



(10) **DE 10 2013 022 607 B4** 2024.05.08

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2013 022 607.4**
(22) Anmeldetag: **20.12.2013**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **08.05.2024**

(51) Int Cl.: **H01L 27/12 (2006.01)**
H01L 27/06 (2006.01)
H01L 29/786 (2006.01)
G09F 9/30 (2006.01)
G02F 1/133 (2006.01)

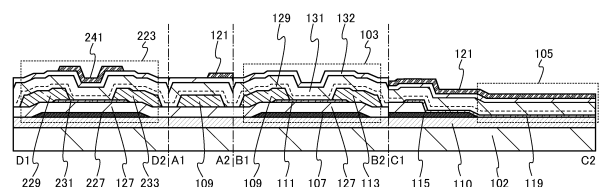
Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz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

<div>(30) Unionspriorität:</div> <div><div>2012-28896828.12.2012JP</div><div>2013-04906512.03.2013JP</div></div>	<div>(74) Vertreter:</div> <div>Grünecker Patent- und Rechtsanwälte PartG mbB, 80802 München, DE</div>
<div>(62) Teilung aus:</div> <div>10 2013 226 794.0</div>	<div>(72) Erfinder:</div> <div>Endo, Yuta, Atsugi-shi, Kanagawa-ken, JP</div>
<div>(73) Patentinhaber:</div> <div>SEMICONDUCTOR ENERGY LABORATORY CO., LTD., Atsugi-shi, Kanagawa-ken, JP</div>	<div>(56) Ermittelter Stand der Technik:</div> <div><div>US</div><div>2012 / 0 241 750</div><div>A1</div></div>

(54) Bezeichnung: **Anzeigevorrichtung**

(57) Hauptanspruch: Anzeigevorrichtung, umfassend eine Vielzahl von Pixeln (101), wobei jedes Pixel der Vielzahl von Pixeln (101) umfasst:
einen Transistor (103), der eine erste Oxidhalbleiterschicht (111) als einen Kanal umfasst;
ein Kondensatorelement (105), das elektrisch mit dem Transistor (103) verbunden ist; und
eine Pixelelektrode (121),
wobei die erste Oxidhalbleiterschicht (111) elektrisch mit einer ersten leitenden Schicht (109) verbunden ist, die eine Funktion einer Source-Elektrode oder einer Drain-Elektrode des Transistors (103) hat,
wobei die erste Oxidhalbleiterschicht (111) elektrisch mit der Pixelelektrode (121) über eine zweite leitende Schicht (113) verbunden ist, die eine Funktion der anderen der Source-Elektrode oder der Drain-Elektrode des Transistors (103) hat,
wobei die Pixelelektrode (121) einen Bereich umfasst, der in Kontakt mit einer oberen Oberfläche der zweiten leitenden Schicht (113) steht,
wobei die erste Oxidhalbleiterschicht (111) einen Bereich umfasst, der sich mit einer dritten leitenden Schicht (107) überlappt, die eine Funktion einer Gate-Elektrode des Transistors (103) hat,
wobei das Kondensatorelement (105) eine zweite Oxidhalbleiterschicht (119) umfasst,
wobei die zweite Oxidhalbleiterschicht (119) einen Bereich umfasst, der auf derselben Oberfläche wie die erste Oxidhalbleiterschicht (111) bereitgestellt ist,
wobei die zweite Oxidhalbleiterschicht (119) einen Bereich

umfasst, der sich mit der Pixelelektrode (121) überlappt und nicht in Kontakt mit der Pixelelektrode (121) steht, wobei die zweite Oxidhalbleiterschicht (119) eine Elektrode eines Paares von Elektroden des Kondensatorelements (105) ist, und wobei die Pixelelektrode (121) die andere Elektrode des Paares von Elektroden des Kondensatorelements (105) ist, wobei das Kondensatorelement (105) eine Isolierschicht zwischen der zweiten Oxidhalbleiterschicht (119) und der Pixelelektrode (121) umfasst, wobei eine Fläche der zweiten Oxidhalbleiterschicht (119) größer ist als eine Fläche der ersten Oxidhalbleiterschicht (111), wobei die zweite Oxidhalbleiterschicht (119) einen Bereich umfasst, der sich mit einer vierten leitenden Schicht (115) unterhalb der zweiten Oxidhalbleiterschicht (119) überlappt, wobei die Pixelelektrode (121) einen Bereich umfasst, der sich mit der vierten leitenden Schicht (115) überlappt, wobei die vierte leitende Schicht (115) von der dritten leitenden Schicht (107) getrennt ist, wobei ...



Beschreibung

Hintergrund der Erfindung

1. Gebiet der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Anzeigevorrichtung oder eine lichtemittierende Vorrichtung, die jeweils einen Oxidhalbleiter enthält.

2. Beschreibung des Standes der Technik

[0002] In den letzten Jahren sind Flachbildanzeigen, wie z. B. Flüssigkristallanzeigen (liquid crystal display, LCD), weithin verbreitet worden. In einer Anzeigevorrichtung, wie z. B. einer Flachbildanzeige, sind Pixel in der Zeilenrichtung und in der Spaltenrichtung angeordnet, und jedes Pixel beinhaltet einen Transistor, der als Schaltelement dient, ein Flüssigkristallelement, das elektrisch mit dem Transistor verbunden ist, und einen Kondensator, der parallel mit dem Flüssigkristallelement verbunden ist.

[0003] Aus der US 2012 / 0 241 750 A1 ist ein Halbleiterbauelement bekannt, welches ein Substrat und einen auf dem Substrat ausgebildeten Dünnschichttransistor umfasst.

[0004] Ein Halbleiterfilm des Transistors wird im Allgemeinen unter Verwendung von einem Siliziumhalbleiter, wie z. B. amorphem Silizium oder Polysilizium (polykristallinem Silizium), ausgebildet.

[0005] Metalloxide mit Halbleitereigenschaften (nachstehend als Oxidhalbleiter (oxide semiconductor) bezeichnet) können auch für Halbleiterfilme von Transistoren verwendet werden. Beispielsweise sind Techniken zum Herstellen von Transistoren, die Zinkoxid oder einen Oxidhalbleiter auf In-Ga-Zn-Basis enthalten, offenbart in Patentanmeldung JP 2007-123 861 A und Patentanmeldung JP 2007- 96 055 A.

Zusammenfassung der Erfindung

[0006] In einem Kondensator ist ein dielektrischer Film zwischen einem Paar von Elektroden angeordnet, wobei mindestens eine von ihnen in vielen Fällen aus dem gleichen Material wie eine Gate-Elektrode, eine Source-Elektrode, eine Drain-Elektrode oder dergleichen eines Transistors, d. h. unter Verwendung eines lichtblockierenden Films, wie z. B. eines Metallfilms, ausgebildet ist.

[0007] Mit dem Anstieg des Kapazitätswertes eines Kondensators kann die Ausrichtung von Flüssigkristallmolekülen eines Flüssigkristallelements für einen längeren Zeitraum konstant in dem Zustand, in dem ein elektrisches Feld daran angelegt wird, gehalten werden. Wenn der Zeitraum bei einer Anzeigevorrichtung, die zum Anzeigen von Standbildern geeignet ist, länger gemacht werden kann, kann die Anzahl der nachmaligen Schreibvorgänge der Bilddaten verringert werden, was zur Verringerung des Leistungsverbrauchs führt.

[0008] Bei einem der Verfahren zum Erhöhen der Ladekapazität eines Kondensators wird die Fläche des Kondensators in einem Pixel vergrößert, insbesondere wird die Fläche eines Bereichs vergrößert, in dem ein Paar von Elektroden einander überlappt. Wenn die Fläche des lichtblockierenden leitenden Films in der Anzeigevorrichtung vergrößert wird, um die Fläche des Bereichs zu vergrößern, in dem das Paar von Elektroden einander überlappt, verkleinert sich jedoch das Öffnungsverhältnis (aperture ratio) des Pixels, was eine Verschlechterung der Anzeigenqualität eines Bildes verursacht.

[0009] Angesichts der vorstehenden Probleme ist daher eine Aufgabe einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, eine Halbleitervorrichtung oder dergleichen mit hohem Öffnungsverhältnis bereitzustellen. Eine weitere Aufgabe einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, eine Halbleitervorrichtung oder dergleichen bereitzustellen, die einen Kondensator beinhaltet, dessen Ladekapazität erhöht werden kann. Eine weitere Aufgabe einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, eine Halbleitervorrichtung oder dergleichen bereitzustellen, die mit einer kleinen Anzahl von Masken in einem Photolithographieschritt hergestellt werden kann. Eine weitere Aufgabe einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, eine Halbleitervorrichtung oder dergleichen mit einem geringen Sperrstrom (off-state current) bereitzustellen. Eine weitere Aufgabe einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, eine Halbleitervorrichtung oder dergleichen bereitzustellen, die geringere Leistung verbraucht. Eine weitere Aufgabe einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, eine Halbleitervorrichtung oder dergleichen bereitzustellen, bei der eine durchsichtige Halbleiterschicht verwendet wird. Eine weitere Aufgabe einer Ausführungsform der vorliegen-

den Erfindung ist, eine Halbleitervorrichtung oder dergleichen mit hoher Zuverlässigkeit bereitzustellen. Eine weitere Aufgabe einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, eine augenfreundliche Halbleitervorrichtung oder dergleichen bereitzustellen. Eine weitere Aufgabe einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, eine neuartige Halbleitervorrichtung oder dergleichen bereitzustellen. [0010]

[0010] Die Erfindung stellt eine Anzeigevorrichtung gemäß Anspruch 1 und eine Anzeigevorrichtung gemäß Anspruch 2 zur Verfügung.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0011] Bei den begleitenden Zeichnungen:

Fig. 1 zeigt eine Draufsicht, die eine Halbleitervorrichtung darstellt;

Fig. 2 zeigt eine Querschnittsansicht, die eine Halbleitervorrichtung darstellt;

Fig. 3 zeigt ein Diagramm, das eine Halbleitervorrichtung darstellt;

Fig. 4A und **Fig. 4B** zeigen Schaltpläne, die jeweils ein Pixel einer Halbleitervorrichtung darstellen;

Fig. 5A und **Fig. 5B** zeigen Querschnittsansichten, die ein Verfahren zum Herstellen einer Halbleitervorrichtung darstellen;

Fig. 6A und **Fig. 6B** zeigen Querschnittsansichten, die ein Verfahren zum Herstellen einer Halbleitervorrichtung darstellen;

Fig. 7 zeigt eine Querschnittsansicht, die einen Kondensator einer Halbleitervorrichtung darstellt;

Fig. 8 zeigt eine Querschnittsansicht, die eine Halbleitervorrichtung darstellt;

Fig. 9A und **Fig. 9B** zeigen Querschnittsansichten, die jeweils eine Halbleitervorrichtung darstellen;

Fig. 10A und **Fig. 10B** zeigen Nanostrahl-Elektronenbeugungsbilder (nanobeam electron diffraction patterns);

Fig. 11A und **Fig. 11B** zeigen die Ergebnisse einer konstanten Photostrom-Methode- (constant photocurrent method, CPM-) Messung an einem Oxidhalbleiterfilm;

Fig. 12 zeigt das Ergebnis einer CPM-Messung an einem CAAC-OS-Film;

Fig. 13A zeigt ein Querschnitts-TEM-Bild (cross-sectional TEM image) eines Oxidhalbleiterfilms, und **Fig. 13B** bis **Fig. 13D** zeigen Nanostrahl-Elektronenbeugungsbilder;

Fig. 14A zeigt ein Flächen-TEM-Bild (plane TEM image) eines Oxidhalbleiterfilms, und **Fig. 14B** zeigt ein Feinbereichs- (selected-area) Elektronenbeugungsbild;

Fig. 15A bis **Fig. 15C** zeigen Konzeptdiagramme einer Elektronenbeugungsintensitätsverteilung;

Fig. 16 zeigt ein Nanostrahl-Elektronenbeugungsbild eines Quarzglassubstrats;

Fig. 17 zeigt ein Nanostrahl-Elektronenbeugungsbild eines Oxidhalbleiterfilms;

Fig. 18A und **Fig. 18B** zeigen Querschnitts-TEM-Bilder eines Oxidhalbleiterfilms,

Fig. 19 zeigt das Ergebnis einer Röntgenstrahlbeugungsanalyse (X-ray diffraction analysis) an einem Oxidhalbleiterfilm;

Fig. 20 zeigt ein Querschnitts-TEM-Bild eines CAAC-OS-Films;

Fig. 21A bis **Fig. 21D** zeigen Elektronenbeugungsbilder eines CAAC-OS-Films;

Fig. 22 zeigt ein Querschnitts-TEM-Bild eines CAAC-OS-Films;

Fig. 23A zeigt ein Querschnitts-TEM-Bild eines CAAC-OS-Films, und **Fig. 23B** zeigt sein Röntgenstrahlbeugungsspektrum;

Fig. 24A bis **Fig. 24D** zeigen Elektronenbeugungsbilder eines CAAC-OS-Films;

Fig. 25A zeigt ein Querschnitts-TEM-Bild eines CAAC-OS-Films, und **Fig. 25B** zeigt sein Röntgenstrahlbeugungsspektrum;

Fig. 26A bis **Fig. 26D** zeigen Elektronenbeugungsbilder eines CAAC-OS-Films;

Fig. 27A zeigt ein Querschnitts-TEM-Bild eines CAAC-OS-Films, und **Fig. 27B** zeigt sein Röntgenstrahlbeugungsspektrum;

Fig. 28A bis **Fig. 28D** zeigen Elektronenbeugungsbilder eines CAAC-OS-Films;

Fig. 29A bis **Fig. 29C** zeigen Draufsichten, die jeweils eine Halbleitervorrichtung darstellen;

Fig. 30 zeigt eine Querschnittsansicht, die eine Halbleitervorrichtung darstellt;

Fig. 31A und **Fig. 31C** zeigen Querschnittsansichten und **Fig. 31B** zeigt eine Draufsicht, welche eine Halbleitervorrichtung darstellen;

Fig. 32 zeigt ein Blockschema, das eine Konfiguration eines Informationsprozessors mit einer Anzeigefunktion darstellt;

Fig. 33A-1 und **Fig. 33A-2** zeigen Blockschemas und **Fig. 33B-1** und **Fig. 33B-2** zeigen Schaltpläne, welche Strukturen eines Anzeigeabschnitts des Informationsprozessors darstellen;

Fig. 34A zeigt ein Blockschema, das eine Struktur eines Informationsprozessors darstellt, und **Fig. 34B** zeigt eine schematische Darstellung von Bilddaten;

Fig. 35A-1, **Fig. 35A-2**, **Fig. 35B-1** und **Fig. 35B-2** zeigen den Effekt eines Informationsprozessors;

Fig. 36 zeigt ein Blockschema, das einen Informationsprozessor darstellt;

Fig. 37A bis **Fig. 37C** zeigen elektronische Geräte, bei denen eine Halbleitervorrichtung verwendet wird;

Fig. 38A und **Fig. 38B** zeigen ein elektronisches Gerät, bei dem eine Halbleitervorrichtung verwendet wird; und

Fig. 39A bis **Fig. 39C** zeigen elektronische Geräte, bei denen eine Halbleitervorrichtung verwendet wird.

Detaillierte Beschreibung der Erfindung

[0012] Nachfolgend werden anhand der begleitenden Zeichnungen Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung ausführlich beschrieben.

[0013] Bei den Strukturen der im Folgenden beschriebenen vorliegenden Erfindung werden gleiche Teile oder Teile mit ähnlichen Funktionen in unterschiedlichen Zeichnungen mit den gleichen Bezugszeichen bezeichnet werden, und die Beschreibung davon wird nicht wiederholt. Zudem wird das gleiche Schraffurmuster bei Teilen mit ähnlichen Funktionen verwendet, und in einigen Fällen werden solche Teile nicht besonders mit Bezugszeichen bezeichnet.

[0014] In jeder Zeichnung in dieser Beschreibung ist die Größe, die Dicke eines Films oder der Bereich jeder Komponente in einigen Fällen der Klarheit halber übertrieben. Somit sind Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung nicht auf solche Größenverhältnisse beschränkt.

[0015] Die Ordinalzahlen, wie z. B. „erster“ und „zweiter“, in dieser Beschreibung und dergleichen werden der Einfachheit halber verwendet und bezeichnen nicht die Reihenfolge von Schritten oder die Reihenfolge der gestapelten Schichten. Außerdem bezeichnen die Ordinalzahlen in dieser Beschreibung keine besonderen Namen, die die vorliegende Erfindung bestimmen.

[0016] Es sei angemerkt, dass eine Spannung einen Unterschied zwischen Potentialen von zwei Punkten bezeichnet und dass ein Potential eine elektrostatische Energie (elektrische potentielle Energie) pro Ladungseinheit (unit charge) an einem gegebenen Punkt in einem elektrostatischen Feld bezeichnet. Es sei angemerkt, dass im Allgemeinen ein Unterschied zwischen einem Potential eines Punktes und einem Bezugspotential (z. B. einem Erdpotential) einfach ein Potential oder eine Spannung genannt wird und dass ein Potential und eine Spannung in vielen Fällen als Synonyme verwendet werden. Deshalb kann in dieser Beschreibung ein Potential auch als Spannung ausgedrückt werden, und eine Spannung kann auch als Potential ausgedrückt werden, sofern nicht anders festgelegt.

