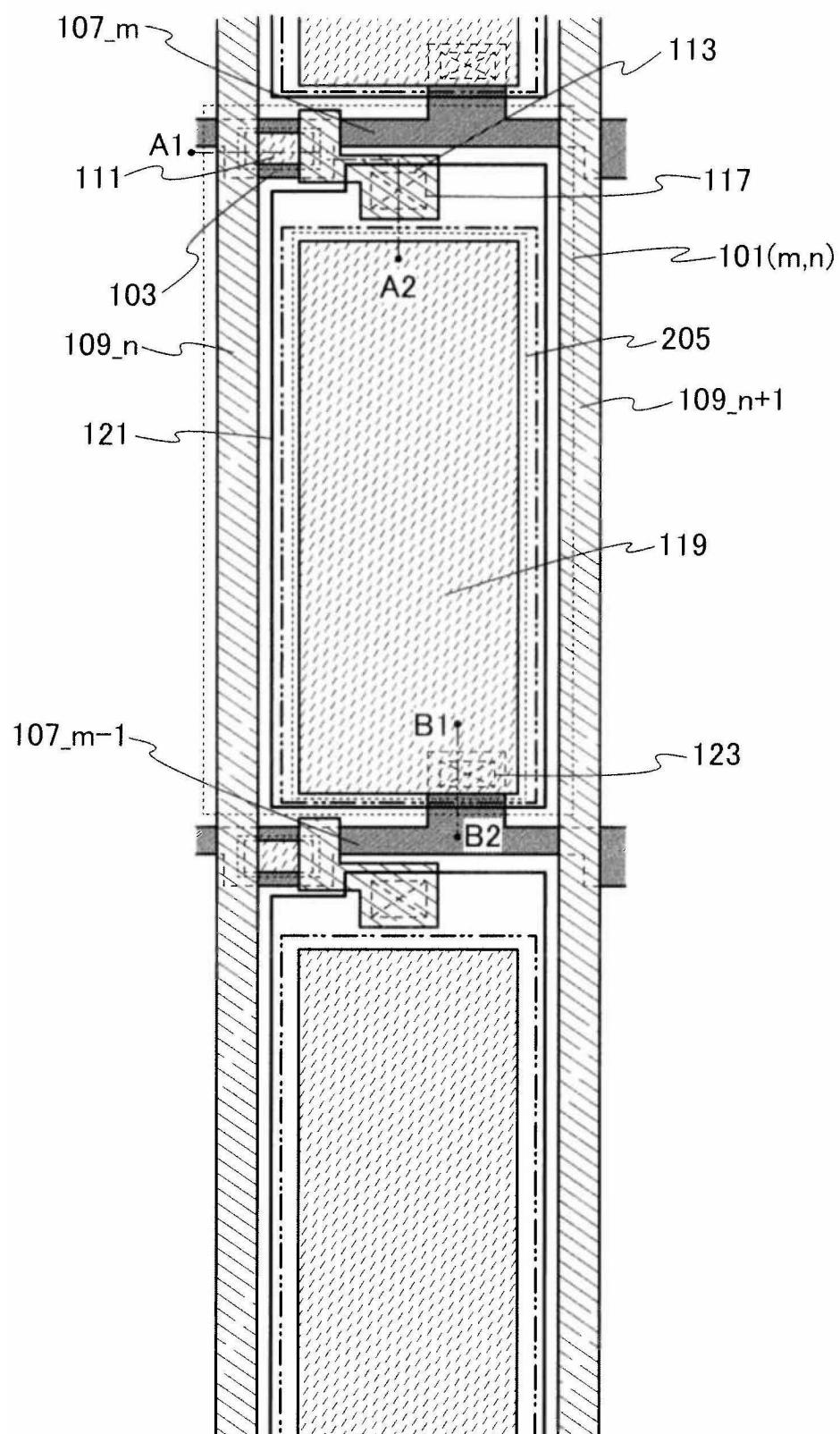


FIG. 19

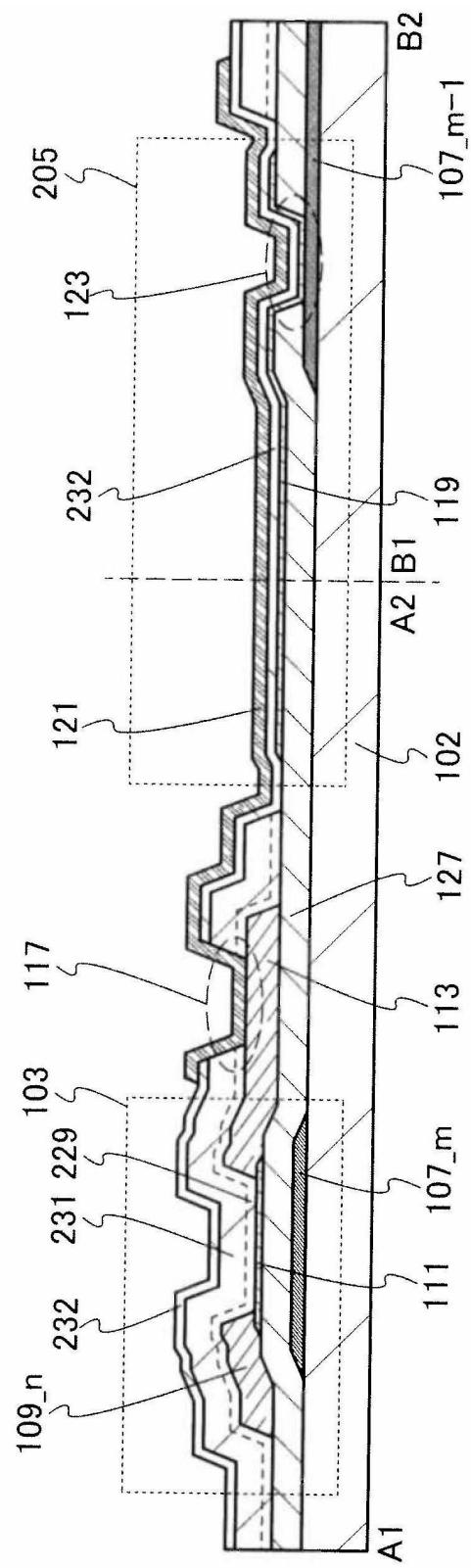


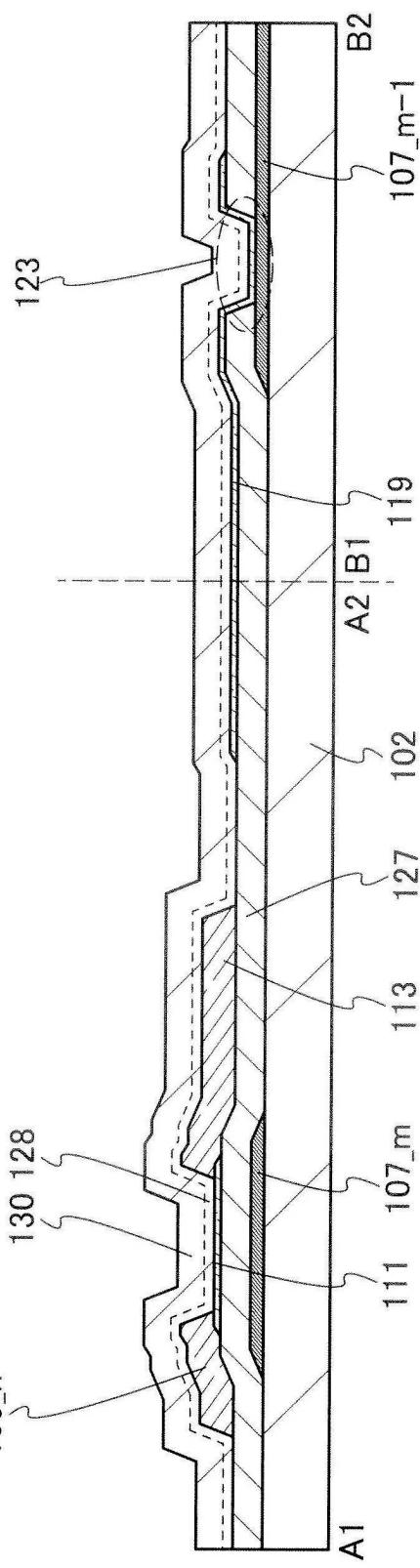
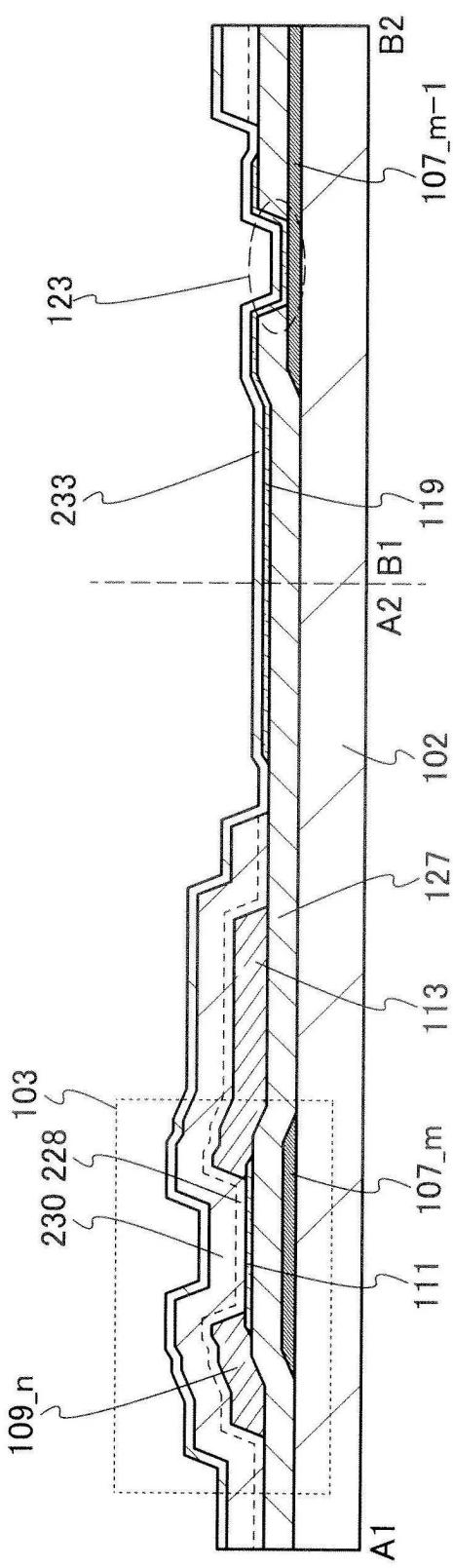
FIG. 20A**FIG. 20B**