[0017] In dieser Beschreibung wird in dem Fall, in dem eine Ätzbehandlung nach einem Photolithographieprozess durchgeführt wird, eine Maske, die durch den Photolithographieprozess ausgebildet worden ist, entfernt.

[0018] Bei dieser Ausführungsform wird eine Halbleitervorrichtung, die eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, anhand von Zeichnungen beschrieben. Es sei angemerkt, dass bei dieser Ausführungsform eine Flüssigkristallanzeigevorrichtung als Beispiel für die Halbleitervorrichtung nach einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben wird. Es sei angemerkt, dass die Halbleitervorrichtung nach einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung für andere Anzeigevorrichtungen verwendet werden kann.

[0019] Fig. 3 zeigt ein Beispiel für die Halbleitervorrichtung nach einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Die Halbleitervorrichtung in Fig. 3 beinhaltet einen Pixelabschnitt 100; eine erste Treiberschaltung 104; eine zweite Treiberschaltung 106; m Abtastleitungen (scan lines) 107, die parallel oder fast parallel zueinander angeordnet sind und deren Potentiale durch die erste Treiberschaltung 104 gesteuert werden; und n Signalleitungen 109, die parallel oder fast parallel zueinander angeordnet sind und deren Potentiale durch die zweite Treiberschaltung 106 gesteuert werden. Der Pixelabschnitt 100 beinhaltet eine Vielzahl von Pixeln 101, die in einer Matrix angeordnet sind. Die Halbleitervorrichtung beinhaltet auch Kondensatorleitungen 115 (nicht in Fig. 3 abgebildet). Die Kondensatorleitungen 115 sind parallel oder fast parallel zu den Abtastleitungen 107 oder den Signalleitungen 109 angeordnet.

[0020] Jede Abtastleitung 107 ist elektrisch mit den n Pixeln 101 in der entsprechenden Zeile unter den Pixeln 101, die in m Zeilen und n Spalten in dem Pixelabschnitt 100 angeordnet sind, verbunden. Jede Signalleitung 109 ist elektrisch mit den m Pixeln 101 in der entsprechenden Spalte unter den Pixeln 101, die in m Zeilen und n Spalten angeordnet sind, verbunden. Es sei angemerkt, dass m und n jeweils eine Ganzzahl von 1 oder größer sind. Jede Kondensatorleitung 115 ist elektrisch mit den n Pixeln 101 in der entsprechenden Zeile unter den Pixeln 101, die in m Zeilen und n Spalten angeordnet sind, verbunden. Es sei angemerkt, dass in dem Fall, in dem die Kondensatorleitungen 115 parallel oder fast parallel zu den Signalleitungen 109 angeordnet sind, jede Kondensatorleitung 115 elektrisch mit den m Pixeln 101 in der entsprechenden Spalte unter den Pixeln 101, die in m Zeilen und n Spalten angeordnet sind, verbunden ist.

[0021] Es sei angemerkt, dass die erste Treiberschaltung 104 eine Funktion zum Zuführen eines Signals zum Schalten eines Transistors, der mit der Abtastleitung 107 verbunden ist, haben und beispielsweise als Abtastleitungs-Treiberschaltung dienen kann. Des Weiteren kann die zweite Treiberschaltung 106 eine Funktion zum Zuführen eines Bildsignals zu einem Transistor, der mit der Signalleitung 109 verbunden ist, haben und beispielsweise als Signalleitungs-Treiberschaltung dienen. Es sei angemerkt, dass die erste Treiberschaltung 104 und die zweite Treiberschaltung 106 ohne Beschränkung darauf ein weiteres Signal zuführen können.

[0022] Da die Flüssigkristallanzeigevorrichtung als Beispiel bei dieser Ausführungsform beschrieben wird, werden der Einfachheit halber die Leitungen, die mit der ersten Treiberschaltung 104 verbunden sind, als Abtastleitung 107 bzw. Kondensatorleitung 115 bezeichnet und die Leitung, die mit der zweiten Treiberschaltung 106 verbunden ist, wird als Signalleitung 109 bezeichnet. Jedoch sind die Funktionen der Leitungen nicht durch die Namen begrenzt.

[0023] Fig. 1 zeigt eine Draufsicht, die ein Beispiel für eine Struktur des Pixels 101 darstellt, das in der vorstehenden Halbleitervorrichtung enthalten ist. Es sei angemerkt, dass ein Flüssigkristallelement und eine eines Paares von Elektroden, die mit dem Flüssigkristallelement verbunden sind, in Fig. 1 weggelassen sind.

[0024] In dem Pixel 101 in Fig. 1 erstreckt sich die Abtastleitung 107 in der Richtung, die im Wesentlichen senkrecht zu der Signalleitung 109 ist (in horizontaler Richtung in der Zeichnung). Die Signalleitung 109 erstreckt sich in der Richtung, die im Wesentlichen senkrecht zu der Abtastleitung 107 ist (in vertikaler Richtung in der Zeichnung). Die Kondensatorleitung 115 erstreckt sich in der Richtung, die parallel zu der Abtastleitung 107 ist. Es sei angemerkt, dass die Abtastleitung 107 elektrisch mit der ersten Treiberschaltung 104 verbunden ist (siehe Fig. 3) und dass die Abtastleitung 109 elektrisch mit der zweiten Treiberschaltung 106 verbunden ist (siehe Fig. 3).

[0025] Ein Transistor 103 ist in der Nähe eines Bereichs angeordnet, in dem die Abtastleitung 107 die Signalleitung 109 kreuzt. Der Transistor 103 beinhaltet zumindest einen Oxidhalbleiterfilm 111, der einen Kanalbildungsbereich aufweist, eine Gate-Elektrode, einen Gate-Isolierfilm (nicht in Fig. 1 abgebildet), eine Source-Elektrode und eine Drain-Elektrode. Ein Bereich der Abtastleitung 107, der sich mit dem Oxidhalbleiterfilm 111 überlappt, dient als Gate-Elektrode des Transistors 103. Ein Bereich der Signalleitung 109, der sich mit dem Oxidhalbleiterfilm 111 überlappt, dient als Source-Elektrode oder Drain-Elektrode des Transis-

tors 103. Ein Bereich eines leitenden Films 113, der sich mit dem Oxidhalbleiterfilm 111 überlappt, dient als die andere der Source-Elektrode und Drain-Elektrode des Transistors 103. Deshalb werden die Gate-Elektrode, die Source-Elektrode und die Drain-Elektrode in einigen Fällen als Abtastleitung 107, Signalleitung 109 bzw. leitender Film 113 bezeichnet. Darüber hinaus liegt in **Fig. 1** ein Rand der Abtastleitung 107 auf der äußeren Seite eines Randes des Oxidhalbleiterfilms 111, wenn man es von oben betrachtet. Also dient die Abtastleitung 107 als lichtblockierender Film zum Blockieren von Licht aus einer Lichtquelle, wie z. B. einer Hintergrundbeleuchtung. Aus diesem Grund wird der Oxidhalbleiterfilm 111, der in dem Transistor enthalten ist, nicht mit Licht bestrahlt, so dass Schwankungen der elektrischen Eigenschaften des Transistors verringert werden können.

[0026] Bei einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird vorzugsweise ein Oxidhalbleiter für den Oxidhalbleiterfilm 111 verwendet. Wenn ein Transistor unter Verwendung eines Oxidhalbleiters unter den optimalen Bedingungen hergestellt wird, kann der Sperrstrom des Transistors erheblich verringert werden, was zu einer Verringerung des Leistungsverbrauchs der Halbleitervorrichtung führt.

[0027] Es sei angemerkt, dass der Transistor, der einen Oxidhalbleiter enthält, der bei einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet wird, ein N-Kanal-Transistor ist. Sauerstofffehlstellen in einem Oxidhalbleiter könnten Ladungsträger erzeugen, was die elektrischen Eigenschaften und die Zuverlässigkeit des Transistors verschlechtern könnte. Beispielsweise verschiebt sich in einigen Fällen die Schwellenspannung des Transistors in negativer Richtung, und ein Drain-Strom fließt, wenn die Gate-Spannung 0 V ist. Ein Transistor, in dem ein Drain-Strom fließt, wenn die Gate-Spannung 0 V ist, wird als normalerweise eingeschalteter (normally on) Transistor bezeichnet, während ein Transistor, in dem im Wesentlichen kein Drain-Strom fließt, wenn die Gate-Spannung 0 V ist, als normalerweise ausgeschalteter (normally off) Transistor bezeichnet wird.

[0028] Folglich ist dann, wenn ein Oxidhalbleiter für den Oxidhalbleiterfilm 111 verwendet wird, bevorzugt, dass Defekte (typischerweise Sauerstofffehlstellen) in dem Oxidhalbleiterfilm 111 möglichst verringert werden. Es ist beispielsweise bevorzugt, dass die Spindichte (spin density) des Oxidhalbleiterfilms (die Dichte der Defekte in dem Oxidhalbleiterfilm) bei einem g-Faktor (g-value) von 1,93 bei einer Elektronenspinresonanzspektroskopie, wobei ein magnetisches Feld parallel zu der Filmoberfläche angelegt wird, auf niedriger als oder gleich der Detektionsuntergrenze eines Messgeräts verringert wird. Wenn die Defekte in dem Oxidhalbleiterfilm möglichst verringert werden, kann verhindert werden, dass sich der Transistor 103 „normalerweise eingeschaltet“ verhält, was zu einer Verbesserung der elektrischen Eigenschaften und der Zuverlässigkeit der Halbleitervorrichtung führt.

[0029] 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. Ein Teil von Wasserstoff in dem Oxidhalbleiter trägt zur Bildung von Donatorniveaus bei, so dass als Ladungsträger dienende Elektronen erzeugt werden. Daher verhält sich ein Transistor, der einen wasserstoffhaltigen Oxidhalbleiter enthält, hochwahrscheinlich „normalerweise eingeschaltet“.

[0030] Angesichts der vorstehenden Beschreibung ist dann, wenn ein Oxidhalbleiter für den Oxidhalbleiterfilm 111 verwendet wird, bevorzugt, dass Wasserstoff in dem Oxidhalbleiterfilm 111 möglichst verringert wird. Insbesondere wird der Oxidhalbleiterfilm 111 derart ausgebildet, dass er einen Bereich aufweist, in dem die Wasserstoffkonzentration, 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 und noch stärker bevorzugt niedriger als oder gleich 1×10^{16} Atome/cm³ ist.

[0031] Ferner wird der Oxidhalbleiterfilm 111 vorzugsweise derart ausgebildet, dass er einen Bereich aufweist, in dem die Konzentration von Alkalimetallen oder Erdalkalimetallen, die durch Sekundärionen-Massenspektrometrie (SIMS) gemessen wird, niedriger als oder gleich 1×10^{18} Atome/cm³, bevorzugt niedriger als oder gleich 2×10^{16} Atome/cm³ ist. Das liegt daran, dass ein Alkalimetall und ein Erdalkalimetall Ladungsträger erzeugen könnten, wenn sie an einen Oxidhalbleiter gebunden werden, in welchem Falle der Sperrstrom des Transistors 103 ansteigen könnte.

[0032] Des Weiteren werden dann, wenn Stickstoff in dem Oxidhalbleiterfilm 111 enthalten ist, als Ladungsträger dienende Elektronen erzeugt und die Ladungsträgerdichte steigt an, so dass der Halbleiterfilm leicht zu welchem vom N-Typ wird. Folglich verhält sich ein Transistor, der einen stickstoffhaltigen Oxidhalbleiter

enthält, hochwahrscheinlich „normalerweise eingeschaltet“. Aus diesem Grund wird vorzugsweise Stickstoff in dem Oxidhalbleiterfilm 111 möglichst verringert; zum Beispiel wird der Oxidhalbleiterfilm 111 vorzugsweise derart ausgebildet, dass er einen Bereich aufweist, in dem die Stickstoffkonzentration niedriger als oder gleich 5×10^{18} Atome/cm³ ist.

[0033] Wenn ein derartiger Oxidhalbleiterfilm, der durch Verringern der Verunreinigungen (wie z. B. Wasserstoff, Stickstoff, eines Alkalimetalls und eines Erdalkalimetalls) so viel wie möglich hochrein geworden ist, als der Oxidhalbleiterfilm 111 verwendet wird, kann verhindert werden, dass sich der Transistor 103 „normalerweise eingeschaltet“ verhält, so dass der Sperrstrom des Transistors 103 erheblich verringert werden kann. Folglich kann eine Halbleitervorrichtung mit guten elektrischen Eigenschaften hergestellt werden. Des Weiteren kann eine Halbleitervorrichtung mit verbesserter Zuverlässigkeit hergestellt werden.

[0034] Verschiedene Experimente können den kleinen Sperrstrom eines Transistors, der einen hochreinen Oxidhalbleiterfilm beinhaltet, belegen. Auch wenn zum Beispiel ein Element eine Kanalbreite von $1 \times 10^6 \mu\text{m}$ und eine Kanallänge (L) von $10 \mu\text{m}$ aufweist, kann der Sperrstrom kleiner als oder gleich der Messgrenze eines Halbleiterparameteranalysators, d. h. kleiner als oder gleich 1×10^{-13} A gemacht werden, wobei die Spannung (Drain-Spannung) zwischen der Source-Elektrode und der Drain-Elektrode 1 V bis 10 V ist. In diesem Fall kann gefunden werden, dass der Sperrstrom, der einem Wert entspricht, der durch Teilen des Sperrstroms durch die Kanalbreite des Transistors erhalten wird, 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 hochreiner Oxidhalbleiterfilm für einen Kanalbildungsbereich des Transistors verwendet, und der Sperrstrom des Transistors wurde gemäß einer Veränderung der Menge der Ladung des Kondensators pro Zeiteinheit gemessen. Als Ergebnis wurde gefunden, dass in dem Fall, in dem die Spannung zwischen der Source-Elektrode und Drain-Elektrode des Transistors 3 V war, ein sehr geringer Sperrstrom von mehreren Zehn Yoktoampere pro Mikrometer ($\text{yA}/\mu\text{m}$) erhalten werden konnte. Dementsprechend kann man sagen, dass der Transistor, der den hochreinen Oxidhalbleiterfilm beinhaltet, einen erheblich kleinen Sperrstrom aufweist.

[0035] In Fig. 1 ist der leitende Film 113 durch eine Öffnung 117 elektrisch mit einer Pixelelektrode 121 verbunden. Die Pixelelektrode 121 ist eine eines Paares von Elektroden des Flüssigkristallelements und wird unter Verwendung eines lichtdurchlässigen leitenden Films ausgebildet.

[0036] Ein Kondensator 105 wird unter Verwendung des Folgenden hergestellt: eines Halbleiterfilms 119, der aus einem lichtdurchlässigen Oxidhalbleiter ausgebildet und als eine Elektrode verwendet wird; der lichtdurchlässigen Pixelelektrode 121, die als die andere Elektrode verwendet wird; und eines lichtdurchlässigen isolierenden Films (nicht in Fig. 1 abgebildet), der in dem Transistor 103 enthalten ist und als dielektrischer Film verwendet wird. Das heißt, dass der Kondensator 105 Licht durchlässt. Zudem ist der Halbleiterfilm 119, der als eine Elektrode des Kondensators 105 verwendet wird, durch eine Öffnung 123 elektrisch mit der Kondensatorleitung 115 verbunden.

[0037] Da wie oben beschrieben der Kondensator 105 Licht durchlässt, kann Licht durch einen Bereich, in dem das Flüssigkristallelement den Kondensator 105 überlappt, hindurch treten. Dementsprechend wird ein hohes Öffnungsverhältnis von z. B. 55 % oder mehr oder 60 % oder mehr erzielt, auch wenn der Kondensator 105 eine große Fläche in dem Pixel 101 besetzt. Es ist auch möglich, eine Halbleitervorrichtung zu erhalten, die den Kondensator mit erhöhter Ladekapazität beinhaltet.

[0038] Beispielsweise wird bei einer Flüssigkristallanzeigevorrichtung mit hoher Auflösung die Fläche eines Pixels selbst verkleinert; es gibt jedoch eine Begrenzung der Verkleinerung der Pixelfläche, da ein Kondensator eine Ladekapazität halten muss. Dies verursacht eine Abnahme des Öffnungsverhältnisses einer Flüssigkristallanzeigevorrichtung mit hoher Auflösung. Andererseits lässt der Kondensator 105, der bei dieser Ausführungsform gezeigt wird, Licht durch; deshalb kann das Öffnungsverhältnis jedes Pixels, das den Kondensator 105 beinhaltet, erhöht werden, während genug Ladekapazität aufrechterhalten wird. Es ist typischerweise bevorzugt, dass der Kondensator 105 für eine hochauflösende Flüssigkristallanzeigevorrichtung mit einer Pixeldichte von 200 ppi oder mehr oder 300 ppi oder mehr verwendet wird. Überdies findet eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, die eine Erhöhung des Öffnungsverhältnisses ermöglicht, eine effiziente Verwendung von Licht aus einer Lichtquelle, wie z. B. einer Hintergrundbeleuchtung, und erzielt eine Verringerung des Leistungsverbrauchs der Anzeigevorrichtung.

[0039] Fig. 2 zeigt einen Querschnitt entlang den Strich-Punkt-Linien A1-A2, B1-B2 und C1-C2 in Fig. 1 und einen Querschnitt eines Transistors, der für die erste Treiberschaltung 104 in Fig. 3 verwendet wird. Es sei angemerkt, dass die Draufsicht der ersten Treiberschaltung 104 weggelassen ist und dass der Querschnitt der ersten Treiberschaltung 104 durch D1-D2 in Fig. 2 dargestellt ist. Der Transistor, der für die erste Treiberschaltung 104 verwendet wird, kann auch für die zweite Treiberschaltung 106 verwendet werden.

[0040] Zuerst wird die Querschnittsstruktur des Pixels 101 entlang den Strich-Punkt-Linien A1-A2, B1-B2 und C1-C2 beschrieben.

[0041] Ein isolierender Nitridfilm 110 ist über einem Substrat 102 angeordnet, und die Abtastleitung 107 einschließlich der Gate-Elektrode des Transistors 103 und die Kondensatorleitung 115, die auf der gleichen Oberfläche wie die Abtastleitung 107 liegt, sind über dem isolierenden Nitridfilm 110 angeordnet. Ein Gate-Isolierfilm 127 ist über der Abtastleitung 107 und der Kondensatorleitung 115 angeordnet, und der Oxidhalbleiterfilm 111 ist über der Abtastleitung 107 angeordnet, wobei der Gate-Isolierfilm 127 dazwischen liegt. Die Signalleitung 109 einschließlich der Source-Elektrode oder Drain-Elektrode des Transistors 103 und der leitende Film 113 einschließlich der anderen der Source-Elektrode und Drain-Elektrode des Transistors 103 sind über dem Oxidhalbleiterfilm 111 und dem Gate-Isolierfilm 127 angeordnet. Der Gate-Isolierfilm 127 weist die Öffnung 123 (siehe Fig. 1) auf, die die Kondensatorleitung 115 und den isolierenden Nitridfilm 110 erreicht, und der Halbleiterfilm 119 ist angeordnet, um die Öffnung zu bedecken. Ein isolierender Film 129, ein isolierender Film 131 und ein isolierender Film 132, welche als isolierende Schutzfilme des Transistors 103 dienen, sind über dem Gate-Isolierfilm 127, der Signalleitung 109, dem Oxidhalbleiterfilm 111, dem leitenden Film 113 und dem Halbleiterfilm 119 angeordnet. Die isolierenden Filme 129, 131 und 132 weisen die Öffnung 117 (siehe Fig. 1) auf, die den leitenden Film 113 erreicht, und die Pixelelektrode 121 (siehe Fig. 1) ist angeordnet, um die Öffnung zu bedecken.

[0042] Bei dieser Ausführungsform ist eine eines Paares von Elektroden des Kondensators 105 der Halbleiterfilm 119, der im gleichen Schritt wie der Oxidhalbleiterfilm 111 ausgebildet wird, die andere der Elektroden ist die Pixelelektrode 121, und ein dielektrischer Film zwischen dem Paar von Elektroden umfasst die isolierenden Filme 129, 131 und 132.

[0043] Der Halbleiterfilm 119 ist angeordnet, um die Öffnung 123 zu bedecken, und steht zum großen Teil in Kontakt mit dem isolierenden Nitridfilm 110. Eine große Menge Stickstoff und Wasserstoff, die in dem isolierenden Nitridfilm 110 enthalten sind, können in den Halbleiterfilm 119 diffundieren. In dem Fall, in dem ein Oxidhalbleiter für den Halbleiterfilm 119 verwendet wird, trägt ein Teil von Stickstoff und Wasserstoff, die in den Oxidhalbleiter eintreten, zur Bildung von Donatorniveaus bei, so dass Ladungsträger erzeugt werden. Dementsprechend wird eine N-Typ-Oxidhalbleiterschicht erhalten und die Leitfähigkeit kann erhöht werden. Das heißt, dass der Halbleiterfilm 119 auch als leitender Film betrachtet und als eine Elektrode des Kondensators 105 verwendet werden kann. Eine Wärmebehandlung in dem Herstellungsprozess fördert eine weitere Diffusion von Stickstoff und Wasserstoff, die in dem isolierenden Nitridfilm enthalten sind, in den Halbleiterfilm 119.

[0044] Es sei angemerkt, dass es zu bevorzugen ist, dass der als leitender Film dienende Halbleiterfilm 119 eine Wasserstoffkonzentration, die höher ist als diejenige in dem Oxidhalbleiterfilm 111, aufweist. In dem Halbleiterfilm 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 und 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 oder gleich 5×10^{19} Atome/cm³, bevorzugt niedriger als oder gleich 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 und sogar noch stärker bevorzugt niedriger als oder gleich 1×10^{16} Atome/cm³.

[0045] Der spezifische Widerstand des als leitender Film dienenden Halbleiterfilms 119 ist niedriger als derjenige des Oxidhalbleiterfilms 111. Der spezifische Widerstand des Halbleiterfilms 119 ist bevorzugt mehr als oder gleich dem 1×10^{-8} -Fachen und weniger als oder gleich dem 1×10^{-1} -Fachen des spezifischen Widerstands des Oxidhalbleiterfilms 111. Der spezifische Widerstand des Halbleiterfilms 119 ist typischerweise höher als oder gleich 1×10^{-3} Ωcm und niedriger als 1×10^4 Ωcm, bevorzugt höher als oder gleich 1×10^{-3} Ωcm und niedriger als 1×10^{-1} Ωcm.

[0046] Der isolierende Nitridfilm 110 trägt auf die oben beschriebene Weise zur Ausbildung der N-Typ-Oxidhalbleiterschicht bei und dient auch als Basisfilm zum Verhindern des Eintritts von Verunreinigungen aus dem Substrat 102 in den Gate-Isolierfilm 127 oder den Halbleiterfilm 119.

[0047] Es sei angemerkt, dass ein isolierender Nitridfilm oder dergleichen selektiv über dem Halbleiterfilm 119 ausgebildet werden kann und dass ein Bereich, der in Kontakt mit dem isolierenden Nitridfilm steht, selektiv über dem Halbleiterfilm 119 bereitgestellt werden kann. Alternativ kann eine Öffnung in dem isolierenden Film 131 bereitgestellt werden, und ein Siliziumnitridfilm oder der isolierende Film 132 kann über dem isolierenden Film 131 angeordnet werden. In diesem Fall ist bevorzugt, dass der Siliziumnitridfilm nicht in direktem Kontakt mit einem Kanalbereich des Oxidhalbleiterfilms 111 steht.

[0048] Es sei angemerkt, dass ein Halbleiterfilm, der im gleichen Schritt wie der Halbleiterfilm 119 ausgebildet wird, zum Herstellen eines Widerstands verwendet werden kann. Ferner kann eine Schutzschaltung unter Verwendung des Widerstands ausgebildet werden. Die Schutzschaltung gewährt Schutz gegen Schäden durch statische Elektrizität oder dergleichen.

[0049] Als nächstes wird die Struktur des Transistors beschrieben, der in der ersten Treiberschaltung 104 angeordnet ist.

[0050] Der isolierende Nitridfilm 110 ist über dem Substrat 102 angeordnet, und eine Gate-Elektrode 227 eines Transistors 223 ist über dem isolierenden Nitridfilm angeordnet. Der Gate-Isolierfilm 127 ist über der Gate-Elektrode 227 angeordnet, und ein Oxidhalbleiterfilm 231 ist über der Gate-Elektrode 227 angeordnet, wobei der Gate-Isolierfilm 127 dazwischen liegt. Eine Leitung 229, die als Source-Elektrode oder Drain-Elektrode des Transistors 223 dient, und eine Leitung 233, die als die andere der Source-Elektrode und der Drain-Elektrode dient, sind über dem Oxidhalbleiterfilm 231 und dem Gate-Isolierfilm 127 angeordnet. Die isolierenden Filme 129, 131 und 132, welche als isolierende Schutzfilme des Transistors 223 dienen, sind über dem Gate-Isolierfilm 127, der Leitung 229, dem Oxidhalbleiterfilm 231 und der Leitung 233 angeordnet. Ein leitender Film 241 ist über dem isolierenden Film 132 angeordnet. Es sei angemerkt, dass der Transistor in der ersten Treiberschaltung 104 nicht notwendigerweise den leitenden Film 241 beinhaltet.

[0051] Der Transistor 223 beinhaltet den leitenden Film 241, der die Gate-Elektrode 227 überlappt, wobei der Oxidhalbleiterfilm 231 dazwischen liegt, so dass es möglich ist, Schwankungen der Schwellenspannung bei verschiedenen Drain-Spannungen zu verringern. Es ist auch möglich, einen Strom, der zwischen der Leitung 229 und der Leitung 233 an einer dem leitenden Film 241 zugewandten Oberfläche des Oxidhalbleiterfilms 231 fließt, zu steuern, wodurch Schwankungen der elektrischen Eigenschaften zwischen Transistoren verringert werden können. Außerdem erlaubt der leitende Film 241, dass der Oxidhalbleiterfilm 231 von einer Veränderung eines umgebenden elektrischen Feldes weniger beeinflusst wird, was zu einer Verbesserung der Zuverlässigkeit des Transistors führt. Darüber hinaus können dann, wenn das Potential des leitenden Films 241 gleich oder fast gleich dem minimalen Potential (V_{ss} ; beispielsweise dem Potential der Leitung 229 in dem Fall, in dem das Potential der Leitung 229 ein Bezugspotential ist) ist, Schwankungen der Schwellenspannung des Transistors verringert werden und die Zuverlässigkeit des Transistors kann verbessert werden.

[0052] Es sei angemerkt, dass ein isolierender Film, der sich von dem isolierenden Nitridfilm 110 unterscheidet, zwischen dem Substrat 102 und dem isolierenden Nitridfilm 110 angeordnet sein kann. Der isolierende Film, der über den Halbleiterfilmen 111, 119 und 231 angeordnet ist, ist nicht auf den vorgegebenen dreischichtigen Film beschränkt und kann eine Struktur aus einer, zwei, vier oder mehr Schichten haben.

[0053] Die Bestandteile der vorgegebenen Struktur werden dann ausführlich beschrieben.

[0054] Es gibt keine besondere Beschränkung bezüglich des Materials und dergleichen des Substrates 102, solange das Material eine Wärmebeständigkeit aufweist, die hoch genug ist, um zumindest einer in einem Herstellungsprozess der Halbleitervorrichtung durchgeführten 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 nicht-lichtdurchlässiges Substrat, wie z. B. ein Edelstahllegierungssubstrat, verwendet werden, in welchem Falle eine Oberfläche des Substrats vorzugsweise mit einem isolierenden Film versehen ist. Als das Substrat 102 kann alternativ eines des Folgenden verwendet werden: ein Quarzsubstrat, ein Saphirsubstrat, ein einkristallines

Halbleitersubstrat, ein polykristallines Halbleitersubstrat, ein Verbindungshalbleitersubstrat, ein Substrat aus Silizium auf einem Isolator (silicon on Insulator, SOI) und dergleichen.

[0055] Der isolierende Nitridfilm 110 kann unter Verwendung eines isolierenden Nitridmaterials, wie z. B. Siliziumnitridoxid, Siliziumnitrid, Aluminiumnitrid oder Aluminiumnitridoxid, derart ausgebildet werden, dass er eine einschichtige Struktur oder eine mehrschichtige Struktur hat. Ein Teil des isolierenden Nitridfilms 110 weist eine Dicke von 30 nm bis 500 nm, bevorzugt 150 nm bis 400 nm auf.

[0056] Die Abtastleitung 107, die Kondensatorleitung 115 und die Gate-Elektrode 227 werden vorzugsweise unter Verwendung eines niederohmigen Metallfilms ausgebildet, um den Verlust durch den Widerstand zu verringern. Die Abtastleitung 107, die Kondensatorleitung 115 und die Gate-Elektrode 227 können derart ausgebildet werden, dass sie eine einschichtige Struktur oder eine mehrschichtige Struktur haben, bei der ein beliebiges Metallmaterial, wie z. B. Molybdän (Mo), Titan (Ti), Wolfram (W), Tantal (Ta), Aluminium (Al), Kupfer (Cu), Chrom (Cr), Neodym (Nd) oder Scandium (Sc), oder ein Legierungsmaterial, das ein beliebiges dieser Materialien als Hauptkomponente enthält, verwendet wird.

[0057] Die Abtastleitung 107, die Kondensatorleitung 115 und die Gate-Elektrode 227 können beispielsweise eine einschichtige Struktur, bei der siliziumhaltiges Aluminium verwendet wird, 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 Wolfram über Tantalnitrid 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, haben.

[0058] Die Abtastleitung 107, die Kondensatorleitung 115 und die Gate-Elektrode 227 werden vorzugsweise unter Verwendung von z. B. Aluminium oder Kupfer, welches ein niederohmiges Material ist, ausgebildet. Wenn Aluminium oder Kupfer verwendet wird, wird Signalverzögerung verringert und die Anzeigequalität kann verbessert werden. Es sei angemerkt, dass Aluminium niedrige Wärmebeständigkeit aufweist und daher dazu neigt, Defekte infolge eines Buckels, eines Haarkristalls (Whisker) oder einer Wanderung zu verursachen. Um die Wanderung von Aluminium zu verhindern, wird vorzugsweise ein Metallmaterial mit einem höheren Schmelzpunkt als Aluminium, wie z. B. Molybdän, Titan oder Wolfram, über Aluminium gestapelt. Auch wenn Kupfer verwendet wird, wird vorzugsweise ein Metallmaterial mit einem höheren Schmelzpunkt als Kupfer, wie z. B. Molybdän, Titan oder Wolfram, über Kupfer gestapelt, um einen Defekt infolge einer Wanderung und Diffusion der Kupferelemente zu vermeiden.

[0059] Die Abtastleitung 107, die Kondensatorleitung 115 und die Gate-Elektrode 227 können auch unter Verwendung eines lichtdurchlässigen leitenden Materials, das für die Pixelelektrode 121 verwendet werden kann, ausgebildet werden. Es sei angemerkt, dass in dem Fall, in dem die Halbleitervorrichtung nach einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung eine reflektierende Anzeigevorrichtung ist, ein nicht-lichtdurchlässiges leitendes Material für die Pixelelektrode 121 oder das Substrat 102 verwendet werden kann.

[0060] Außerdem können die Abtastleitung 107, die Kondensatorleitung 115 und die Gate-Elektrode 227 teilweise unter Verwendung eines stickstoffhaltigen Metalloxids, insbesondere eines stickstoffhaltigen Oxids auf In-Ga-Zn-Basis, eines stickstoffhaltigen Oxids auf In-Sn-Basis, eines stickstoffhaltigen Oxids auf In-Ga-Basis, eines stickstoffhaltigen Oxids auf In-Zn-Basis, eines stickstoffhaltigen Oxids auf Sn-Basis, eines stickstoffhaltigen Oxids auf In-Basis oder eines Metallnitrid- (InN-, SnN- oder dergleichen) Films ausgebildet werden. Diese Materialien haben jeweils eine Austrittsarbeit von höher als oder gleich 5 eV (Elektronenvolt). In dem Fall, in dem der Oxidhalbleiterfilm 111 des Transistors 103 unter Verwendung eines Oxidhalbleiters ausgebildet wird, ermöglicht es die Verwendung eines stickstoffhaltigen Metalloxids für die Abtastleitung 107 (die Gate-Elektrode des Transistors 103), die Schwellenspannung des Transistors 103 in positiver Richtung zu verschieben; das heißt, dass der Transistor „normalerweise ausgeschaltet“-Verhalten zeigen kann. In dem Fall, in dem beispielsweise ein stickstoffhaltiges Oxid auf In-Ga-Zn-Basis verwendet wird, ist es möglich, ein Oxid auf In-Ga-Zn-Basis mit einer Stickstoffkonzentration, die zumindest höher ist als diejenige in dem Oxidhalbleiterfilm 111, zu verwenden; insbesondere kann ein Oxid auf In-Ga-Zn-Basis mit einer Stickstoffkonzentration von 7 Atom-% oder höher verwendet werden.

[0061] Der Gate-Isolierfilm 127 wird derart ausgebildet, dass er eine einschichtige Struktur oder eine mehrschichtige Struktur hat, bei der beispielsweise ein beliebiges isolierendes Material, wie z. B. Siliziumoxid, Siliziumoxynitrid, Siliziumnitridoxid, Siliziumnitrid, Aluminiumoxid, Hafniumoxid, Galliumoxid oder ein Metalloxid auf Ga-Zn-Basis, verwendet wird. Um die Eigenschaften der Grenzfläche zwischen dem Gate-Isolierfilm 127

und dem Oxidhalbleiterfilm 111 zu verbessern, wird ein Bereich in dem Gate-Isolierfilm 127, der zumindest in Kontakt mit dem Oxidhalbleiterfilm 111 steht, vorzugsweise unter Verwendung eines sauerstoffhaltigen isolierenden Films ausgebildet.