FIG. 21

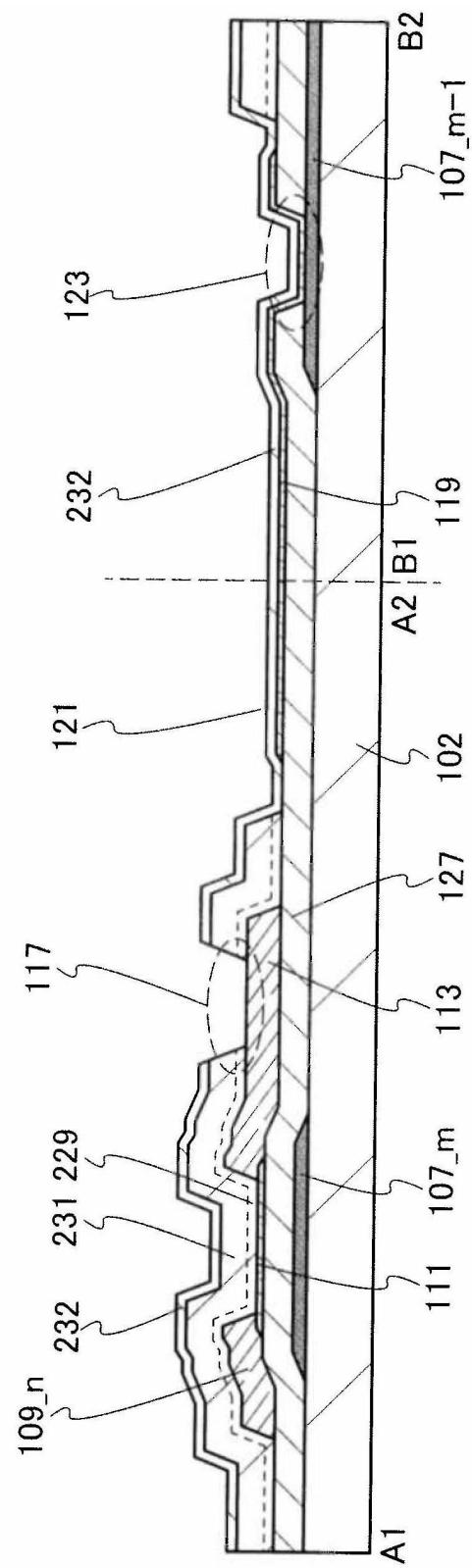


FIG. 22

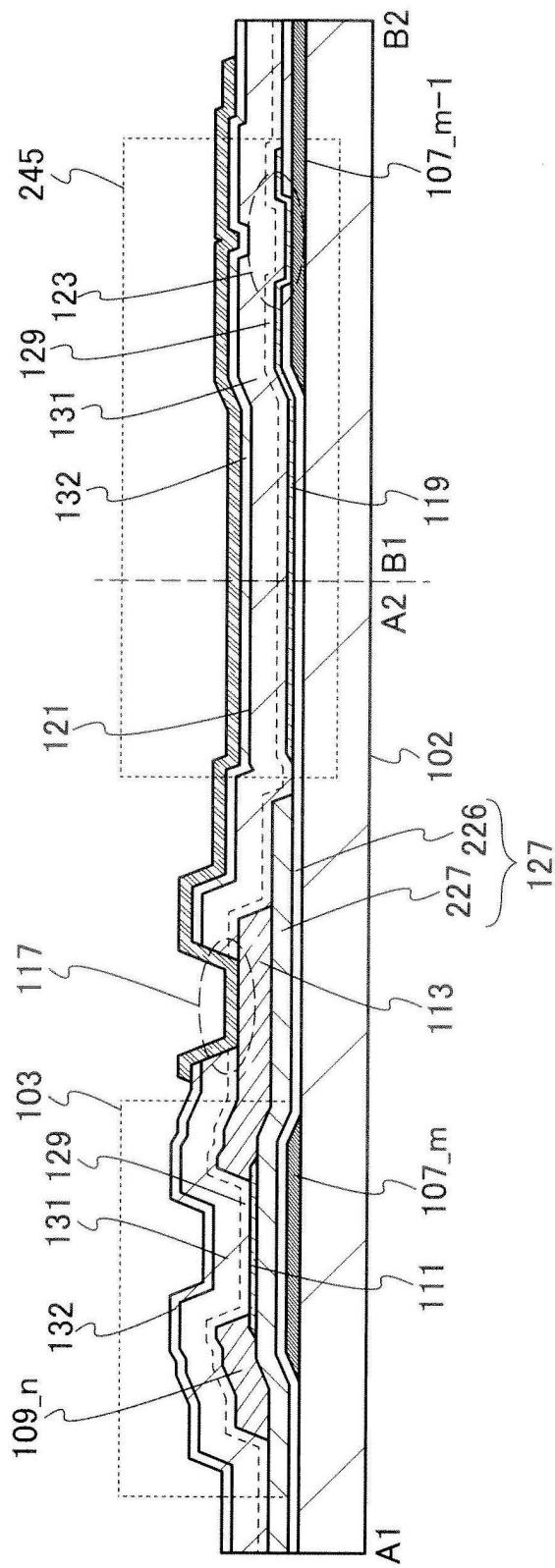


FIG. 23

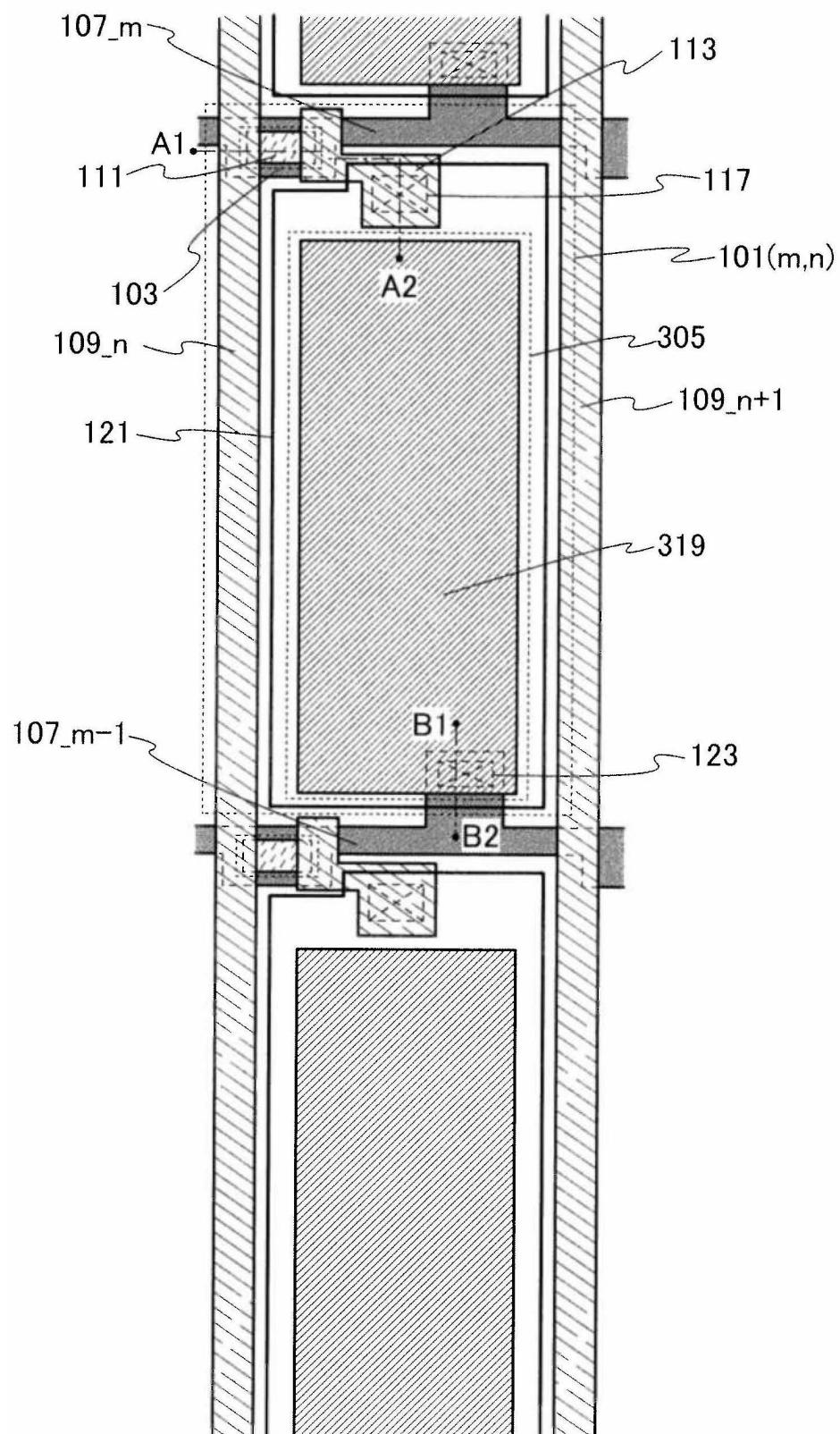


FIG. 24

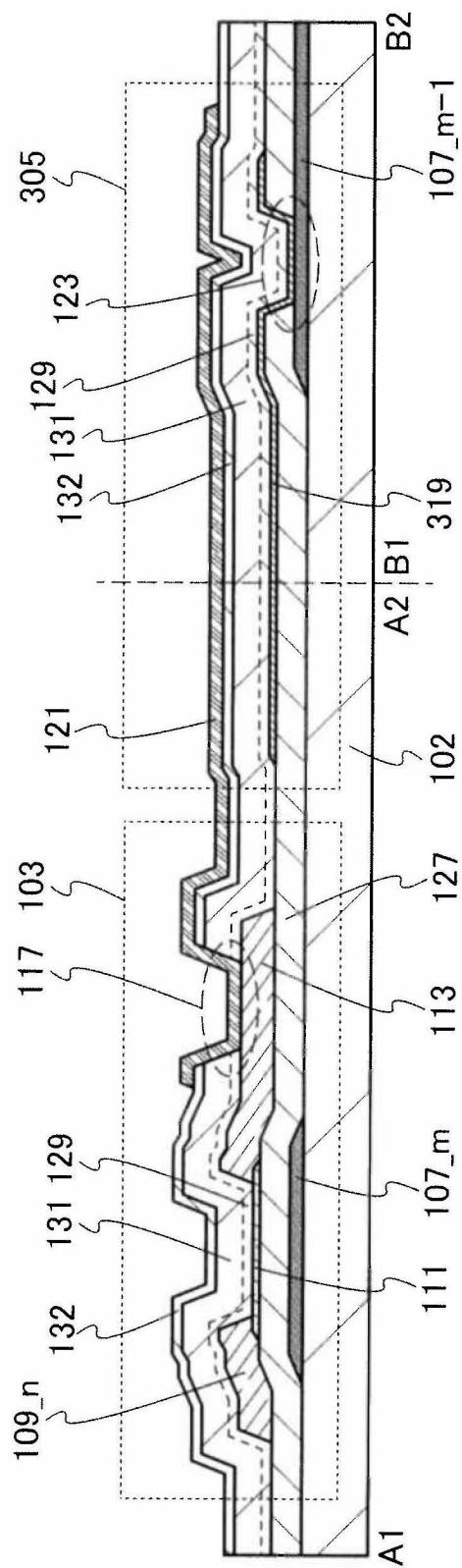


FIG. 25A

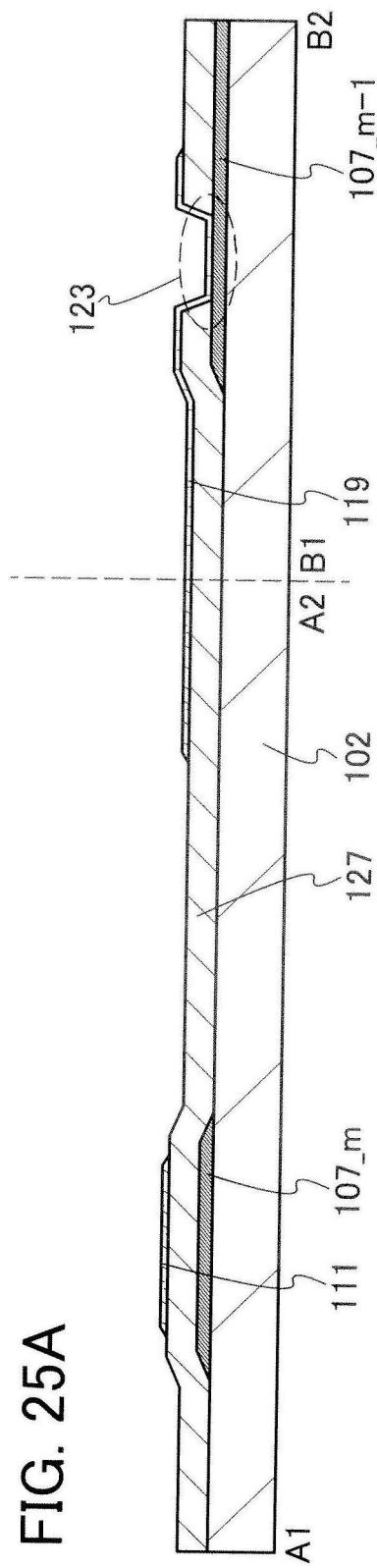


FIG. 25B

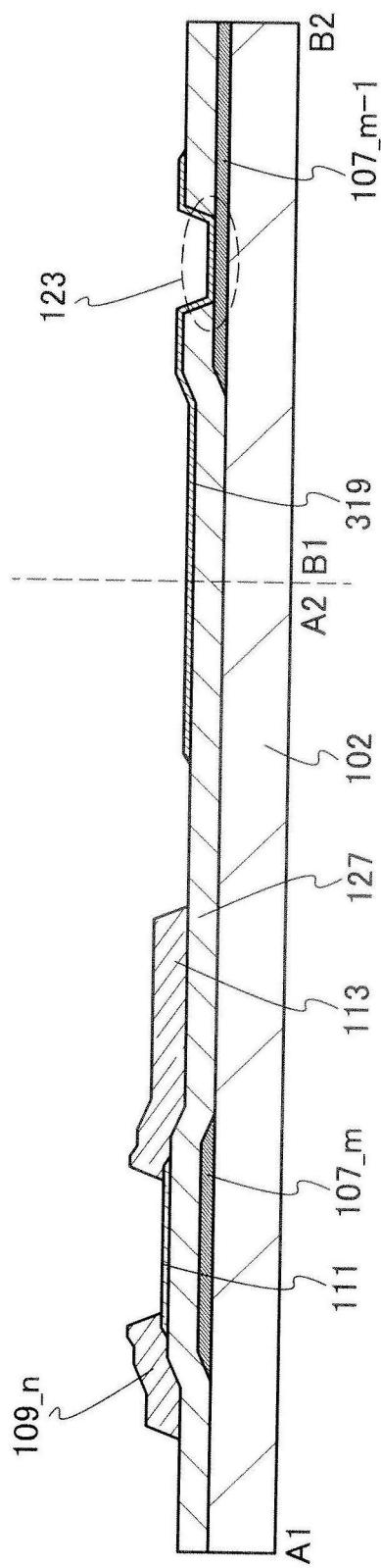


FIG. 26A

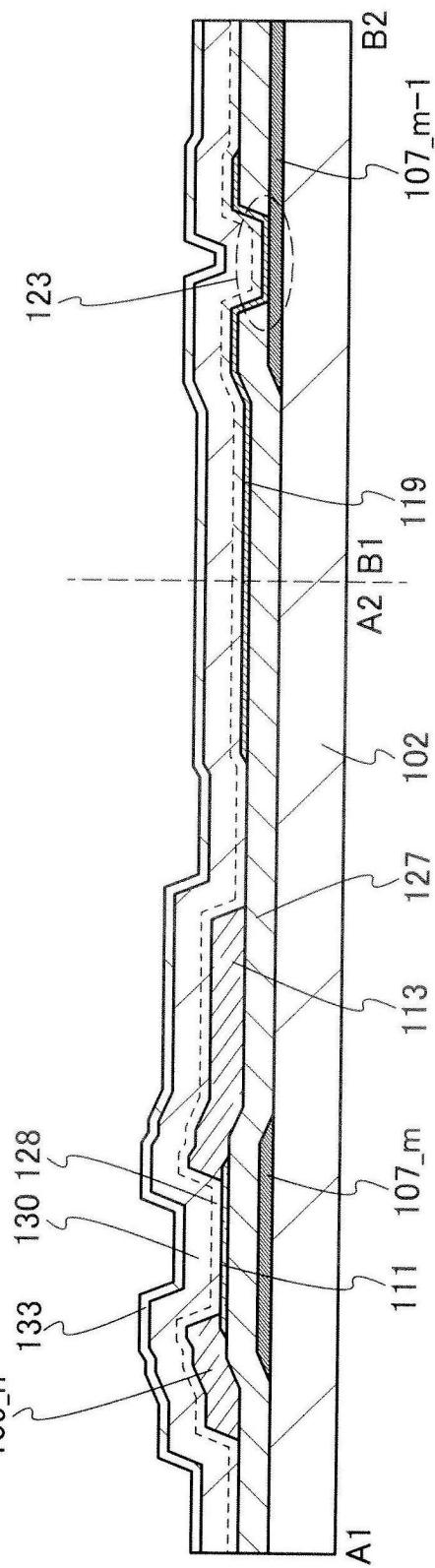


FIG. 26B

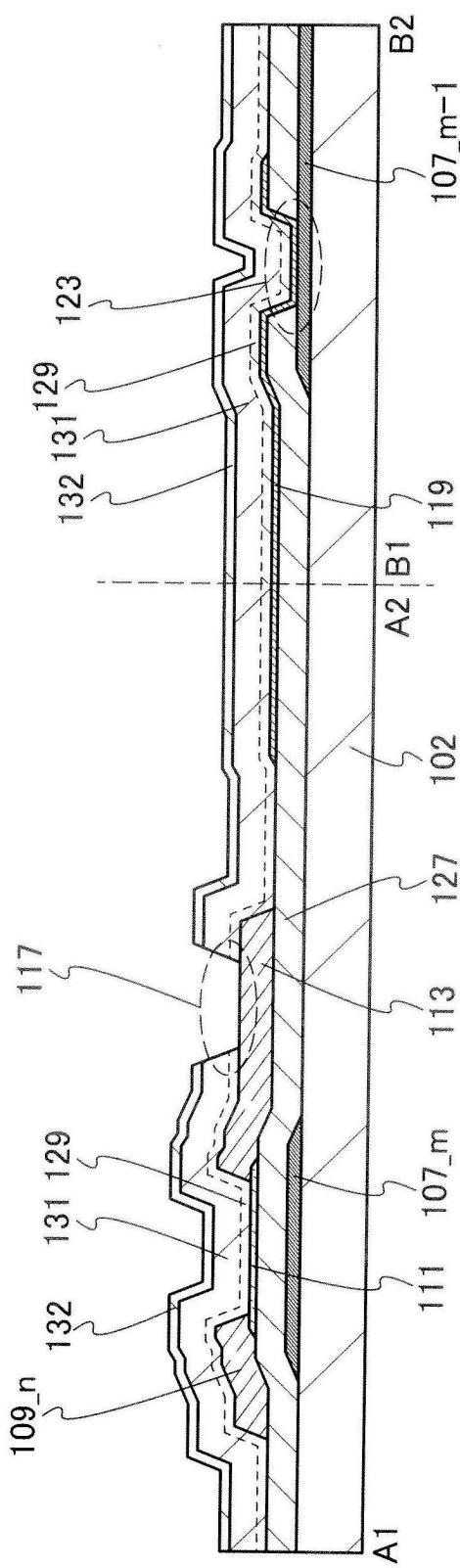


FIG. 27

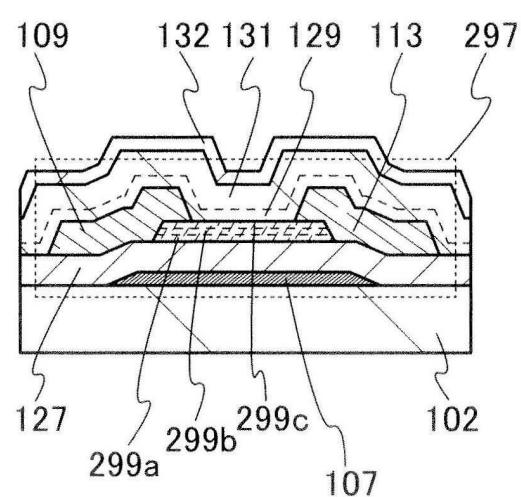


FIG. 28A

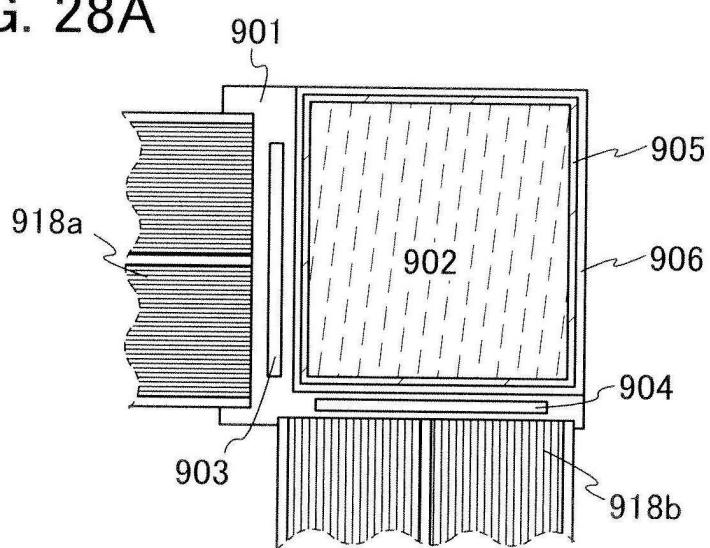