[0062] Unter Verwendung eines isolierenden Films mit einer Barriereeigenschaft gegen Sauerstoff, Wasserstoff, Wasser und dergleichen für den Gate-Isolierfilm 127 ist es ferner möglich, Diffusion von Sauerstoff aus dem Oxidhalbleiterfilm 111 nach außen und Eintritt von Wasserstoff, Wasser oder dergleichen von außen in den Oxidhalbleiterfilm zu verhindern. Beispiele für den isolierenden Film mit einer Barriereeigenschaft gegen Sauerstoff, Wasserstoff, Wasser und dergleichen sind ein Aluminiumoxidfilm, ein Aluminiumoxynitridfilm, ein Galliumoxidfilm, ein Galliumoxynitridfilm, ein Yttriumoxidfilm, ein Yttriumoxynitridfilm, ein Hafniumoxidfilm, ein Hafniumoxynitridfilm und ein Siliziumnitridfilm.

[0063] 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, in welchem Falle der Gate-Leckstrom des Transistors 103 verringert werden kann.

[0064] Der Gate-Isolierfilm 127 hat vorzugsweise die folgende geschichtete Struktur. Es ist bevorzugt, dass als erster Siliziumnitridfilm ein Siliziumnitridfilm mit geringen Defekten angeordnet ist, dass ein Siliziumnitridfilm, aus dem nur wenig Wasserstoff und Ammoniak abgegeben werden, als zweiter Siliziumnitridfilm über dem ersten Siliziumnitridfilm angeordnet ist und dass einer der sauerstoffhaltigen isolierenden Filme, die als diejenigen für den Gate-Isolierfilm 127 genannt worden sind, über dem zweiten Siliziumnitridfilm angeordnet ist.

[0065] Als zweiter Siliziumnitridfilm wird vorzugsweise ein Siliziumnitridfilm verwendet, der durch thermische Desorptionsspektroskopie Wasserstoffmoleküle weniger als 5×10^{21} Moleküle/cm³, bevorzugt weniger als oder gleich 3×10^{21} Moleküle/cm³ und stärker bevorzugt weniger als oder gleich 1×10^{21} Moleküle/cm³ und Ammoniakmoleküle weniger als 1×10^{22} Moleküle/cm³, bevorzugt weniger als oder gleich 5×10^{21} Moleküle/cm³ und stärker bevorzugt weniger als oder gleich 1×10^{21} Moleküle/cm³ abgibt. Wenn der erste Siliziumnitridfilm und der zweite Siliziumnitridfilm als Teil des Gate-Isolierfilms 127 verwendet werden, kann der Gate-Isolierfilm 127 ein Film sein, der geringe Defekte aufweist und aus dem nur wenig Wasserstoff und Ammoniak abgegeben werden. Folglich ist es möglich, die Menge an Wasserstoff und Stickstoff, die in dem Gate-Isolierfilm 127 enthalten sind und dann in den Oxidhalbleiterfilm 111 eintreten, zu verringern.

[0066] In dem Fall, in dem die Haftterme (trap levels) (auch als Grenzflächenzustände bezeichnet) an der Grenzfläche zwischen einem Oxidhalbleiterfilm und einem Gate-Isolierfilm oder in dem Gate-Isolierfilm in einem Transistor, der einen Oxidhalbleiter enthält, vorhanden sind, ist hochwahrscheinlich, dass eine Verschiebung der Schwellenspannung des Transistors auftritt, typischerweise eine negative Verschiebung der Schwellenspannung. Die Haftterme verursachen auch einen Anstieg des Sub-Schwellenwert-Hubs (sub-threshold swing) (S-Werts bzw. S value), der eine Gate-Spannung zum Ändern des Drain-Stroms um eine Stelle beim Einschalten des Transistors zeigt. Es besteht auch ein Problem darin, dass die elektrischen Eigenschaften nicht gleichmäßig schwanken, sondern unter Transistoren verschieden sind. Deshalb kann dann, wenn ein Siliziumnitridfilm mit geringen Defekten als Gate-Isolierfilm verwendet wird und ein sauerstoffhaltiger isolierender Film in Kontakt mit dem Oxidhalbleiterfilm 111 angeordnet wird, eine negative Verschiebung der Schwellenspannung vermindert werden und ein Anstieg des S-Werts kann minimiert werden.

[0067] 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 und stärker bevorzugt größer als oder gleich 50 nm und kleiner als oder gleich 250 nm.

[0068] Es ist bevorzugt, dass ein Oxidhalbleiterfilm als der Oxidhalbleiterfilm 111, der Halbleiterfilm 119 und der Oxidhalbleiterfilm 231 verwendet wird. Der Oxidhalbleiterfilm kann amorph, einkristallin oder polykristallin sein. Die Dicke eines Teils 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 und noch stärker bevorzugt größer als oder gleich 3 nm und kleiner als oder gleich 20 nm.

[0069] Der Oxidhalbleiter, der für die Halbleiterfilme 111, 119 und 231 verwendet werden kann, weist eine Energielücke von 2 eV oder mehr, bevorzugt 2,5 eV oder mehr und stärker bevorzugt 3 eV oder mehr und weniger als 3,9 eV, bevorzugt weniger als 3,7 eV und stärker bevorzugt weniger als 3,5 eV auf. Die Verwen-

dung eines derartigen Oxidhalbleiters mit einer großen Energielücke kann den Sperrstrom des Transistors 103 verringern. Zusätzlich weist ein derartiger Oxidhalbleiter einen hohen Transmissionsgrad für sichtbares Licht auf und kann für eine Elektrode des Kondensators 105 verwendet werden, so dass der Kondensator 105 Licht durchlässt, was zu einer Erhöhung des Öffnungsverhältnisses eines Pixels in einer Flüssigkristallanzeigevorrichtung oder dergleichen führt.

[0070] Wenn der Oxidhalbleiterfilm N-Typ-Leitfähigkeit aufweist, kann die optische Bandlücke des Oxidhalbleiterfilms größer als oder gleich 2,4 eV und kleiner als oder gleich 3,1 eV oder größer als oder gleich 2,6 eV und kleiner als oder gleich 3,0 eV sein. In dem Fall, in dem ein Oxidhalbleiterfilm, der als der Halbleiterfilm 119 verwendet wird, beispielsweise ein Metalloxidfilm auf In-Ga-Zn-Basis mit einem Atomverhältnis von In: Ga: Zn = 1:1:1 ist, weist der Oxidhalbleiterfilm eine optische Bandlücke von 3,15 eV auf. Ferner weist ein Indiumzinnoxid, welches für die Pixelelektrode 121 oder dergleichen verwendet wird, eine optische Bandlücke von 3,7 eV bis 3,9 eV auf. Folglich können sichtbares Licht mit der höchsten Energie und UV-Licht, welche durch die Pixelelektrode 121 hindurch treten, in dem Halbleiterfilm 119 absorbiert werden. Da man sich um Schäden durch das sichtbare Licht mit der höchsten Energie und das UV-Licht an den Augen gesorgt hat, kann man sagen, dass die Halbleitervorrichtung, die den lichtdurchlässigen Kondensator 105 in dem Pixel 101 beinhaltet, eine augenfreundliche Vorrichtung ist. Es sei angemerkt, dass der Kondensator 105 nicht notwendigerweise die ganze Fläche des Pixels 101 überlappt. Das sichtbare Licht mit der höchsten Energie und das UV-Licht können absorbiert werden, wenn der Kondensator 105 zumindest einen Teil des Pixels 101 überlappt.

[0071] Der Oxidhalbleiter, der für die Halbleiterfilme 111, 119 und 231 verwendet wird, enthält vorzugsweise zumindest Indium (In) oder Zink (Zn). Alternativ enthält der Oxidhalbleiter vorzugsweise sowohl In als auch Zn. 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/o-der Zn.

[0072] Beispiele für die Stabilisatoren sind Gallium (Ga), Zinn (Sn), Hafnium (Hf), Aluminium (Al) und Zirkonium (Zr). Weitere Beispiele für die Stabilisatoren sind 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).

[0073] Für den Oxidhalbleiter, der für die Halbleiterfilme 111, 119 und 231 verwendet werden kann, kann beispielsweise das Folgende verwendet werden: ein Indiumoxid; ein Zinnoxid; ein 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 Oxid auf In-Sm-Zn-Basis, ein Oxid auf In-Eu-Zn-Basis, ein Oxid auf In-Gd-Zn-Basis, ein Oxid auf In-Tb-Zn-Basis, ein Oxid auf In-Dy-Zn-Basis, ein Oxid auf In-Ho-Zn-Basis, ein Oxid auf In-Er-Zn-Basis, ein Oxid auf In-Tm-Zn-Basis, ein Oxid auf In-Yb-Zn-Basis 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.

[0074] Hier bezeichnet ein „Oxid auf In-Ga-Zn-Basis“ ein Oxid, das In, Ga und Zn als Hauptkomponenten enthält, und es gibt keine besondere Beschränkung bezüglich des Verhältnisses von In, Ga und Zn. Ferner kann das Oxid auf In-Ga-Zn-Basis ein Metallelement enthalten, das von In, Ga und Zn verschieden ist.

[0075] Alternativ kann ein Material, das durch $\text{InMO}_3(\text{ZnO})_m$ ($m > 0$) 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 als Stabilisator dienende Element darstellt.

[0076] Beispielsweise kann ein Metalloxid auf In-Ga-Zn-Basis, das ein Atomverhältnis von In: Ga: Zn = 1:1:1 (= $1/3:1/3:1/3$), In: Ga: Zn = 2:2:1 (= $2/5:2/5:1/5$) oder In: Ga: Zn = 3:1:2 (= $1/2:1/6:1/3$) aufweist, verwendet werden. Alternativ kann ein Metalloxid auf In-Sn-Zn-Basis, das ein Atomverhältnis von In: Sn: Zn = 1:1:1 (= $1/3:1/3:1/3$), In: Sn: Zn = 2:1:3 (= $1/3:1/6:1/2$) oder In: Sn: Zn = 2:1:5 (= $1/4:1/8:5/8$) aufweist, verwendet wer-

den. Es sei angemerkt, dass der Anteil jedes Atoms in dem Atomverhältnis des Metalloxids im Fehlerbereich von ± 20 % schwankt.

[0077] Es sei angemerkt, dass ohne Beschränkung auf die oben angegebenen Materialien ein Material mit einem geeigneten Atomverhältnis je nach den Halbleitereigenschaften und elektrischen Eigenschaften (Feldeffektbeweglichkeit, Schwellenspannung und dergleichen) verwendet werden kann. Um erforderliche Halbleitereigenschaften zu erhalten, ist ferner bevorzugt, dass die Ladungsträgerdichte, die Verunreinigungskonzentration, die Defektdichte, das Atomverhältnis eines Metallelements zu Sauerstoff, der Atomabstand, die Dichte oder dergleichen auf einen geeigneten Wert eingestellt wird. Beispielsweise wird im Fall der Verwendung eines Oxids auf In-Sn-Zn-Basis eine hohe Feldeffektbeweglichkeit relativ einfach erzielt. Auch im Fall der Verwendung eines Oxids auf In-Ga-Zn-Basis kann die Feldeffektbeweglichkeit erhöht werden, indem die Defektdichte in einem Körper (bulk) verringert wird.

[0078] Die Signalleitung 109 einschließlich der Source-Elektrode oder Drain-Elektrode des Transistors 103, der leitende Film 113 einschließlich der anderen der Source-Elektrode und Drain-Elektrode des Transistors 103 und die Leitungen 229 und 233 können derart ausgebildet werden, dass sie eine einschichtige Struktur oder eine mehrschichtige Struktur haben, bei der ein beliebiges der Materialien, die für die Abtastleitung 107, die Kondensatorleitung 115 und die Gate-Elektrode 227 verwendet werden können, verwendet wird.

[0079] Die isolierenden Filme 129 und 131 können derart ausgebildet werden, dass sie eine einschichtige Struktur oder eine mehrschichtige Struktur haben, bei der beispielsweise ein beliebiges isolierendes Oxidmaterial, wie z. B. Siliziumoxid, Siliziumoxynitrid, Aluminiumoxid, Hafniumoxid, Galliumoxid oder ein Metalloxid auf Ga-Zn-Basis, verwendet wird.

[0080] Ein Teil des isolierenden Films 129 weist eine Dicke von 5 nm bis 150 nm, bevorzugt 5 nm bis 50 nm und stärker bevorzugt 10 nm bis 30 nm auf. Ein Teil des isolierenden Films 131 weist eine Dicke von 30 nm bis 500 nm, bevorzugt 150 nm bis 400 nm auf.

[0081] Des Weiteren ist/sind einer oder beide der isolierenden Filme 129 und 131 vorzugsweise ein isolierender Oxidfilm, in dem der Sauerstoffgehalt höher ist als derjenige in der stöchiometrischen Zusammensetzung. In diesem Fall kann verhindert werden, dass Sauerstoff aus dem Oxidhalbleiterfilm abgegeben wird, und der Sauerstoff in einem Sauerstoffüberschussbereich kann in den Oxidhalbleiterfilm diffundieren, um Sauerstofffehlstellen zu füllen. Die Sauerstofffehlstellen in dem Oxidhalbleiterfilm können beispielsweise unter Verwendung eines isolierenden Oxidfilms mit dem folgenden Kennzeichen gefüllt werden: die Anzahl der Sauerstoffmoleküle, die durch eine Wärmebehandlung bei einer Temperatur von höher als oder gleich 100 °C und niedriger als oder gleich 700 °C, bevorzugt höher als oder gleich 100 °C und niedriger als oder gleich 500 °C aus dem isolierenden Oxidfilm abgegeben werden, ist größer als oder gleich $1,0 \times 10^{18}$ Moleküle/cm³, wenn die Messung durch thermische Desorptionsspektroskopie (thermal desorption spectroscopy) (nachstehend als TDS bezeichnet) vorgenommen wird. Es sei angemerkt, dass ein isolierender Oxidfilm, der teilweise einen Bereich aufweist, in dem der Sauerstoffgehalt höher ist als derjenige in der stöchiometrischen Zusammensetzung (Sauerstoffüberschussbereich), als einer oder beide der isolierenden Filme 129 und 131 verwendet werden kann. Wenn sich ein derartiger Sauerstoffüberschussbereich in einem Bereich, der zumindest den Oxidhalbleiterfilm 111 überlappt, befindet, wird verhindert, dass Sauerstoff aus dem Oxidhalbleiterfilm abgegeben wird, und der Sauerstoff in dem Sauerstoffüberschussbereich kann in den Oxidhalbleiterfilm diffundieren, um Sauerstofffehlstellen zu füllen.

[0082] In dem Fall, in dem der isolierende Film 131 ein isolierender Oxidfilm ist, in dem der Sauerstoffgehalt höher ist als derjenige in der stöchiometrischen Zusammensetzung, ist der isolierende Film 129 vorzugsweise ein isolierender Oxidfilm, durch den hindurch Sauerstoff tritt. Sauerstoff, der von außen in den isolierenden Film 129 eintritt, tritt nicht vollständig durch den isolierenden Film 129 hindurch und diffundiert darin, und ein Teil davon verbleibt in dem isolierenden Film 129. Außerdem gibt es Sauerstoff, der in dem isolierenden Film 129 von Anfang an enthalten ist und aus dem isolierenden Film 129 nach außen diffundiert. Daher weist der isolierende Film 129 vorzugsweise einen hohen Sauerstoff-Diffusionskoeffizienten auf.

[0083] Da der isolierende Film 129 in Kontakt mit den Halbleiterfilmen 111 und 231, die Oxidhalbleiterfilme sind, steht, ist der isolierende Film 129 vorzugsweise ein isolierender Oxidfilm, durch den hindurch Sauerstoff tritt und der einen niedrigen Grenzflächenzustand, d. h. Haftterm, an der Grenzfläche zu den Halbleiterfilmen 111 und 231 auf. Beispielsweise ist der isolierende Film 129 vorzugsweise ein isolierender Oxidfilm mit einer niedrigeren Defektdichte als der isolierende Film 131. Insbesondere ist die Spindichte des isolierenden Oxidfilms bei einem g-Faktor von 2,001 (E'-center), welche durch Elektronenspinresonanzspektroskopie gemes-

sen wird, niedriger als oder gleich $3,0 \times 10^{17}$ Spins/cm³, bevorzugt niedriger als oder gleich $5,0 \times 10^{16}$ Spins/cm³. Die Spindichte bei einem g-Faktor von 2,001, welche durch Elektronenspinresonanzspektroskopie gemessen wird, entspricht der Anzahl von offenen Bindungen in dem isolierenden Film 129.

[0084] Ferner ist/sind einer oder beide der isolierenden Filme 129 und 131 vorzugsweise ein isolierender Film mit einer Barriereeigenschaft gegen Stickstoff. Beispielsweise kann ein dichter isolierender Oxidfilm eine Barriereeigenschaft gegen Stickstoff aufweisen. Insbesondere ist es zu bevorzugen, einen isolierenden Oxidfilm 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.