FIG. 28B

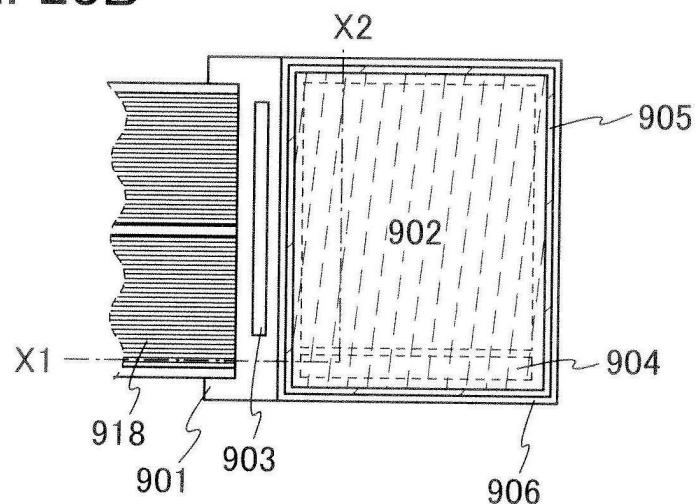


FIG. 28C

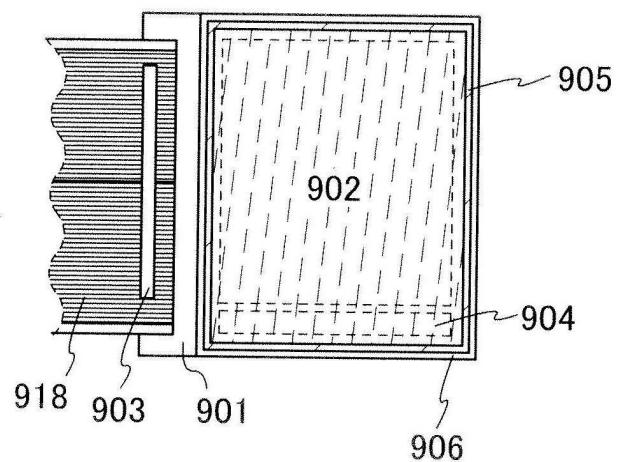


FIG. 29

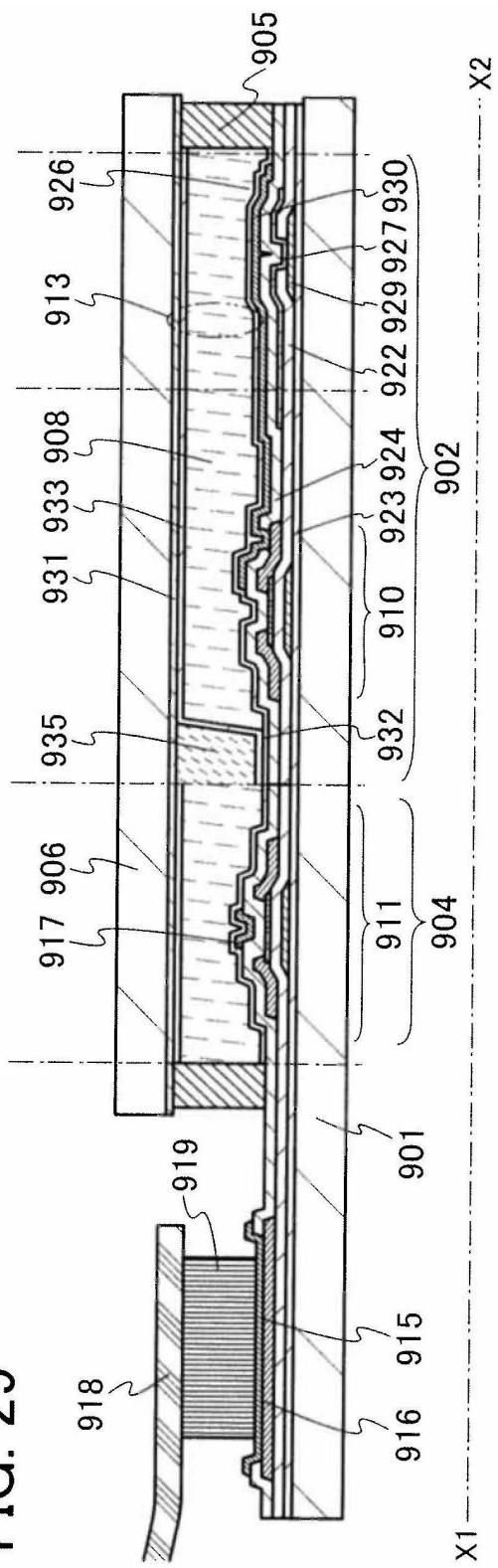


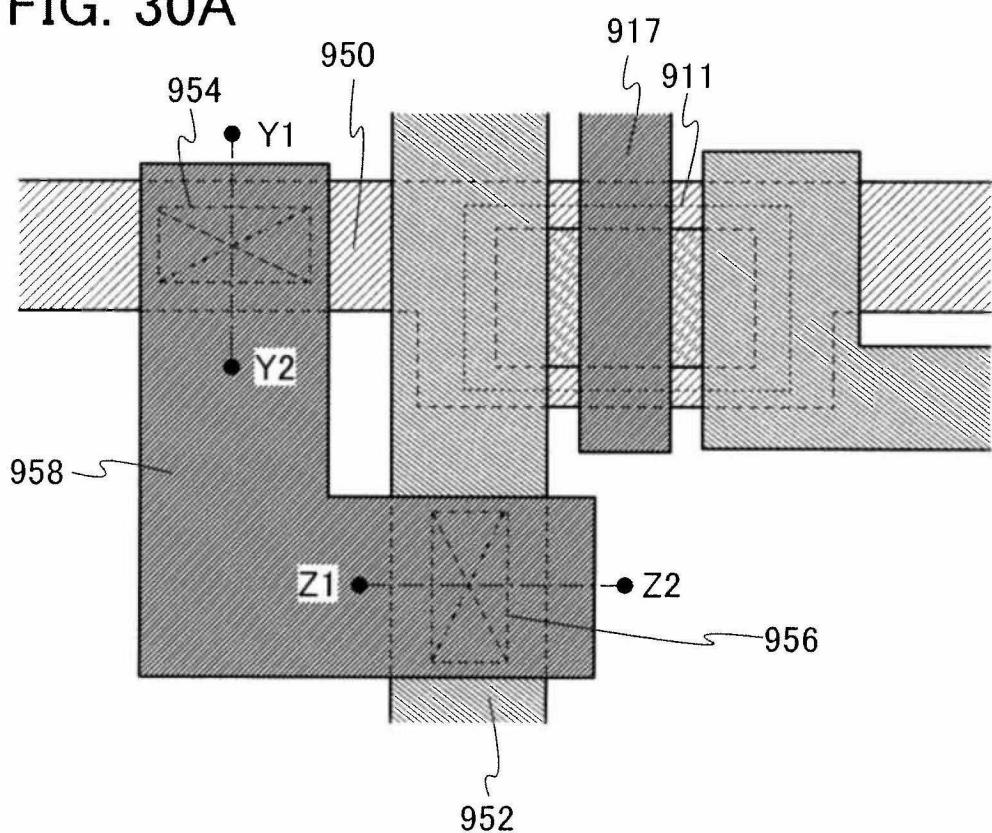
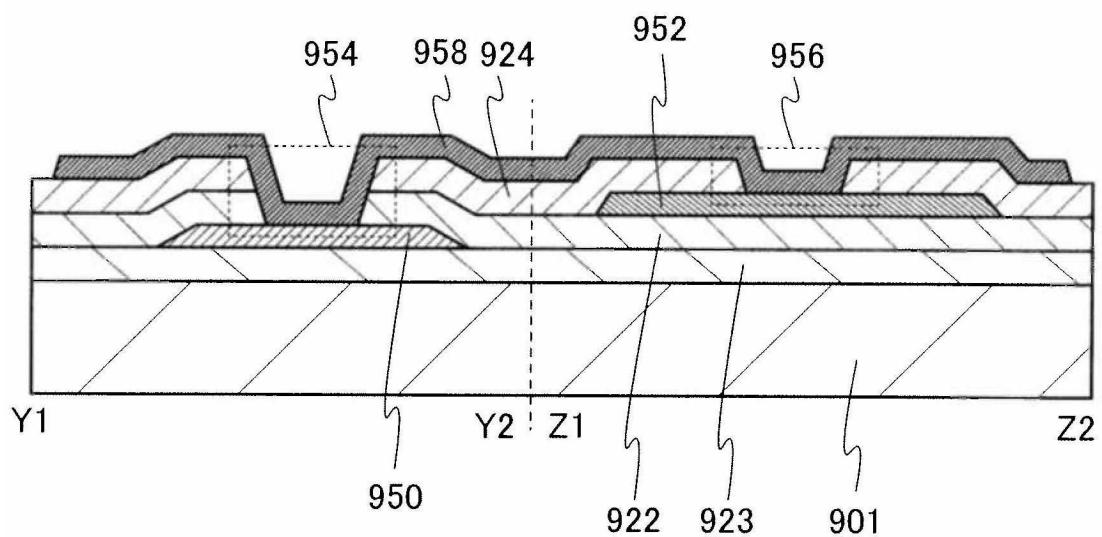
FIG. 30A**FIG. 30B**