[0085] In dem Fall, in dem ein stickstoffhaltiger isolierender Oxidfilm, wie z. B. ein Siliziumoxynitridfilm oder ein Siliziumnitridoxidfilm, als einer oder beide der isolierenden Filme 129 und 131 verwendet wird, wird der stickstoffhaltige isolierende Oxidfilm vorzugsweise derart ausgebildet, dass er einen Bereich aufweist, in dem die Stickstoffkonzentration, die durch Sekundärionen-Massenspektrometrie (SIMS) gemessen wird, höher als oder gleich der Untergrenze der SIMS-Messung 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 ist. In diesem Fall kann die Menge an Stickstoff, der in den Oxidhalbleiterfilm 111 in dem Transistor 103 eintritt, verringert werden, und die Anzahl der Defekte in dem stickstoffhaltigen isolierenden Oxidfilm selbst kann verringert werden.

[0086] Der isolierende Film 132 kann unter Verwendung eines isolierenden Nitridmaterials, wie z. B. Siliziumnitridoxid, Siliziumnitrid, Aluminiumnitrid oder Aluminiumnitridoxid, derart ausgebildet werden, dass er eine einschichtige Struktur oder eine mehrschichtige Struktur hat.

[0087] Als der isolierende Film 132 kann ein isolierender Nitridfilm mit einem niedrigen Wasserstoffgehalt bereitgestellt werden. Der isolierende Nitridfilm ist beispielsweise wie folgt: die Anzahl der Wasserstoffmoleküle, die aus dem isolierenden Nitridfilm abgegeben werden, ist kleiner als $5,0 \times 10^{21}$ Moleküle/cm³, bevorzugt kleiner als $3,0 \times 10^{21}$ Moleküle/cm³ und stärker bevorzugt kleiner als $1,0 \times 10^{21}$ Moleküle/cm³, wenn die Messung durch TDS vorgenommen wird.

[0088] Ein Teil des isolierenden Films 132 weist vorzugsweise eine Dicke auf, die groß genug ist, um den Eintritt von Verunreinigungen, wie z. B. Wasserstoff und Wasser, von außen zu verhindern. Beispielsweise ist die Dicke des isolierenden Films 132 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 und stärker bevorzugt größer als oder gleich 50 nm und kleiner als oder gleich 100 nm. Wenn der isolierende Film 132 bereitgestellt ist, werden Verunreinigungen, wie z. B. Kohlenstoff, von dem isolierenden Film 132 blockiert, so dass die Übertragung der Verunreinigungen auf den Oxidhalbleiterfilm 111 des Transistors 103 und auf den Oxidhalbleiterfilm 231 des Transistors 223 minimiert wird; somit können Schwankungen der elektrischen Eigenschaften der Transistoren verringert werden.

[0089] In dem Fall, in dem ein einschichtiger isolierender Film über den Halbleiterfilmen 111, 119 und 231 angeordnet ist, wird vorzugsweise der isolierende Film 131 bereitgestellt. In dem Fall, in dem ein zweischichtiger isolierender Film angeordnet ist, werden vorzugsweise der isolierende Film 131 und der isolierende Film 132 in dieser Reihenfolge von der Seite des Halbleiterfilms aus bereitgestellt.

[0090] Ein isolierender Oxidfilm, der durch ein chemisches Gasphasenabscheidungs- (chemical vapor deposition, CVD-) Verfahren unter Verwendung eines Organosilan-Gases ausgebildet wird, typischerweise ein Siliziumoxidfilm, kann in den isolierenden Filmen zwischen dem Halbleiterfilm 111, 119 bzw. 231 und der Pixelelektrode 121, dem leitenden Film 241 bzw. den Leitungen und dergleichen, die gleichzeitig mit der Pixelelektrode 121 und dem leitenden Film 241 ausgebildet werden können, einbegriffen sein.

[0091] Der Siliziumoxidfilm kann in einer Dicke von 300 nm bis 600 nm ausgebildet werden. Als Organosilan-Gas kann die folgende siliziumhaltige Verbindung verwendet werden: Tetraethylorthosilicat (TEOS) (chemische Formel: $\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4$); Tetramethylsilan (TMS) (chemische Formel: $\text{Si}(\text{CH}_3)_4$); Tetramethylcyclotetrasiloxan (TMCTS); Octamethylcyclotetrasiloxan (OMCTS); Hexamethyldisilazan (HMDS); Triethoxysilan ($\text{SiH}(\text{OC}_2\text{H}_5)_3$); Trisdimethylaminosilan ($\text{SiH}(\text{N}(\text{CH}_3)_2)_3$) oder dergleichen.

[0092] Wenn der Siliziumoxidfilm durch ein CVD-Verfahren unter Verwendung eines Organosilan-Gases ausgebildet wird, kann die Ebenheit einer Oberfläche eines Bauelementabschnitts (element portion) über dem Substrat 102 verbessert werden. Als Ergebnis kann, ohne einen Planarisierungsfilm aus einem organi-

schen Harz auszubilden, die Unordnung der Ausrichtung der Flüssigkristallmoleküle verringert werden, das Lichtleck kann verringert werden, und der Kontrast kann erhöht werden. Es ist unnötig zu erwähnen, dass ein organischer Harzfilm statt des Siliziumoxidfilms verwendet werden kann oder dass ein Stapel aus dem Siliziumoxidfilm und einem organischen Harzfilm verwendet werden kann.

[0093] Die Pixelelektrode 121 und der leitende Film 241 können unter Verwendung eines lichtdurchlässigen leitenden Materials, wie z. B. Indiumzinnoxid, Indiumoxid, das Wolframoxid enthält, Indiumzinkoxid, das Wolframoxid enthält, Indiumoxid, das Titanoxid enthält, Indiumzinnoxid, das Titanoxid enthält, Indiumzinkoxid oder Indiumzinnoxid, dem Siliziumoxid zugesetzt ist, ausgebildet werden.

[0094] Dann werden die Bestandteile des Pixels 101, das bei dieser Ausführungsform gezeigt wird, ausführlich beschrieben.

[0095] Fig. 4A zeigt ein Beispiel für einen Schaltplan des vorstehenden Pixels 101. Das Pixel 101 beinhaltet den Transistor 103, den Kondensator 105 und ein Flüssigkristallelement 108. Die Gate-Elektrode des Transistors 103 ist elektrisch mit der Abtastleitung 107 verbunden, die Source-Elektrode oder Drain-Elektrode des Transistors 103 ist elektrisch mit der Signalleitung 109 verbunden, und die andere der Source-Elektrode und der Drain-Elektrode ist elektrisch mit einer Elektrode des Kondensators 105 und einer Elektrode (Pixelelektrode) des Flüssigkristallelements 108 verbunden. Die andere Elektrode des Kondensators 105 ist elektrisch mit der Kondensatorleitung 115 verbunden, und die andere Elektrode (Gegenelektrode) des Flüssigkristallelements 108 ist elektrisch mit einer Leitung zum Zuführen eines Gegenpotentials zu der Gegenelektrode verbunden.

[0096] Das Flüssigkristallelement 108 steuert das Durchlassen oder Nichtdurchlassen von Licht durch eine optische Modulationsaktion eines Flüssigkristalls zwischen einem Substrat, das mit dem Transistor 103 und der Pixelelektrode versehen ist, und einem Gegensubstrat (z. B. einem Substrat, das mit der Gegenelektrode versehen ist). Es sei angemerkt, dass die optische Modulationsaktion eines Flüssigkristalls durch ein an den Flüssigkristall angelegtes elektrisches Feld (einschließlich eines vertikalen elektrischen Feldes und eines schrägen elektrischen Feldes) gesteuert wird. Es sei angemerkt, dass in dem Fall, in dem die Pixelelektrode und die Gegenelektrode (auch als gemeinsame Elektrode bezeichnet) über dem gleichen Substrat angeordnet sind, ein horizontales elektrisches Feld an einen Flüssigkristall angelegt wird.

[0097] Fig. 4B zeigt ein Beispiel für einen ausführlichen Schaltplan des Pixels 101. Wie in Fig. 4B und Fig. 2 gezeigt ist, weist der Transistor 103 die Abtastleitung 107 einschließlich der Gate-Elektrode, die Signalleitung 109 einschließlich der Source-Elektrode oder der Drain-Elektrode und den leitenden Film 113 einschließlich der anderen der Source-Elektrode und der Drain-Elektrode auf.

[0098] Der Halbleiterfilm 119, der mit der Kondensatorleitung 115 verbunden ist, dient als eine Elektrode des Kondensators 105. Die Pixelelektrode 121, die mit dem leitenden Film 113 einschließlich der anderen der Source-Elektrode und der Drain-Elektrode verbunden ist, dient als die andere Elektrode des Kondensators 105. Die isolierenden Filme 129, 131 und 132, die zwischen dem Halbleiterfilm 119 und der Pixelelektrode 121 angeordnet sind, dienen als dielektrischer Film.

[0099] Das Flüssigkristallelement 108 weist die Pixelelektrode 121, eine Gegenelektrode 154 und eine Flüssigkristallschicht auf, die zwischen der Pixelelektrode 121 und der Gegenelektrode 154 angeordnet ist.

[0100] Der Halbleiterfilm 119 in dem Kondensator 105 dient als Elektrode des Kondensators 105, obgleich die Struktur des Halbleiterfilms 119 gleich derjenigen des Oxidhalbleiterfilms 111 ist. Der Grund dafür ist wie folgt: die Pixelelektrode 121 kann als Gate-Elektrode dienen, die isolierenden Filme 129, 131 und 132 können als Gate-Isolierfilme dienen, und die Kondensatorleitung 115 kann als Source-Elektrode oder Drain-Elektrode dienen, so dass der Kondensator 105 auf eine Weise, die derjenigen eines Transistors ähnlich ist, betrieben werden kann und der Halbleiterfilm 119 in einen leitenden Zustand versetzt werden kann. Dies ermöglicht, dass der Halbleiterfilm 119 als eine Elektrode des Kondensators 105 dient.

[0101] Als nächstes wird ein Verfahren zum Herstellen der Halbleitervorrichtung in Fig. 1 und Fig. 2 anhand von Fig. 5A, Fig. 5B, Fig. 6A und Fig. 6B beschrieben.

[0102] Zuerst wird der isolierende Nitridfilm 110 über dem Substrat 102 ausgebildet. Dann werden die Abtastleitung 107, die Kondensatorleitung 115 und die Gate-Elektrode 227 über dem isolierenden Nitridfilm 110 ausgebildet. Als nächstes wird der Gate-Isolierfilm 127 ausgebildet, um die Abtastleitung 107, die Kon-

densatorleitung 115 und die Gate-Elektrode 227 zu bedecken. Danach wird die Öffnung 123 (siehe **Fig. 1**) in dem Gate-Isolierfilm 127 bereitgestellt, so dass die Kondensatorleitung 115 und der isolierende Nitridfilm 110 teilweise freigelegt werden.

[0103] Der Oxidhalbleiterfilm 111 wird dann über der Abtastleitung 107 ausgebildet, wobei der Gate-Isolierfilm 127 dazwischen liegt, der Halbleiterfilm 119 wird ausgebildet, um die Öffnung 123 zu bedecken, und der Oxidhalbleiterfilm 231 wird derart ausgebildet, dass er die Gate-Elektrode 227 überlappt (siehe **Fig. 5A**).

[0104] Der isolierende Nitridfilm 110 kann unter Verwendung eines der oben angegebenen Materialien ausgebildet werden. Der isolierende Nitridfilm 110 kann durch eines der verschiedenen Abscheidungsverfahren ausgebildet werden, so beispielsweise ein Verdampfungsverfahren, ein CVD-Verfahren, ein Sputterverfahren oder ein Rotationsbeschichtungsverfahren.

[0105] Die Abtastleitung 107, die Kondensatorleitung 115 und die Gate-Elektrode 227 können derart ausgebildet werden, dass ein leitender Film unter Verwendung eines der oben angegebenen Materialien ausgebildet wird, dass eine Maske über dem leitenden Film ausgebildet wird und dass ein Verarbeiten mittels der Maske durchgeführt wird. Der leitende Film kann durch eines der verschiedenen Abscheidungsverfahren ausgebildet werden, so beispielsweise ein Verdampfungsverfahren, ein CVD-Verfahren, ein Sputterverfahren oder ein Rotationsbeschichtungsverfahren. Es sei angemerkt, dass es keine besondere Beschränkung bezüglich 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 beispielsweise eine Photolackmaske, die durch einen Photolithographieprozess ausgebildet wird, verwendet werden. Der leitende Film kann durch Trockenätzen und/oder Nassätzen verarbeitet werden.

[0106] Der Gate-Isolierfilm 127 kann durch eines der verschiedenen Abscheidungsverfahren, wie z. B. ein CVD-Verfahren oder ein Sputterverfahren, unter Verwendung eines der oben angegebenen Materialien ausgebildet werden.

[0107] In dem Fall, in dem Galliumoxid für den Gate-Isolierfilm 127 verwendet wird, kann der Gate-Isolierfilm 127 durch ein metallorganisches chemisches Gasphasenabscheidungs- (metal organic chemical vapor deposition, MOCVD-) Verfahren ausgebildet werden.

[0108] Die Öffnung 123 kann wie folgt ausgebildet werden: eine Maske wird in einem vorbestimmten Bereich über dem Gate-Isolierfilm 127 ausgebildet, und ein Verarbeiten wird mittels der Maske durchgeführt. Es sei angemerkt, dass das Ausbilden der Maske und das Verarbeiten auf eine Weise, die derjenigen der Abtastleitung 107, der Kondensatorleitung 115 und der Gate-Elektrode 227 ähnlich ist, durchgeführt werden können.

[0109] Die Halbleiterfilme 111, 119 und 231 können wie folgt ausgebildet werden: ein Oxidhalbleiterfilm wird unter Verwendung eines der oben angegebenen Oxidhalbleiter ausgebildet, eine Maske wird über dem Oxidhalbleiterfilm ausgebildet, und ein Verarbeiten wird mittels der Maske durchgeführt. Der Oxidhalbleiterfilm kann durch ein Sputterverfahren, ein Beschichtungsverfahren, ein Laserstrahlverdampfungsverfahren, ein Laserabtragungsverfahren oder dergleichen ausgebildet werden. Durch ein Druckverfahren können die Halbleiterfilme 111 und 119, die voneinander getrennt sind, direkt auf dem Gate-Isolierfilm 127 ausgebildet werden. In dem Fall, in dem der Oxidhalbleiterfilm durch ein Sputterverfahren ausgebildet wird, kann angemessen unter Verwendung einer Leistungsversorgungsvorrichtung, wie z. B. einer HF-Leistungsversorgungsvorrichtung, einer Wechselstromversorgungsvorrichtung oder einer Gleichstromversorgungsvorrichtung, ein Plasma erzeugt werden. Als Sputtergas wird nach Bedarf ein Edelgas (typischerweise Argon), ein Sauerstoffgas oder ein Gemischgas von einem Edelgas und Sauerstoff verwendet. Im Fall der Verwendung des Gemischgases von einem Edelgas und Sauerstoff ist der Anteil an Sauerstoff vorzugsweise höher als derjenige eines Edelgases. Zusätzlich kann ein Target gemäß der Zusammensetzung des auszubildenden Oxidhalbleiterfilms ausgewählt werden. Als Maske kann eine Photolackmaske, die durch einen Photolithographieprozess ausgebildet wird, verwendet werden. Der Oxidhalbleiterfilm kann durch Trockenätzen und/oder Nassätzen verarbeitet werden. Die Ätzbedingungen (z. B. ein Ätzgas oder eine Ätzlösung, Ätzzeit und Temperatur) werden geeignet in Abhängigkeit vom Material eingestellt, so dass der Oxidhalbleiterfilm in eine gewünschte Form geätzt werden kann.

[0110] Der Oxidhalbleiterfilm kann durch ein CVD-Verfahren ausgebildet werden. Als CVD-Verfahren kann ein metallorganisches chemisches Gasphasenabscheidungs- (MOCVD-) Verfahren oder ein Atomlagenabscheidungs- (atomic layer deposition, ALD-) Verfahren benutzt werden.

[0111] Ein Vorteil des thermischen CVD-Verfahrens liegt darin, dass kein Defekt wegen eines Plasmaschadens erzeugt wird, da dabei kein Plasma zum Ausbilden eines Films benutzt wird.

[0112] Die Abscheidung durch das thermische CVD-Verfahren kann derart durchgeführt werden, dass ein Quellengas und ein Oxidator gleichzeitig einer Kammer zugeführt werden, dass der Druck in der Kammer auf einen atmosphärischen Druck oder einen verringerten Druck eingestellt wird und dass eine Reaktion in der Nähe des Substrats oder über dem Substrat bewirkt wird.