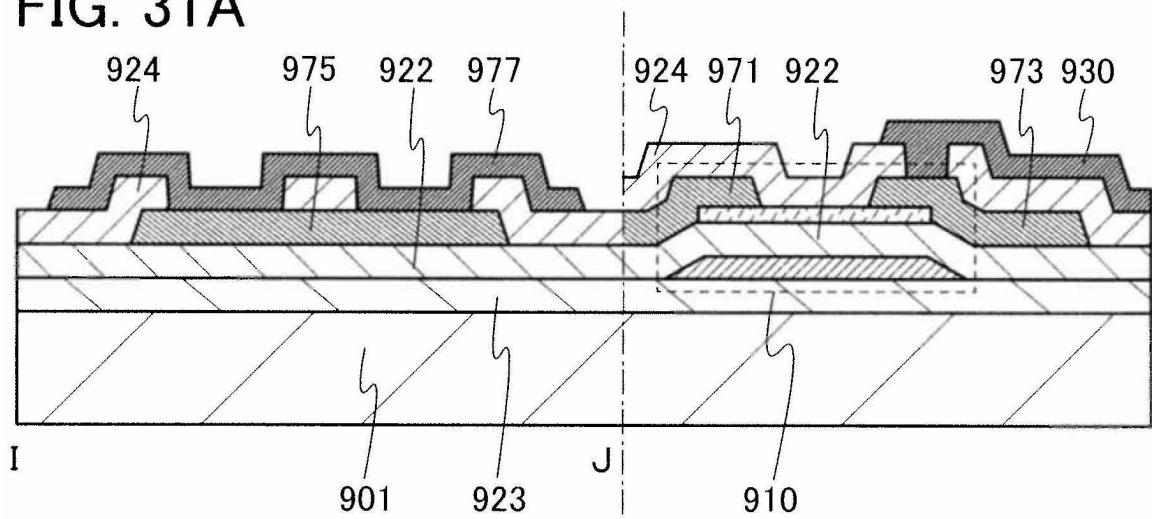
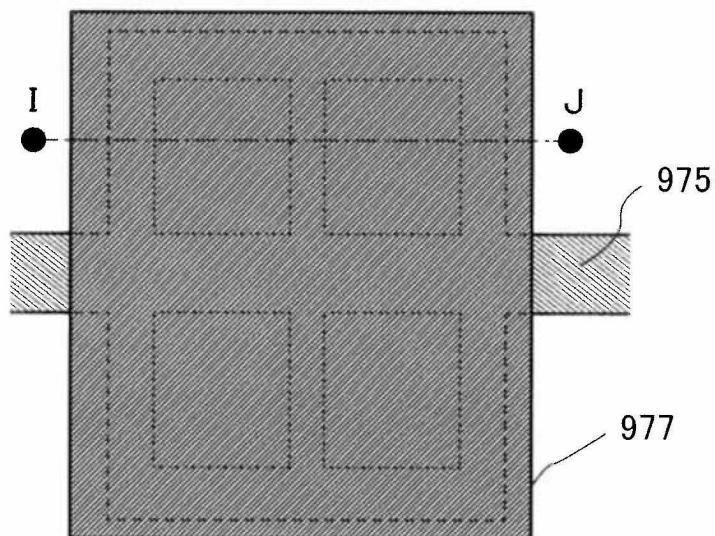
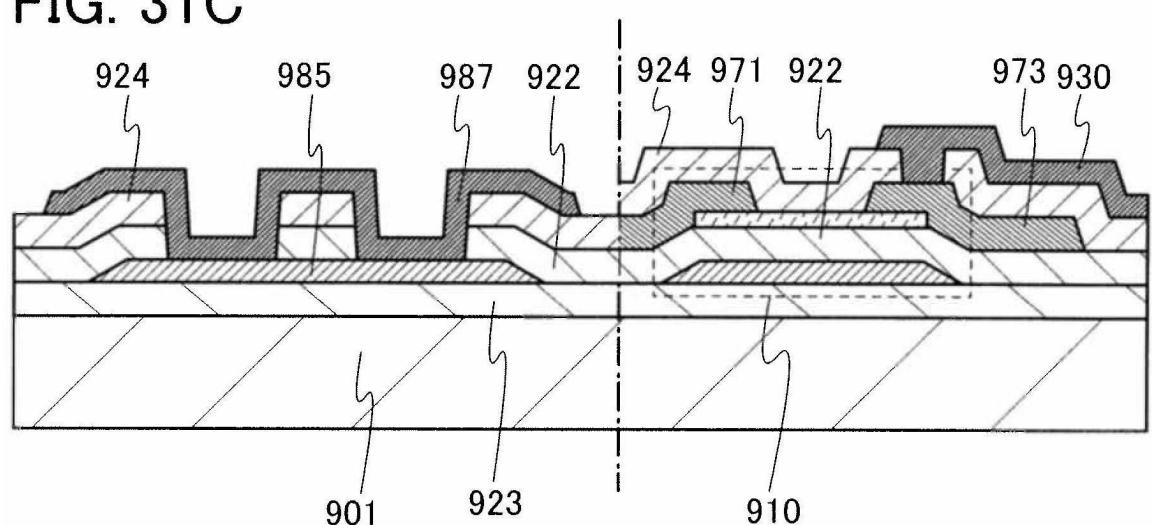
FIG. 31A**FIG. 31B****FIG. 31C**

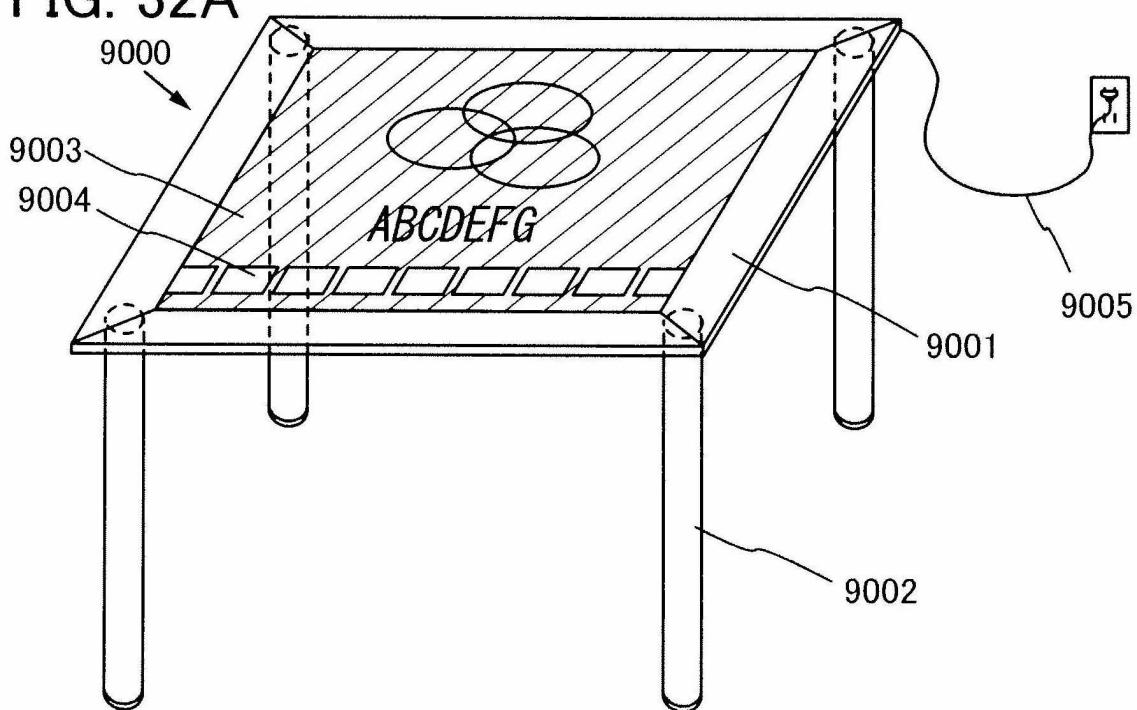
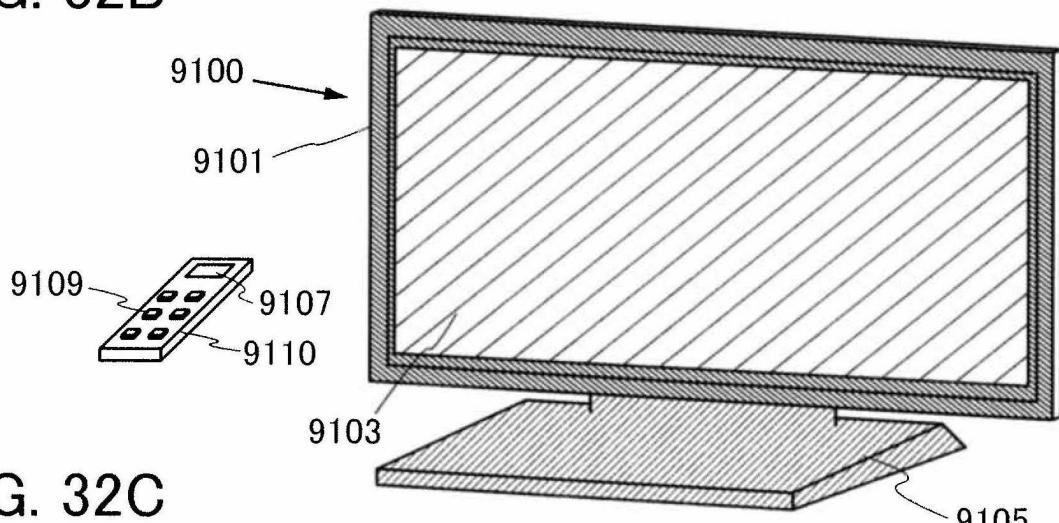
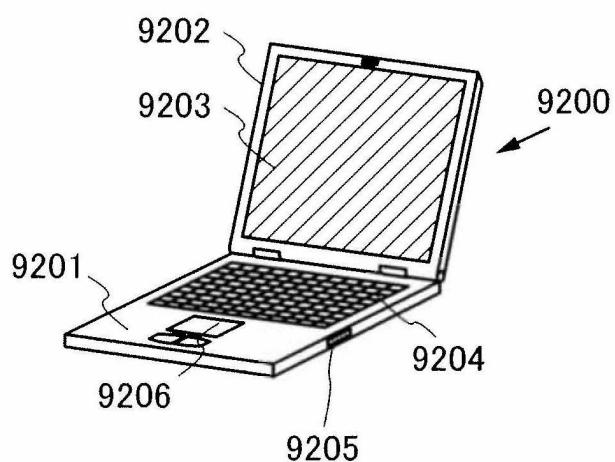
FIG. 32A**FIG. 32B****FIG. 32C**