[0113] Die Abscheidung durch das ALD-Verfahren kann derart durchgeführt werden, dass der Druck in einer Kammer auf einen atmosphärischen Druck oder einen verringerten Druck eingestellt wird, dass Quellengase zur Reaktion sequenziell in die Kammer eingeführt werden und dass dann die Folge der Gaseinführung wiederholt wird. Beispielsweise werden zwei oder mehr Arten von Quellengasen sequenziell der Kammer zugeführt, indem die jeweiligen Umschaltventile (auch als Hochgeschwindigkeitsventile bezeichnet) umgeschaltet werden. Zum Beispiel wird ein erstes Quellengas eingeführt, ein Inertgas (z. B. Argon oder Stickstoff) oder dergleichen wird gleichzeitig mit oder nach dem Einführen des ersten Gases eingeführt, damit die Quellengase nicht gemischt werden, und dann wird ein zweites Quellengas eingeführt. Es sei angemerkt, dass in dem Fall, in dem das erste Quellengas und das Inertgas gleichzeitig eingeführt werden, das Inertgas als Trägergas dient und dass das Inertgas auch gleichzeitig mit dem Einführen des zweiten Quellengases eingeführt werden kann. Alternativ kann das erste Quellengas durch Evakuierung statt der Einführung des Inertgases abgesaugt werden, und dann kann das zweite Quellengas eingeführt werden. Das erste Quellengas wird an die Oberfläche des Substrats adsorbiert, um eine erste Schicht auszubilden; dann wird das zweite Quellengas eingeführt, um mit der ersten Schicht zu reagieren; als Ergebnis wird eine zweite Schicht über der ersten Schicht gestapelt, so dass ein dünner Film ausgebildet wird. Die Folge der Gaseinführung wird mehrfach wiederholt, bis eine gewünschte Dicke erzielt wird, wodurch ein dünner Film mit ausgezeichneter Stufenabdeckung ausgebildet werden kann. Die Dicke des dünnen Films kann durch die Anzahl der Wiederholungen der Folge der Gaseinführung reguliert werden. Deshalb ermöglicht das ALD-Verfahren, dass die Dicke präzise reguliert wird, und ist also zum Herstellen eines feinen Transistors geeignet.

[0114] In dem Fall, in dem beispielsweise ein InGaZnOx- ($X > 0$) Film ausgebildet wird, werden Trimethylindium, Trimethylgallium und Dimethylzink verwendet. Es sei angemerkt, dass die chemische Formel von Trimethylindium $\text{In}(\text{CH}_3)_3$ ist. Die chemische Formel von Trimethylgallium ist $\text{Ga}(\text{CH}_3)_3$. Die chemische Formel von Dimethylzink ist $\text{Zn}(\text{CH}_3)_2$. Ohne Beschränkung auf die obige Kombination kann Triethylgallium (chemische Formel: $\text{Ga}(\text{C}_2\text{H}_5)_3$) statt des Trimethylgalliums verwendet werden, und Diethylzink (chemische Formel: $\text{Zn}(\text{C}_2\text{H}_5)_2$) kann statt des Dimethylzinks verwendet werden.

[0115] In dem Fall, in dem ein In-Ga-Zn-O-Film durch das ALD-Verfahren ausgebildet wird, werden ein $\text{In}(\text{CH}_3)_3$ -Gas und ein O_3 -Gas sequenziell mehrfach eingeführt, um eine InO_2 -Schicht auszubilden, ein $\text{Ga}(\text{CH}_3)_3$ -Gas und ein O_3 -Gas werden gleichzeitig eingeführt, um eine GaO -Schicht auszubilden, und dann werden ein $\text{Zn}(\text{CH}_3)_2$ -Gas und ein O_3 -Gas gleichzeitig eingeführt, um eine ZnO -Schicht auszubilden. Es sei angemerkt, dass die Reihenfolge dieser Schichten nicht auf dieses Beispiel beschränkt ist. Eine Mischverbindingsschicht, wie z. B. eine In-Ga-O-Schicht, eine In-Zn-O-Schicht, eine Ga-In-O-Schicht, eine Zn-In-O-Schicht oder eine Ga-Zn-O-Schicht, kann durch Mischen dieser Gase ausgebildet werden. Es sei angemerkt, dass ein H_2O -Gas, das durch Bubbling (Sprudeln oder Aufwallen) mit einem Inertgas, wie z. B. Ar, erhalten wird, statt eines O_3 -Gases verwendet werden kann; es ist jedoch bevorzugt, ein O_3 -Gas zu verwenden, da es keinen H enthält. Zusätzlich kann statt eines $\text{In}(\text{CH}_3)_3$ -Gases ein $\text{In}(\text{C}_2\text{H}_5)_3$ -Gas verwendet werden. Statt eines $\text{Ga}(\text{CH}_3)_3$ -Gases kann ein $\text{Ga}(\text{C}_2\text{H}_5)_3$ -Gas verwendet werden. Statt eines $\text{In}(\text{CH}_3)_3$ -Gases kann ein $\text{In}(\text{C}_2\text{H}_5)_3$ -Gas verwendet werden. Darüber hinaus kann ein $\text{Zn}(\text{CH}_3)_2$ -Gas verwendet werden.

[0116] Nach dem Ausbilden der Halbleiterfilme 111, 119 und 231 wird eine Wärmebehandlung vorzugsweise durchgeführt, um von den Oxidhalbleiterfilmen 111, 119 und 231 Wasser oder Wasserstoff zu entziehen. Die Temperatur der Wärmebehandlung ist typischerweise 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 und stärker bevorzugt höher als oder gleich 300°C und niedriger als oder gleich 450°C . Es sei angemerkt, dass die Wärmebehandlung an dem Oxidhalbleiterfilm durchgeführt werden kann, der noch nicht zu den Halbleiterfilmen 111, 119 und 231 verarbeitet worden ist.

[0117] Eine Wärmebehandlungseinrichtung, die bei der Wärmebehandlung verwendet wird, ist nicht auf einen Elektroofen beschränkt und kann eine Einrichtung sein, die ein Objekt durch Wärmeleitung oder Wärmestrahlung von einem Medium, wie z. B. einem erwärmten Gas, erwärmt. Beispielsweise kann eine schnelle thermische Ausheilungs- (rapid thermal annealing, RTA-) Einrichtung, wie z. B. eine GRTA- (gas

rapid thermal annealing) Einrichtung oder eine LRTA- (lamp rapid thermal annealing) Einrichtung, verwendet werden. Eine LRTA-Einrichtung ist eine Einrichtung zum Erwärmen eines Objekts zur Verarbeitung durch Bestrahlung mit Licht (einer elektromagnetischen Welle), das aus 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 für eine Wärmebehandlung unter Verwendung eines Hochtemperaturgases.

[0118] Die Wärmebehandlung kann in einer Atmosphäre von Stickstoff, Sauerstoff, ultratrockener Luft (Luft, in der der Wassergehalt niedriger als oder gleich 20 ppm, bevorzugt niedriger als oder gleich 1 ppm und stärker bevorzugt niedriger 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 eine Erwärmung zuerst in einer Inertgasatmosphäre und dann in einer Sauerstoffatmosphäre durchgeführt werden. Die Behandlungszeit dauert 3 Minuten bis 24 Stunden.

[0119] Die Wärmebehandlung fördert die Diffusion von Stickstoff und Wasserstoff, die in dem isolierenden Nitridfilm 110 enthalten sind, in den Halbleiterfilm 119, was zu einer weiteren Verringerung des Widerstands des Halbleiterfilms 119 führt.

[0120] In dem Fall, in dem ein isolierender Film zwischen dem Substrat 102 und dem isolierenden Nitridfilm 110 angeordnet wird, kann der isolierende Film unter Verwendung eines des Folgenden ausgebildet werden: Siliziumoxid, Siliziumoxynitrid, Siliziumnitrid, Siliziumnitridoxid, Galliumoxid, Hafniumoxid, Yttriumoxid, Aluminiumoxid, Aluminiumoxynitrid und dergleichen. Die Verwendung von Siliziumnitrid, Galliumoxid, Hafniumoxid, Yttriumoxid, Aluminiumoxid oder dergleichen für den isolierenden Film unterdrückt Diffusion von Verunreinigungen, die typischerweise ein Alkalimetall, Wasser und Wasserstoff sind, aus dem Substrat 102 in die Halbleiterfilme 111, 119 und 231. Der isolierende Film kann durch ein Sputterverfahren oder ein CVD-Verfahren ausgebildet werden.

[0121] Als nächstes werden die Signalleitung 109 einschließlich der Source-Elektrode oder Drain-Elektrode des Transistors 103, der leitende Film 113 einschließlich der anderen der Source-Elektrode und Drain-Elektrode des Transistors 103 und die Leitungen 229 und 233 ausgebildet (siehe **Fig. 5B**).

[0122] Die Signalleitung 109, der leitende Film 113 und die Leitungen 229 und 233 können wie folgt ausgebildet werden: ein leitender Film wird unter Verwendung eines Materials, das für die Abtastleitung 107, die Kondensatorleitung 115 und die Gate-Elektrode 227 verwendet werden kann, ausgebildet, eine Maske wird über dem leitenden Film ausgebildet, und ein Verarbeiten wird mittels der Maske durchgeführt. Das Ausbilden der Maske und das Verarbeiten können auf eine Weise, die derjenigen der Abtastleitung 107, der Kondensatorleitung 115 und der Gate-Elektrode 227 ähnlich ist, durchgeführt werden.

[0123] Als nächstes werden die isolierenden Filme 129, 131 und 132 über den Halbleiterfilmen 111, 119 und 231, der Signalleitung 109, dem leitenden Film 113, den Leitungen 229 und 233 und dem Gate-Isolierfilm 127 ausgebildet (siehe **Fig. 6A**). Es sei angemerkt, dass die isolierenden Filme 129, 131 und 132 vorzugsweise sukzessive ausgebildet werden. Das sukzessive Ausbilden verhindert den Eintritt von Verunreinigungen in jede Grenzfläche der isolierenden Filme 129, 131 und 132.

[0124] Die isolierenden Filme 129, 131 und 132 können durch eines der verschiedenen Abscheidungsverfahren, wie z. B. ein CVD-Verfahren oder ein Sputterverfahren, unter Verwendung eines der oben angegebenen Materialien ausgebildet werden.

[0125] In dem Fall, in dem ein isolierender Oxidfilm, der eine niedrige Dichte der Zustände an der Grenzfläche zu dem Oxidhalbleiterfilm 111 aufweist, als der isolierende Film 129 verwendet wird, kann der isolierende Film 129 unter den folgenden Ausbildungsbedingungen ausgebildet werden. Hier wird als isolierender Oxidfilm ein Siliziumoxidfilm oder ein Siliziumoxynitridfilm ausgebildet. Bezüglich der Ausbildungsbedingungen wird das Substrat, das in einer evakuierten Behandlungskammer einer Plasma-CVD-Vorrichtung platziert wird, 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, ein siliziumhaltiges Abscheidungsgas und ein Oxidationsgas werden als Quellgas in die Behandlungskammer eingeführt, der Druck in der Behandlungskammer wird auf 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 eingestellt, und eine Hochfrequenzleistung wird einer in der Behandlungskammer liegenden Elektrode zugeführt.

[0126] Typische Beispiele für das siliziumhaltige Abscheidungsgas sind Silan, Disilan, Trisilan und Silanfluorid. Beispiele für das Oxidationsgas sind Sauerstoff, Ozon, Distickstoffmonoxid und Stickstoffdioxid.

[0127] Durch Einstellen des Verhältnisses von der Menge des Oxidationsgases zu der Menge des siliziumhaltigen Abscheidungsgases auf 100 oder höher kann der Wasserstoffgehalt in dem isolierenden Film 129 verringert werden, und offene Bindungen in dem isolierenden Film 129 können verringert werden. Sauerstoff, der aus dem isolierenden Film 131 abgegeben wird, wird in einigen Fällen von den offenen Bindungen in dem isolierenden Film 129 eingefangen. Daher kann in dem Fall, in dem die offenen Bindungen in dem isolierenden Film 129 verringert werden, Sauerstoff in dem isolierenden Film 131 auf effiziente Weise in die Halbleiterfilme 111 und 231 diffundieren, um die Sauerstofffehlstellen in den Oxidhalbleiterfilmen 111 und 231 zu füllen. Folglich kann die Menge an Wasserstoff, der in den Oxidhalbleiterfilm eintritt, verringert werden, und Sauerstofffehlstellen in dem Oxidhalbleiterfilm können verringert werden.

[0128] In dem Fall, in dem der isolierende Film 131 der vorstehende isolierende Oxidfilm, der einen Sauerstoffüberschussbereich aufweist, oder der vorstehende isolierende Oxidfilm, in dem der Sauerstoffgehalt höher ist als derjenige in der stöchiometrischen Zusammensetzung, ist, kann der isolierende Film 131 unter den folgenden Ausbildungsbedingungen ausgebildet werden. Hier wird als isolierender Oxidfilm ein Siliziumoxidfilm oder ein Siliziumoxynitridfilm ausgebildet. Bezüglich der Ausbildungsbedingungen wird das Substrat, das in einer evakuierten Behandlungskammer einer Plasma-CVD-Vorrichtung platziert wird, 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, ein Quellengas wird in die Behandlungskammer eingeführt, 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, 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.

[0129] Als Quellengas des isolierenden Films 131 kann ein Quellengas, das für den isolierenden Film 129 verwendet werden kann, verwendet werden.

[0130] Unter den Bedingungen zum Ausbilden des isolierenden Films 131 wird die Hochfrequenzleistung mit der obigen Leistungsdichte zu der Behandlungskammer unter dem obigen Druck zugeführt; demzufolge wird die Effizienz des Zerfalls des Quellengases in Plasma erhöht, Sauerstoffradikale werden vermehrt, und die Oxidation des Quellengases geht weiter, wodurch der Sauerstoffgehalt in dem isolierenden Film 131 höher wird als derjenige in der stöchiometrischen Zusammensetzung. Die Bindungsstärke zwischen Silizium und Sauerstoff ist jedoch schwach im obigen Bereich der Substrattemperatur; deshalb wird ein Teil von Sauerstoff durch Erwärmung abgegeben. Daher ist es möglich, einen isolierenden Oxidfilm auszubilden, in dem der Sauerstoffgehalt höher ist als derjenige in der stöchiometrischen Zusammensetzung und aus dem ein Teil von Sauerstoff durch Erwärmung abgegeben wird. Der isolierende Film 129 ist über dem Oxidhalbleiterfilm 111 angeordnet. Deshalb dient der isolierende Film 129 als Schutzfilm des Oxidhalbleiterfilms 111 in dem Prozess zum Ausbilden des isolierenden Films 131. Deswegen werden die Halbleiterfilme 111 und 231 nicht schwer geschädigt, auch wenn der isolierende Film 131 unter Verwendung der Hochfrequenzleistung mit einer hohen Leistungsdichte ausgebildet wird.

[0131] Durch Vergrößern der Dicke des isolierenden Films 131 wird eine große Menge Sauerstoff durch Erwärmung abgegeben; deshalb wird der isolierende Film 131 vorzugsweise dicker ausgebildet als der isolierende Film 129. Der isolierende Film 129 ermöglicht, dass eine vorteilhafte Abdeckung erzielt wird, auch wenn der isolierende Film 131 dick ausgebildet wird.

[0132] In dem Fall, in dem ein isolierender Nitridfilm mit einem niedrigen Wasserstoffgehalt als der isolierende Film 132 verwendet wird, kann der isolierende Film 132 unter den folgenden Ausbildungsbedingungen ausgebildet werden. Hier wird als isolierender Nitridfilm ein Siliziumnitridfilm ausgebildet. Bezüglich der Ausbildungsbedingungen wird das Substrat, das in einer evakuierten Behandlungskammer einer Plasma-CVD-Vorrichtung platziert wird, 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, ein Quellengas wird in die Behandlungskammer eingeführt, der Druck in der Behandlungskammer wird auf 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 eingestellt, und eine Hochfrequenzleistung wird einer in der Behandlungskammer liegenden Elektrode zugeführt.

[0133] Als Quellengas des isolierenden Films 132 werden vorzugsweise ein siliziumhaltiges Abscheidungs-gas, ein Stickstoffgas und ein Ammoniakgas verwendet. Typische Beispiele für das siliziumhaltige Abscheidungs-gas sind Silan, Disilan, Trisilan und Silanfluorid. Ferner ist das Verhältnis der Durchflussmenge von Stickstoff zu Ammoniak bevorzugt höher als oder gleich 5 und niedriger als oder gleich 50, stärker bevorzugt höher als oder gleich 10 und niedriger als oder gleich 50. Die Verwendung von Ammoniak als Quellengas fördert den Zerfall von Stickstoff und dem siliziumhaltigen Abscheidungs-gas. Das liegt daran, dass Ammoniak durch Plasma-Energie oder Wärmeenergie dissoziiert wird und dass die durch die Dissoziation erzeugte Energie zum Brechen einer Bindung der Moleküle des siliziumhaltigen Abscheidungs-gases und einer Bindung von Stickstoffmolekülen beiträgt. Unter den vorstehenden Bedingungen ist es möglich, einen Silizium-nitridfilm auszubilden, der einen niedrigen Wasserstoffgehalt hat und den Eintritt von Verunreinigungen, wie z. B. Wasserstoff und Wasser, von außen unterdrücken kann.

[0134] Es ist zu bevorzugen, dass eine Wärmebehandlung zumindest nach dem Ausbilden des isolierenden Films 131 durchgeführt wird, so dass überschüssiger Sauerstoff in dem isolierenden Film 129 oder dem isolierenden Film 131 in die Oxidhalbleiterfilme 111 und 231 diffundiert, um Sauerstofffehlstellen in den Oxidhalbleiterfilmen 111 und 231 zu verringern. Es sei angemerkt, dass die Wärmebehandlung unter Bezugnahme auf die Details der Wärmebehandlung zum Entziehen von Wasser oder Wasserstoff von den Halbleiterfilmen 111 und 231 durchgeführt werden kann.

[0135] Als nächstes wird die Öffnung 117 (siehe **Fig. 1**), die den leitenden Film 113 erreicht, in einem Teil der isolierenden Filme 129, 131 und 132, die den leitenden Film 113 überlappen, ausgebildet. Die Öffnung 117 kann auf eine Weise, die derjenigen der Öffnung 123 ähnlich ist, ausgebildet werden.

[0136] Dann werden die Pixelelektrode 121 und der leitende Film 241 ausgebildet, wodurch die Halbleitervorrichtung in **Fig. 1** und **Fig. 2** hergestellt werden kann (siehe **Fig. 6B**). Die Pixelelektrode 121 wird derart ausgebildet, dass ein leitender Film unter Verwendung eines der oben angegebenen Materialien so ausgebildet wird, dass er durch die Öffnung 117 mit dem leitenden Film 113 in Kontakt steht, dass eine Maske über dem leitenden Film ausgebildet wird und dass ein Verarbeiten mittels der Maske durchgeführt wird. Das Ausbilden der Maske und das Verarbeiten können auf eine Weise, die derjenigen der Abtastleitung 107 und der Kondensatorleitung 115 ähnlich ist, durchgeführt werden.

[0137] In der Halbleitervorrichtung nach einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann die Verbindung zwischen der Kondensatorleitung 115 und dem Halbleiterfilm 119, der als eine Elektrode des Kondensators dient, nach Bedarf geändert werden. Wie in der Querschnittsansicht des Kondensators 105 in **Fig. 7** gezeigt ist, kann beispielsweise die Kondensatorleitung 115 über einen leitenden Film 125 mit dem Halbleiterfilm 119 verbunden sein. In diesem Fall kann der leitende Film 125 gleichzeitig mit der Signalleitung 109 einschließlich der Source-Elektrode oder Drain-Elektrode des Transistors 103, dem leitenden Film 113 einschließlich der anderen der Source-Elektrode und Drain-Elektrode des Transistors 103 und den Leitungen 229 und 233 ausgebildet werden.

[0138] In der Halbleitervorrichtung nach einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist die Form eines Transistors, der in einem Pixel angeordnet ist, nicht auf die Form des Transistors in **Fig. 1** und **Fig. 2** beschränkt und kann nach Bedarf geändert werden. Beispielsweise kann in dem Transistor der Source-Elektrode oder der Drain-Elektrode, die in der Signalleitung 109 enthalten ist, eine U-Form (oder eine C-Form, eine eckige Klammer-Form oder eine Hufeisenform) haben, die den leitenden Film einschließlich der anderen der Source-Elektrode und der Drain-Elektrode umgibt. Mit einer solchen Form kann eine ausreichende Kanalbreite gesichert werden, auch wenn die Fläche des Transistors klein ist, und somit kann die Menge an Drain-Strom, der fließt, wenn der Transistor leitend ist (auch als Durchlassstrom (on-state current) bezeichnet) vergrößert werden.

[0139] Der Transistor in dem oben beschriebenen Pixel 101 ist zwar ein Kanal geätzter Transistor (channel-etched transistor), es kann aber auch ein kanalschützender Transistor (channel protective transistor), der in **Fig. 8** gezeigt ist, verwendet werden. Da ein kanalschützender Film 150 bereitgestellt ist, wird eine Oberfläche des Oxidhalbleiterfilms 111 einer Ätzlösung oder einem Ätzgas, die/das in dem Ausbildungsprozess der Signalleitung und des leitenden Films benutzt wird, nicht ausgesetzt, was ermöglicht, dass Verunreinigungen zwischen dem Oxidhalbleiterfilm 111 und dem kanalschützenden Film verringert werden. Folglich kann ein Leckstrom, der zwischen der Source-Elektrode und Drain-Elektrode des Transistors fließt, verringert werden. Der kanalschützende Transistor kann auch für die erste Treiberschaltung 104 und die zweite Treiberschaltung 106 verwendet werden.

[0140] Der Transistor in dem oben beschriebenen Pixel 101 ist ein Transistor mit einer einzelnen Gate-Elektrode; jedoch kann auch ein Transistor mit zwei Gate-Elektroden verwendet werden, die einander zugewandt sind, wobei der Oxidhalbleiterfilm 111 dazwischen liegt. Es sei angemerkt, dass ein Beispiel für den Transistor mit zwei Gate-Elektroden der in **Fig. 2** dargestellte Transistor ist, der die Gate-Elektrode 227 und den leitenden Film 241 beinhaltet und für die erste Treiberschaltung 104 verwendet wird.

[0141] In dem oben beschriebenen Transistor mit zwei Gate-Elektroden ist ein leitender Film über dem isolierenden Film 132 des Transistors 103 angeordnet, der bei dieser Ausführungsform beschrieben wird. Der leitende Film überlappt zumindest einen Kanalbildungsbereich des Oxidhalbleiterfilms 111. Es ist bevorzugt, dass der leitende Film in einer Position, die den Kanalbildungsbereich des Oxidhalbleiterfilms 111 überlappt, angeordnet ist, so dass das Potential des leitenden Films gleich dem minimalen Potential eines Bildsignals ist, das in die Signalleitung 109 eingegeben wird. In diesem Fall ist es möglich, einen Strom, der zwischen der Source-Elektrode und der Drain-Elektrode an einer dem leitenden Film zugewandten Oberfläche des Oxidhalbleiterfilms 111 fließt, zu steuern, wodurch Schwankungen der elektrischen Eigenschaften zwischen Transistoren verringert werden können. Außerdem erlaubt der leitende Film, dass der Oxidhalbleiterfilm 111 von einer Veränderung des umgebenden elektrischen Feldes weniger beeinflusst wird, was zu einer Verbesserung der Zuverlässigkeit des Transistors führt.

[0142] Der obige leitende Film kann unter Verwendung eines Materials und eines Verfahrens, die denjenigen der Abtastleitung 107, der Signalleitung 109, der Pixelelektrode 121 oder dergleichen ähnlich sind, ausgebildet werden.

[0143] Wie oben beschrieben worden ist, kann dann, wenn der Halbleiterfilm, der im gleichen Schritt wie der Halbleiterfilm in dem Transistor ausgebildet wird, für eine Elektrode des Kondensators verwendet wird, eine Halbleitervorrichtung, die den Kondensator mit erhöhter Ladekapazität beinhaltet, hergestellt werden, während das Öffnungsverhältnis verbessert wird. Als Ergebnis kann die Halbleitervorrichtung mit ausgezeichneter Anzeigequalität erhalten werden.

[0144] Zudem können, da der Halbleiterfilm, der als eine Elektrode des Kondensators verwendet wird, in Kontakt mit dem isolierenden Nitridfilm ausgebildet ist, Verunreinigungen aus dem isolierenden Nitridfilm in den Halbleiterfilm diffundieren, so dass ein N-Typ-Halbleiterfilm auf effiziente Weise erhalten werden kann. Außerdem kann die Öffnung, durch die der Halbleiterfilm in Kontakt mit dem isolierenden Nitridfilm steht, im gleichen Schritt wie die Öffnung ausgebildet werden, die in dem Gate-Isolierfilm ausgebildet wird, um die Gate-Elektrode mit anderen Leitungen zu verbinden; deshalb gibt es keine Zunahme der Anzahl der Masken.

[0145] Darüber hinaus enthält der Oxidhalbleiterfilm, der der Halbleiterfilm in dem Transistor ist, geringere Sauerstofffehlstellen und Verunreinigungen, wie z. B. Wasserstoff; deshalb weist die Halbleitervorrichtung nach einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung gute elektrische Eigenschaften auf.

[0146] Es sei angemerkt, dass diese Ausführungsform mit einer der anderen Ausführungsformen, die in dieser Beschreibung gezeigt sind, kombiniert werden kann.

(Ausführungsform 2)

[0147] Bei dieser Ausführungsform wird eine Art eines Oxidhalbleiterfilms beschrieben, der als Halbleiterfilm in dem Transistor und dem Kondensator, die in der bei der vorstehenden Ausführungsform beschriebenen Halbleitervorrichtung enthalten sind, verwendet werden kann.

[0148] Ein Oxidhalbleiter kann einen Nicht-Einkristall enthalten. Der Nicht-Einkristall wird beispielsweise von zumindest einem von einem bezüglich der c-Achse ausgerichteten Kristall (c-axis aligned crystal, CAAC), einem Polykristall, einem Mikrokristall und einem amorphen Bereich strukturiert.

[0149] Ein Oxidhalbleiter kann einen CAAC enthalten. Es sei angemerkt, dass ein Oxidhalbleiter, der einen CAAC enthält, als CAAC-OS (c-axis aligned crystalline oxide semiconductor; kristalliner Oxidhalbleiter mit Ausrichtung bezüglich der c-Achse) bezeichnet wird.

[0150] In einem Bild, das mittels eines Transmissionselektronenmikroskops (TEM) erhalten wird, können in einigen Fällen Kristallbereiche in dem CAAC-OS gefunden werden. In den meisten Fällen passen in einem Bild, das mittels eines TEM erhalten wird, Kristallbereiche in dem CAAC-OS jeweils in einen Würfel, dessen Kantenlänge kleiner als 100 nm ist. In einem Bild, das mittels eines TEM erhalten wird, wird in einigen Fällen

eine Grenze zwischen den Kristallbereichen in dem CAAC-OS nicht deutlich beobachtet. Des Weiteren wird in einigen Fällen in einem Bild, das mittels eines TEM erhalten wird, eine Korngrenze in dem CAAC-OS nicht deutlich beobachtet. Da keine deutliche Korngrenze in dem CAAC-OS existiert, ist unwahrscheinlich, dass eine Abscheidung einer Verunreinigung passiert. Da keine deutliche Grenze in dem CAAC-OS existiert, ist unwahrscheinlich, dass die Dichte der Defektzustände hoch wird. Da keine deutliche Korngrenze in dem CAAC-OS existiert, ist unwahrscheinlich, dass die Elektronenbeweglichkeit abnimmt.

[0151] Der CAAC-OS enthält eine Vielzahl von Kristallbereichen. In der Vielzahl von Kristallbereichen sind in einigen Fällen c-Achsen in einer Richtung, die parallel zu einem Normalenvektor einer Oberfläche, auf der der CAAC-OS ausgebildet ist, oder zu einem Normalenvektor einer Oberfläche des CAAC-OS ist, ausgerichtet. Wenn der CAAC-OS durch ein Out-of-Plane-Verfahren (out-of-plane method) mittels eines Röntgenstrahlbeugungs- (X-ray diffraction, XRD-) Geräts analysiert wird, erscheint in einigen Fällen ein Peak bei 2θ von zirka 31° . Im Fall eines Kristalls von InGaZnO_4 deutet der Peak bei 2θ von zirka 31° darauf hin, dass der Kristall von InGaZnO_4 eine Ausrichtung bezüglich der (009)-Ebene aufweist. Darüber hinaus erscheint in einigen Fällen ein Peak bei 2θ von zirka 31° in dem CAAC-OS. Im Fall eines Kristalls von ZnGa_2O_4 deutet der Peak bei 2θ von zirka 31° darauf hin, dass der Kristall von ZnGa_2O_4 eine Ausrichtung bezüglich der (222)-Ebene aufweist. Es ist in dem CAAC-OS bevorzugt, dass der Peak bei 2θ von zirka 31° erscheint und nicht bei $2\theta =$ zirka 36° erscheint.

[0152] Unter Kristallbereichen in dem CAAC-OS sind in einigen Fällen die Richtungen der a-Achse und der b-Achse eines Kristallbereichs unterschiedlich von denjenigen eines anderen Kristallbereichs. Wenn der CAAC-OS, der einen Kristall von InGaZnO_4 enthält, durch ein In-Plane-Verfahren (in-plane method), bei dem ein Röntgenstrahl in eine Probe in der Richtung eintritt, die zur c-Achse senkrecht ist, mittels eines Röntgendiffraktometers analysiert wird, erscheint in einigen Fällen ein Peak bei 2θ von zirka 56° . Der Peak bei 2θ von zirka 56° stammt aus der (110)-Ebene des InGaZnO_4 -Kristalls. Wenn hier 2θ auf zirka 56° festgelegt wird, wird eine Probe um einen Normalenvektor einer Oberfläche der Probe als Achse (ϕ -Achse) gedreht und eine Analyse (ϕ -Scan) wird durchgeführt. Obgleich im Fall eines Einkristalloxidhalbleiters, in dem die Richtungen einer a-Achse und einer b-Achse eines Kristallbereichs gleich denjenigen eines anderen Kristallbereichs sind, sechs Peaks mit Symmetrie erscheinen, wird im Fall des CAAC-OS kein deutlicher Peak beobachtet.

[0153] Wie oben beschrieben worden ist, sind in einigen Fällen in dem CAAC-OS c-Achsen ausgerichtet und a-Achsen und/oder b-Achsen sind makroskopisch nicht ausgerichtet.

[0154] Ferner kann man in einigen Fällen Punkte (leuchtende Punkte) in einem Elektronenbeugungsbild des CAAC-OS sehen. Ein Elektronenbeugungsbild, das mittels eines Elektronenstrahls mit einem Durchmesser von $10\text{ nm}\phi$ oder kleiner oder $5\text{ nm}\phi$ oder kleiner erhalten wird, wird Nanostrahl-Elektronenbeugungsbild (nanobeam electron diffraction pattern) genannt.

[0155] Fig. 10A zeigt ein Beispiel für ein Nanostrahl-Elektronenbeugungsbild einer Probe, die einen CAAC-OS enthält. Dabei wird die Probe in der Richtung, die senkrecht zu einer Oberfläche ist, auf der der CAAC-OS ausgebildet ist, geschnitten und ihre Dicke wird auf etwa 40 nm reduziert. Des Weiteren tritt ein Elektronenstrahl mit einem Durchmesser von $1\text{ nm}\phi$ von der Richtung ein, die senkrecht zur geschnittenen Oberfläche der Probe ist. Fig. 10A zeigt, dass Punkte in dem Nanostrahl-Elektronenbeugungsbild des CAAC-OS beobachtet werden.

[0156] Bei jedem der in dem CAAC-OS enthaltenen Kristallbereiche ist eine c-Achse in der Richtung ausgerichtet, die parallel zu einem Normalenvektor einer Oberfläche, auf der der CAAC-OS ausgebildet ist, oder zu einem Normalenvektor einer Oberfläche des CAAC-OS ist. Des Weiteren sind bei jedem der Kristallbereiche Metallatome in einer trigonalen oder hexagonalen Konfiguration angeordnet, wenn die Beobachtung von der Richtung erfolgt, 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 Beobachtung von der Richtung erfolgt, die senkrecht zur c-Achse ist. Es sei angemerkt, dass unter Kristallbereichen die Richtungen der a-Achse und b-Achse eines Kristallbereichs von denjenigen eines anderen Kristallbereichs unterschiedlich sein können. In dieser Beschreibung umfasst ein Begriff „senkrecht“ einen Bereich von 80° bis 100° , bevorzugt 85° bis 95° . Außerdem umfasst ein Begriff „parallel“ einen Bereich von -10° bis 10° , bevorzugt -5° bis 5° .

[0157] Da die c-Achsen der in dem CAAC-OS-Film enthaltenen Kristallbereiche in der Richtung, die parallel zu einem Normalenvektor einer Oberfläche, auf der der CAAC-OS-Film ausgebildet ist, oder zu einem Normalenvektor einer Oberfläche des CAAC-OS-Films ist, ausgerichtet sind, können sich in Abhängigkeit von

der Form des CAAC-OS-Films (der Querschnittsform der Oberfläche, auf der der CAAC-OS-Film ausgebildet ist, oder der Querschnittsform der Oberfläche des CAAC-OS-Films) die Richtungen der c-Achsen voneinander unterscheiden. Es sei angemerkt, dass die Filmabscheidung von der Ausbildung der Kristallbereiche begleitet oder von der Ausbildung der Kristallbereiche durch eine Kristallisationsbehandlung, wie z. B. eine Wärmebehandlung, gefolgt wird. Daher sind die c-Achsen der Kristallbereiche in der Richtung ausgerichtet, die parallel zu einem Normalenvektor der Oberfläche, auf der der CAAC-OS-Film ausgebildet ist, oder zu einem Normalenvektor der Oberfläche des CAAC-OS-Films ist.