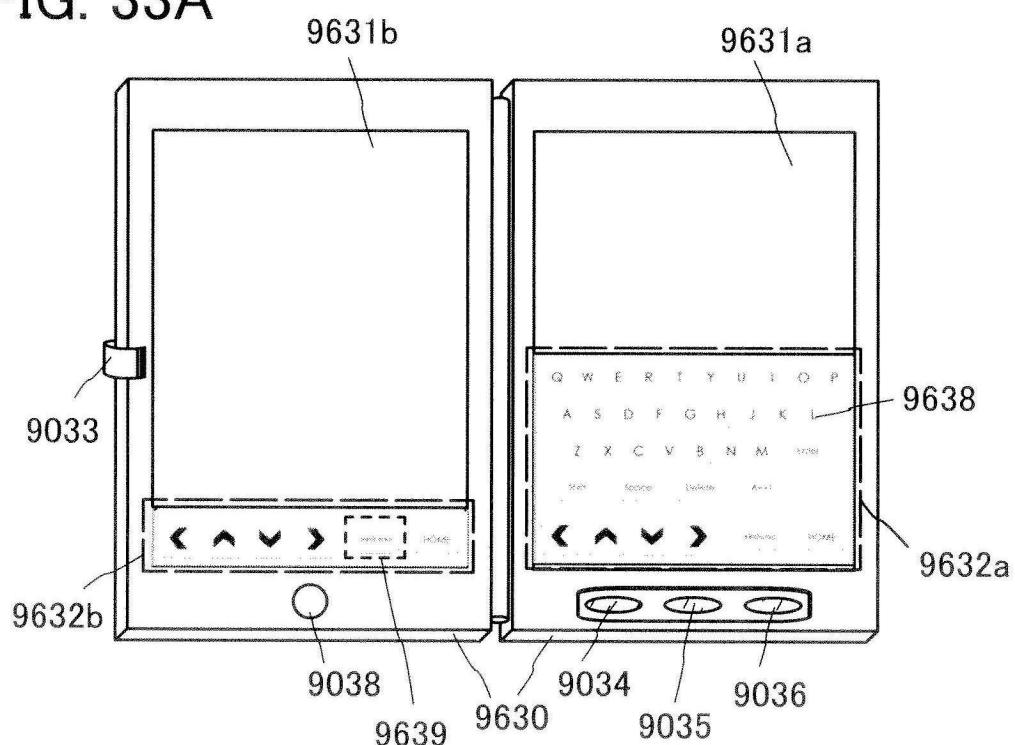
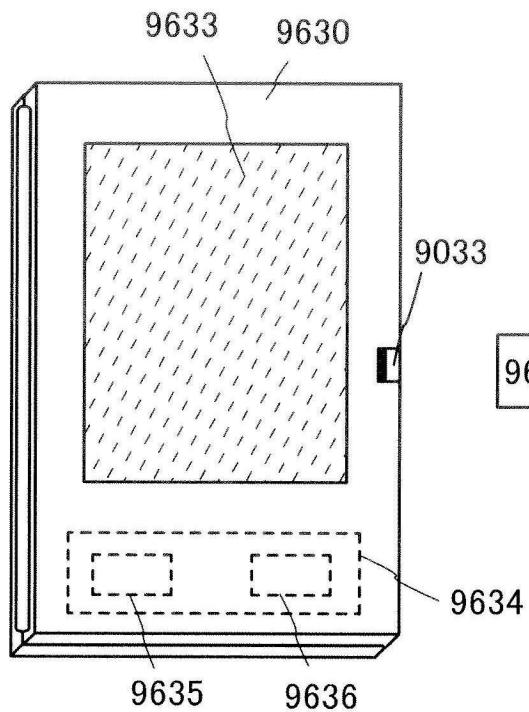
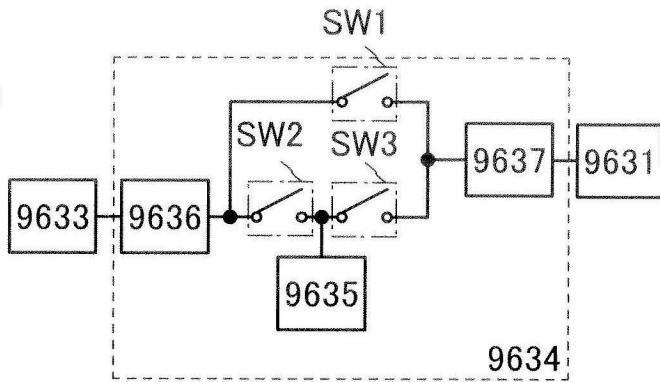
FIG. 33A**FIG. 33B****FIG. 33C**

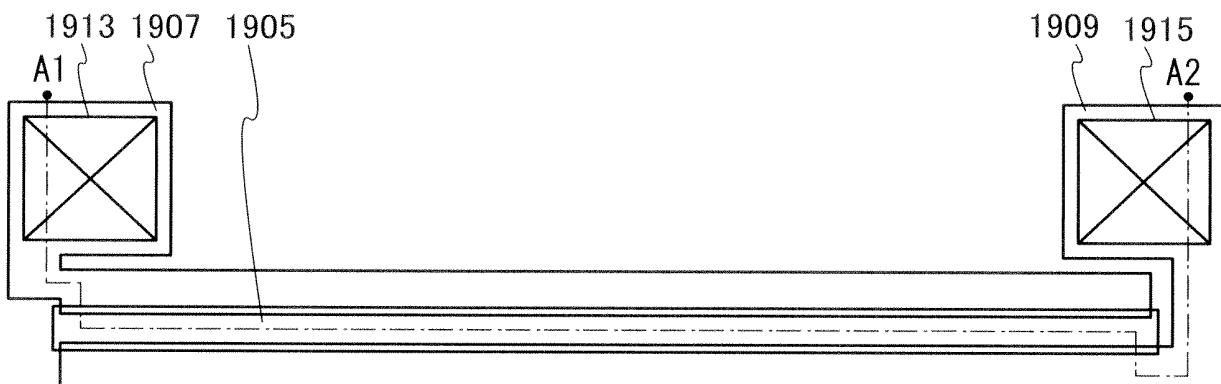
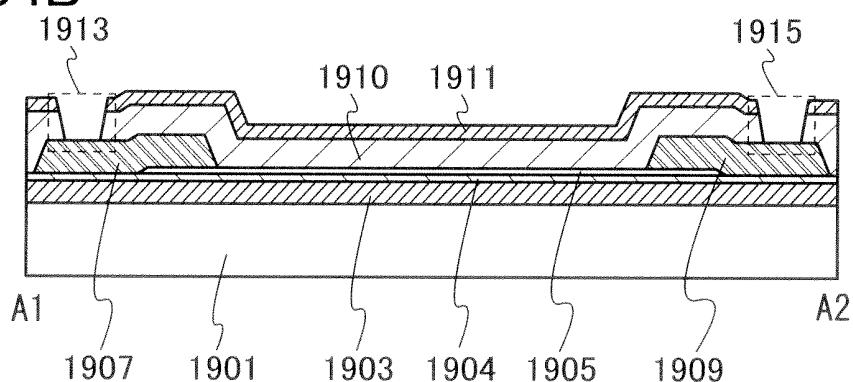
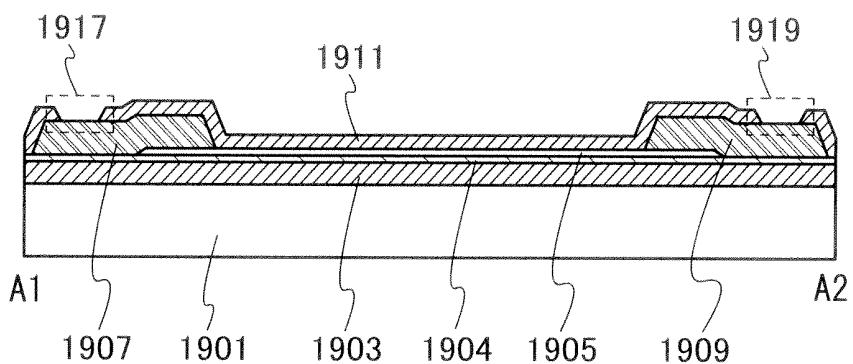
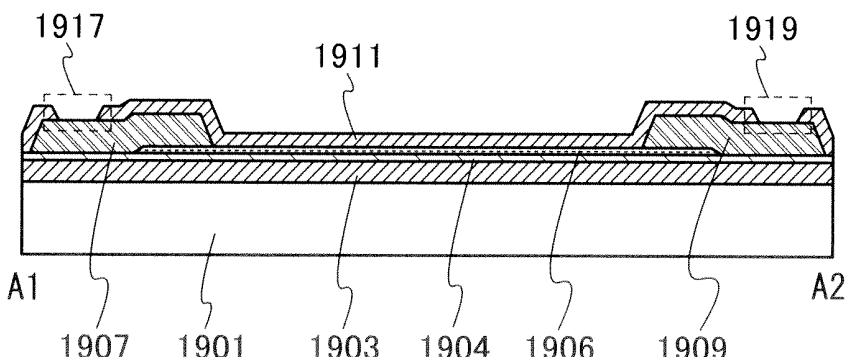
FIG. 34A**FIG. 34B****FIG. 34C****FIG. 34D**

FIG. 35

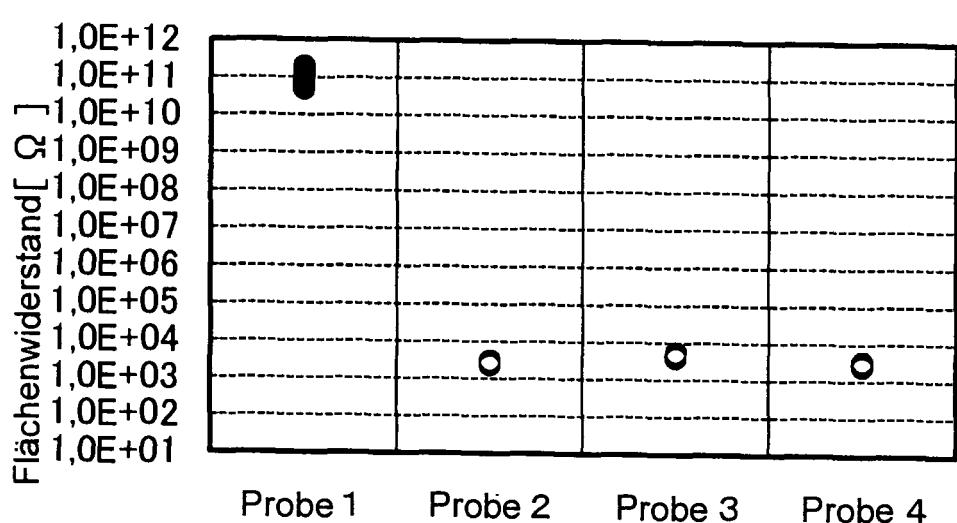


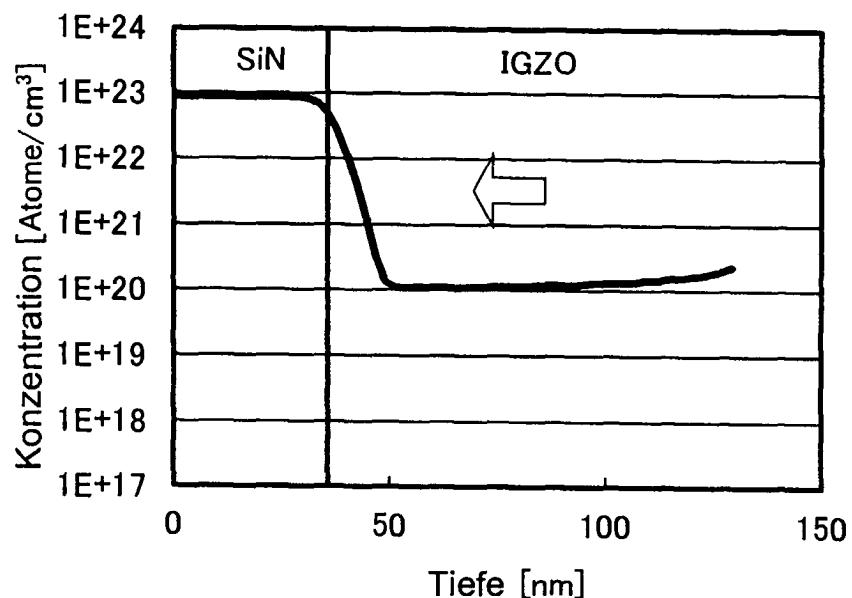
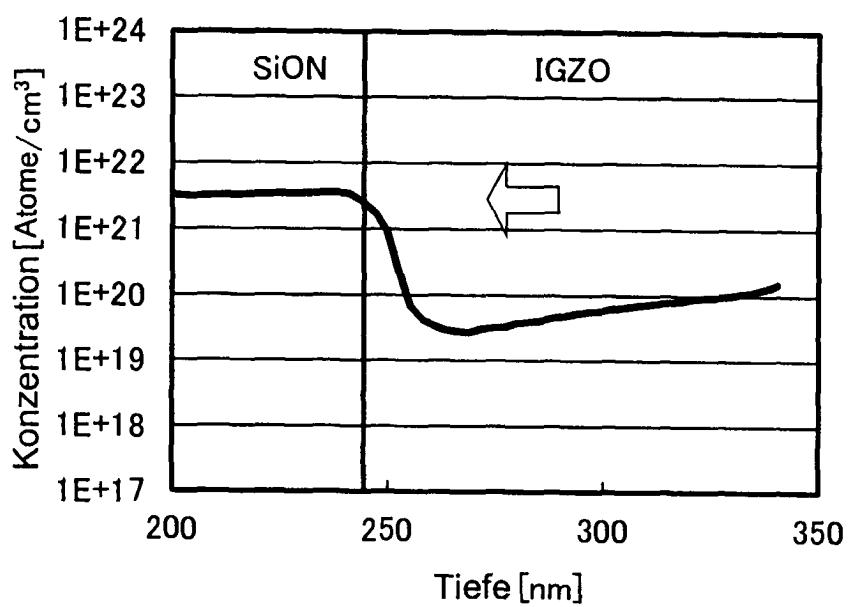
FIG. 36A**FIG. 36B**

FIG. 37A

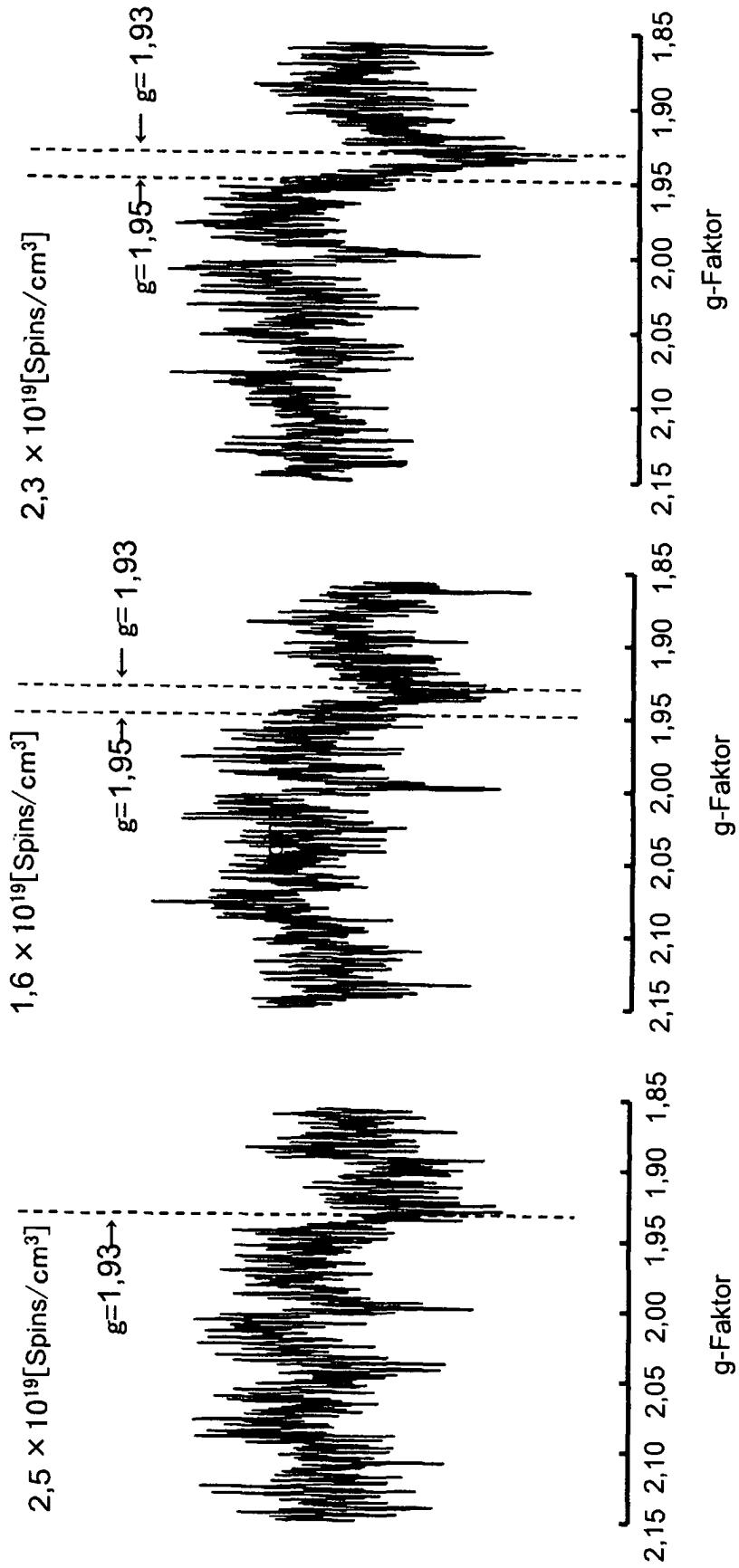


FIG. 37B

FIG. 37C

FIG. 38

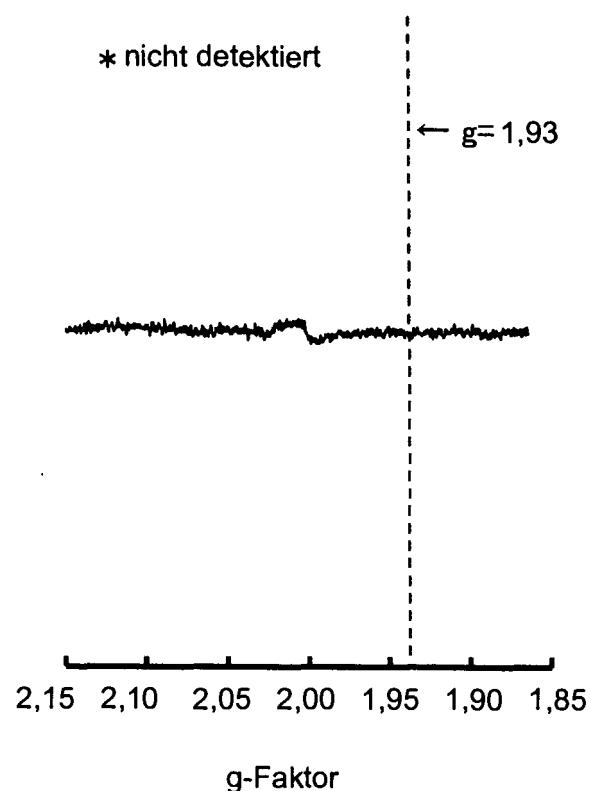


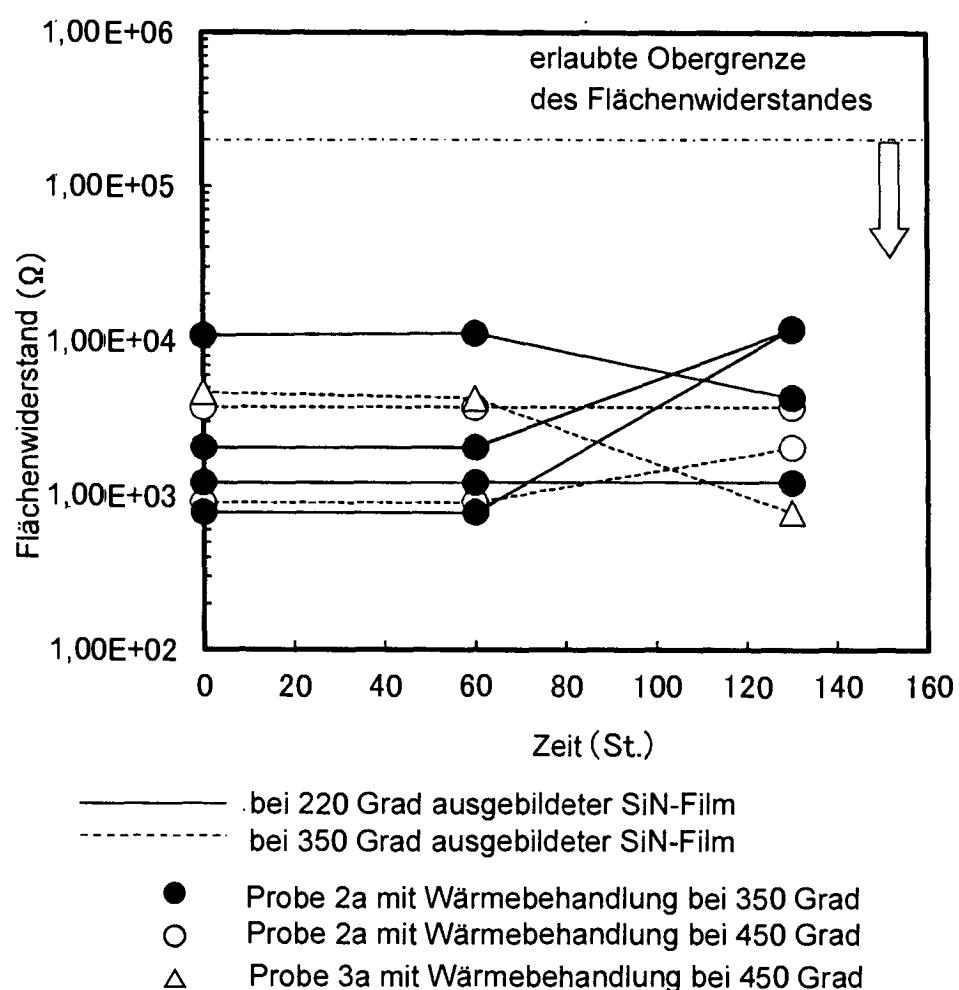
FIG. 39

FIG. 40

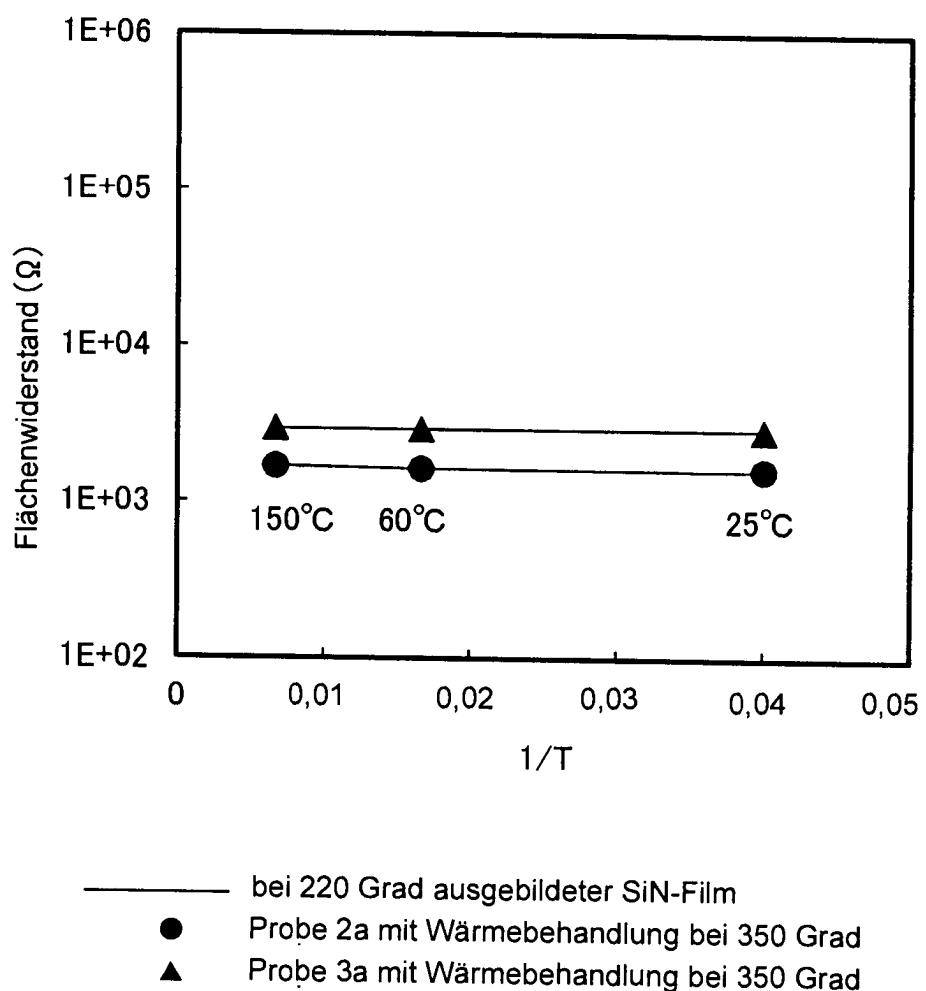


FIG. 41A

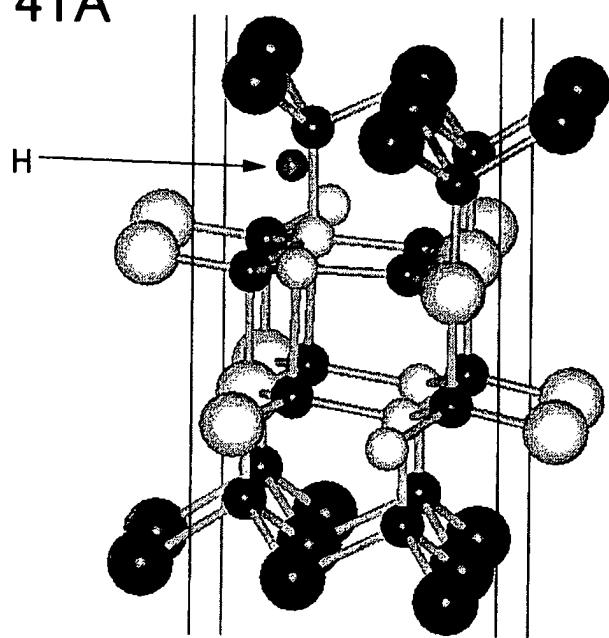
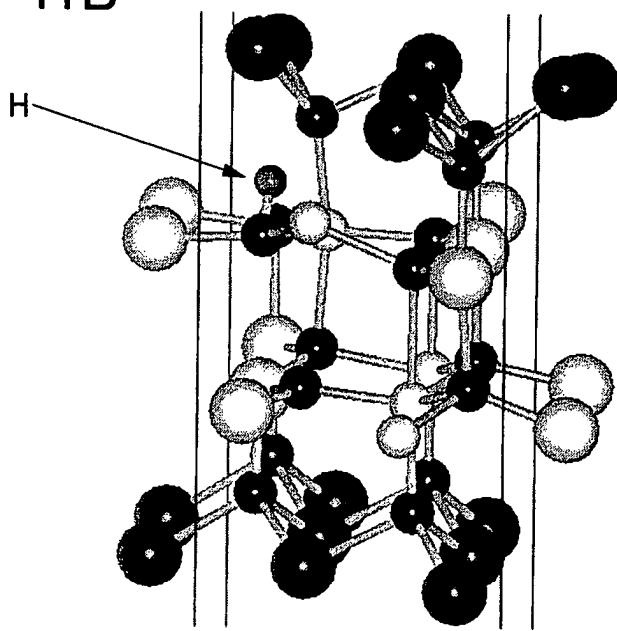
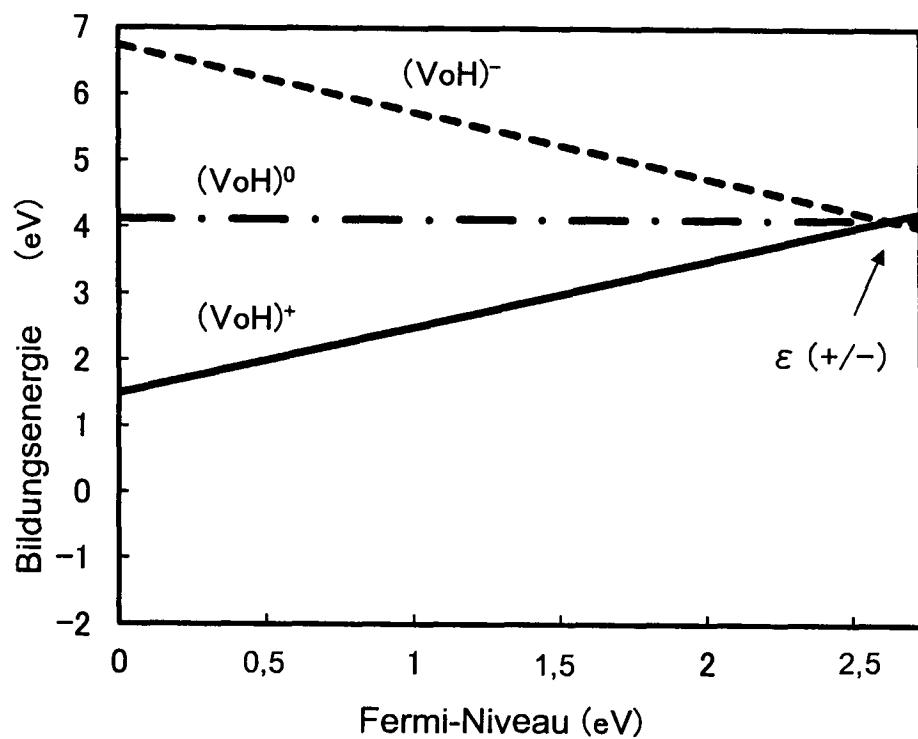


FIG. 41B



● In ○ Ga ○ Zn ● O ● H

FIG. 42A**FIG. 42B**