[0158] Der CAAC-OS könnte durch Verringern der Verunreinigungskonzentration erhalten werden. Die Verunreinigung bedeutet hier ein Element außer den Hauptkomponenten des Oxidhalbleiters, wie z. B. Wasserstoff, Kohlenstoff, Silizium oder ein Übergangsmetallelement. Im Besonderen weist ein Element, wie z. B. Silizium, eine höhere Bindungsstärke an Sauerstoff auf als ein Metallelement, das in dem Oxidhalbleiter enthalten ist. Deshalb wird dann, wenn das Element Sauerstoff in dem Oxidhalbleiter fortnimmt, die Atomanordnung in dem Oxidhalbleiter gestört, wodurch sich die Kristallinität des Oxidhalbleiters in einigen Fällen verschlechtert. Außerdem hat ein Schwermetall, wie z. B. Eisen oder Nickel, Argon, Kohlendioxid oder dergleichen ein großes Atomradius (oder molekulares Radius), und stört somit die Atomanordnung in dem Oxidhalbleiter, wodurch sich die Kristallinität des Oxidhalbleiters in einigen Fällen verschlechtert. Der CAAC-OS heißt also ein Oxidhalbleiter mit einer niedrigen Verunreinigungskonzentration. Es sei angemerkt, dass die Verunreinigung, die in dem Oxidhalbleiter enthalten ist, als Ladungsträgererzeugungsquelle dienen könnte.

[0159] In dem CAAC-OS ist die Verteilung der Kristallbereiche nicht unbedingt gleichmäßig. Beispielsweise ist in dem Fall, in dem in dem Ausbildungsprozess des CAAC-OS das Kristallwachstum von einer Oberflächenseite des Oxidhalbleiters aus stattfindet, der Anteil der Kristallbereiche in der Nähe der Oberfläche des Oxidhalbleiters in einigen Fällen höher als derjenige in der Nähe der Oberfläche, auf der der Oxidhalbleiter ausgebildet ist. Ferner wird dann, wenn eine Verunreinigung in den CAAC-OS gemischt wird, die Kristallinität des Kristallbereichs in einem Bereich, in den die Verunreinigung gemischt wird, in einigen Fällen reduziert.

[0160] Zusätzlich kann der CAAC-OS durch Verringern der Dichte der Defektzustände ausgebildet werden. In einem Oxidhalbleiter bilden Sauerstofffehlstellen Defektzustände. Die Sauerstofffehlstellen bilden Fallen-zustände (trap states) oder dienen als Ladungsträgererzeugungsquellen, wenn Wasserstoff davon eingefangen wird. Um den CAAC-OS auszubilden, ist es wichtig, die Erzeugung der Sauerstofffehlstellen in dem Oxidhalbleiter zu verhindern. Der CAAC-OS heißt also ein Oxidhalbleiter mit einer niedrigen Dichte der Defektzustände. Mit anderen Worten: der CAAC-OS ist ein Oxidhalbleiter mit geringen Sauerstofffehlstellen.

[0161] Der Zustand, in dem die Verunreinigungskonzentration niedrig ist und die Dichte der Defektzustände niedrig ist (die Anzahl der Sauerstofffehlstellen klein ist), wird als „hochrein intrinsisch“ oder „im Wesentlichen hochrein intrinsisch“ bezeichnet. Ein hochreiner intrinsischer oder im Wesentlichen hochreiner intrinsischer Oxidhalbleiter weist in einigen Fällen nur geringe Ladungsträgererzeugungsquellen und deshalb eine niedrige Ladungsträgerdichte auf. In einigen Fällen hat daher ein Transistor, der den Oxidhalbleiter in einem Kanalbildungsbereich enthält, selten eine negative Schwellenspannung (er verhält sich selten „normalerweise eingeschaltet“). Ein hochreiner intrinsischer oder im Wesentlichen hochreiner intrinsischer Oxidhalbleiter weist in einigen Fällen eine niedrige Dichte der Defektzustände und also eine niedrige Dichte der Fallen-zustände auf. Deshalb weist der Transistor, der den Oxidhalbleiter in dem Kanalbildungsbereich enthält, in einigen Fällen geringe Schwankungen der elektrischen Eigenschaften und hohe Zuverlässigkeit auf. Ladungen, die von den Fallenzuständen in dem Oxidhalbleiter eingefangen werden, brauchen lange Zeit, bis sie abgegeben werden, und können sich wie feste Ladungen verhalten. In einigen Fällen weist daher der Transistor, der den Oxidhalbleiter mit einer hohen Dichte der Fallenzustände in dem Kanalbildungsbereich enthält, instabile elektrische Eigenschaften auf.

[0162] Ein Transistor, der den hochreinen intrinsischen oder im Wesentlichen hochreinen intrinsischen CAAC-OS enthält, weist geringe Schwankungen der elektrischen Eigenschaften infolge einer Bestrahlung mit sichtbarem Licht oder UV-Licht auf.

[0163] Der CAAC-OS kann beispielsweise durch ein Sputterverfahren unter Verwendung einer Gleichstromquelle ausgebildet werden.

[0164] Der Oxidhalbleiter kann einen Polykristall enthalten. Es sei angemerkt, dass ein Oxidhalbleiter, der einen Polykristall enthält, als polykristalliner Oxidhalbleiter bezeichnet wird. Ein polykristalliner Oxidhalbleiter enthält eine Vielzahl von Kristallkörnern.

[0165] In einem TEM-Bild des polykristallinen Oxidhalbleiters können Kristallkörner gefunden werden. In einem Bild, das mittels des TEM erhalten wird, ist in den meisten Fällen die Größe eines Kristallkorns in dem polykristallinen Oxidhalbleiter größer als oder gleich 2 nm und kleiner als oder gleich 300 nm, größer als oder gleich 3 nm und kleiner als oder gleich 100 nm oder größer als oder gleich 5 nm und kleiner als oder gleich 50 nm. Außerdem kann in dem TEM-Bild in einigen Fällen eine Grenze zwischen Kristallkörnern in dem polykristallinen Oxidhalbleiter gefunden werden. In dem TEM-Bild kann auch eine Korngrenze in einigen Fällen in dem polykristallinen Oxidhalbleiter gefunden werden.

[0166] Der polykristalline Oxidhalbleiter kann eine Vielzahl von Kristallkörnern enthalten, und die Ausrichtung der Kristalle kann zwischen der Vielzahl von Kristallkörnern unterschiedlich sein. Wenn ein polykristalliner Oxidhalbleiter durch ein Out-of-Plane-Verfahren unter Verwendung eines XRD-Geräts analysiert wird, erscheint in einigen Fällen ein Peak bei 2θ von zirka 31 Grad, der eine Ausrichtung zeigt, oder ein Peak erscheint, der mehrere Arten von Ausrichtungen zeigt. Darüber hinaus werden Punkte in einigen Fällen in einem Nanostrahl-Elektronenbeugungsbild des polykristallinen Oxidhalbleiters beobachtet.

[0167] Der polykristalline Oxidhalbleiter weist in einigen Fällen hohe Kristallinität und somit hohe Elektronenbeweglichkeit auf. Folglich weist ein Transistor, bei dem der polykristalline Oxidhalbleiter für einen Kanalbildungsbereich verwendet wird, eine hohe Feldeffektbeweglichkeit auf. Es sei angemerkt, dass es Fälle gibt, in denen eine Verunreinigung an der Korngrenze zwischen den Kristallen in dem polykristallinen Oxidhalbleiter abgeschieden wird. Überdies wird die Korngrenze des polykristallinen Oxidhalbleiters zu einem Defektzustand. Da die Korngrenze des polykristallinen Oxidhalbleiters als Ladungsträgerfalle (carrier trap) oder Ladungsträgererzeugungsquelle dienen kann, hat ein Transistor, bei dem der polykristalline Oxidhalbleiter für einen Kanalbildungsbereich verwendet wird, in einigen Fällen stärkere Schwankungen der elektrischen Eigenschaften und niedrigere Zuverlässigkeit als ein Transistor, bei dem ein CAAC-OS für einen Kanalbildungsbereich verwendet wird.

[0168] Der polykristalline Oxidhalbleiter kann durch eine Hochtemperatur-Wärmebehandlung oder eine Laserlichtbehandlung ausgebildet werden.

[0169] Der Oxidhalbleiter kann einen Mikrokristall enthalten. Es sei angemerkt, dass ein Oxidhalbleiter, der einen Mikrokristall enthält, als mikrokristalliner Oxidhalbleiter bezeichnet wird.

[0170] In einem Bild, das mittels eines TEM erhalten wird, kann man in einigen Fällen keinen deutlichen Kristallbereich in dem mikrokristallinen Oxidhalbleiter finden. In den meisten Fällen ist die Größe eines Kristallbereichs, der in dem mikrokristallinen Oxidhalbleiter enthalten ist, größer als oder gleich 1 nm und kleiner als oder gleich 100 nm oder größer als oder gleich 1 nm und kleiner als oder gleich 10 nm. Ein Mikrokristall mit einer Größe von größer als oder gleich 1 nm und kleiner als oder gleich 10 nm wird insbesondere als Nanokristall (nanocrystal, nc) bezeichnet. Ein Oxidhalbleiter, der einen Nanokristall enthält, wird als nc-OS (nanokristalliner Oxidhalbleiter) bezeichnet. Da keine deutliche Korngrenze in einem TEM-Bild des nc-OS existiert, ist unwahrscheinlich, dass eine Abscheidung einer Verunreinigung passiert. Da keine deutliche Grenze in dem nc-OS existiert, ist unwahrscheinlich, dass die Dichte der Defektzustände hoch wird. Da keine deutliche Korngrenze in dem nc-OS existiert, ist unwahrscheinlich, dass die Elektronenbeweglichkeit abnimmt.

[0171] Bei dem nc-OS weist ein mikroskopischer Bereich (beispielsweise ein Bereich mit einer Größe von größer als oder gleich 1 nm und kleiner als oder gleich 10 nm) manchmal eine regelmäßige Atomordnung auf. Des Weiteren sind Kristallbereiche in dem nc-OS nicht regelmäßig angeordnet. Demzufolge gibt es einen Fall, in dem keine regelmäßige Atomordnung makroskopisch beobachtet wird, oder einen Fall, in dem keine Fernordnung der Atomanordnung beobachtet wird. Deshalb kann man in einigen Fällen den nc-OS von einem amorphen Oxidhalbleiter in Abhängigkeit von einem Analyseverfahren nicht unterscheiden. Wenn der nc-OS-Film durch ein Out-of-Plane-Verfahren mittels eines XRD-Geräts, bei dem ein Röntgenstrahl mit einem größeren Strahldurchmesser als derjenige eines Kristallbereichs verwendet wird, analysiert wird, erscheint in einigen Fällen kein Peak, der eine Ausrichtung zeigt. Ferner wird ein Halo-Muster (halo pattern) in einigen Fällen in einem Elektronenbeugungsbild des nc-OS gezeigt, das unter Verwendung eines Elektronenstrahls mit einem Durchmesser, der größer ist als derjenige eines Kristallbereichs (beispielsweise mit einem Strahldurchmesser von 20 nm ϕ oder größer oder 50 nm ϕ oder größer), erhalten wird. Punkte werden in einigen Fällen in einem Nanostrahl-Elektronenbeugungsbild des nc-OS gezeigt, das unter Verwendung eines Elektronenstrahls mit einem Durchmesser, der kleiner als oder gleich demjenigen eines Kristallbereichs ist (beispielsweise mit einem Strahldurchmesser von 10 nm ϕ oder kleiner oder 5 nm ϕ oder kleiner), erhalten wird. In einem Nanostrahl-Elektronenbeugungsbild des nc-OS werden Bereiche mit hoher Leuchtdichte in

Kreisform in einigen Fällen betrachtet. In einem Nanostrahl-Elektronenbeugungsbild des nc-OS wird eine Vielzahl von Punkten in einigen Fällen in dem Bereich betrachtet.

[0172] Fig. 10B zeigt ein Beispiel für ein Nanostrahl-Elektronenbeugungsbild einer Probe, die einen nc-OS enthält. Dabei wird die Probe in der Richtung, die senkrecht zu einer Oberfläche ist, auf der der nc-OS ausgebildet ist, geschnitten und ihre Dicke wird auf etwa 40 nm reduziert. Des Weiteren tritt ein Elektronenstrahl mit einem Durchmesser von 1 nm ϕ von der Richtung ein, die senkrecht zur geschnittenen Oberfläche der Probe ist. Fig. 10B zeigt, dass Punkte in dem Nanostrahl-Elektronenbeugungsbild des nc-OS beobachtet werden.

[0173] Da der mikroskopische Bereich in dem nc-OS manchmal eine regelmäßige Atomordnung aufweist, hat der nc-OS eine niedrigere Dichte der Defektzustände als der amorphe Oxidhalbleiter. Es sei angemerkt, dass der nc-OS eine höhere Dichte der Defektzustände hat als der CAAC-OS, da Kristallbereiche in dem nc-OS nicht regelmäßig angeordnet sind.

[0174] Folglich hat der nc-OS in einigen Fällen eine höhere Ladungsträgerdichte als der CAAC-OS. Ein Oxidhalbleiter mit einer hohen Ladungsträgerdichte neigt dazu, eine hohe Elektronenbeweglichkeit aufzuweisen. Deshalb weist ein Transistor, bei dem der nc-OS für einen Kanalbildungsbereich verwendet wird, in einigen Fällen eine hohe Feldeffektbeweglichkeit auf. Im Gegensatz dazu weist der nc-OS in einigen Fällen eine höhere Dichte der Defektzustände auf als der CAAC-OS und hat somit eine höhere Dichte der Fallenzustände. Daher weist ein Transistor, bei dem der nc-OS für einen Kanalbildungsbereich verwendet wird, stärkere Schwankungen der elektrischen Eigenschaften und niedrigere Zuverlässigkeit auf als ein Transistor, bei dem der CAAC-OS für einen Kanalbildungsbereich verwendet wird. Es sei angemerkt, dass der nc-OS erhalten werden kann, auch wenn die Menge der darin enthaltenen Verunreinigung relativ groß ist; deshalb wird der nc-OS manchmal je nach der Anwendung vorzugsweise verwendet. Zusätzlich kann der nc-OS durch ein Abscheidungsverfahren, wie z. B. ein Sputterverfahren unter Verwendung einer Wechselstromquelle, ausgebildet werden. Das Sputterverfahren unter Verwendung einer Wechselstromquelle ermöglicht, dass ein Film mit hoher Gleichmäßigkeit über einem großen Substrat ausgebildet wird, so dass eine Halbleitervorrichtung mit einem Transistor, bei dem der nc-OS für einen Kanalbildungsbereich verwendet wird, mit hoher Produktivität hergestellt werden kann.

[0175] Ein Oxidhalbleiter kann einen amorphen Bereich enthalten. Es sei angemerkt, dass ein Oxidhalbleiter, der einen amorphen Bereich enthält, als amorpher Oxidhalbleiter bezeichnet wird. Ein amorpher Oxidhalbleiter weist eine ungeordnete Atomanordnung und keinen Kristallbereich auf. Ein amorpher Oxidhalbleiter hat wie bei Quarz keine spezifische Form und keine Regelmäßigkeit der Atomanordnung.

[0176] In einem TEM-Bild des amorphen Oxidhalbleiters kann man in einigen Fällen keinen Kristallbereich finden.

[0177] Wenn ein amorpher Oxidhalbleiter durch ein Out-of-Plane-Verfahren unter Verwendung eines XRD-Geräts analysiert wird, erscheint in einigen Fällen kein Peak, der eine Ausrichtung zeigt. Darüber hinaus wird ein Halo-Muster in einigen Fällen in einem Elektronenbeugungsbild des amorphen Oxidhalbleiters beobachtet. In anderen Fällen wird ein Halo-Muster statt eines Punktes in einem Nanostrahl-Elektronenbeugungsbild des amorphen Oxidhalbleiters beobachtet.

[0178] In einigen Fällen kann der amorphe Oxidhalbleiter ausgebildet werden, indem eine Verunreinigung, wie z. B. Wasserstoff, mit einer hohen Konzentration eingesetzt wird. Der amorphe Oxidhalbleiter heißt also ein Oxidhalbleiter, der eine Verunreinigung mit einer hohen Konzentration enthält.

[0179] Wenn ein Oxidhalbleiter eine Verunreinigung mit einer hohen Konzentration enthält, wird ein Defektzustand, wie z. B. eine Sauerstofffehlstelle, in einigen Fällen in dem Oxidhalbleiter gebildet. Dies bedeutet, dass ein amorpher Oxidhalbleiter mit einer hohen Verunreinigungskonzentration eine hohe Dichte der Defektzustände aufweist. Außerdem ist, da der amorphe Oxidhalbleiter niedrige Kristallinität aufweist, die Dichte der Defektzustände des amorphen Oxidhalbleiters höher als diejenige des CAAC-OS oder des nc-OS.

[0180] Folglich hat der amorphe Oxidhalbleiter in einigen Fällen eine viel höhere Ladungsträgerdichte als der nc-OS. Deswegen neigt ein Transistor, bei dem der amorphe Oxidhalbleiter für einen Kanalbildungsbereich verwendet wird, dazu, sich „normalerweise eingeschaltet“ zu verhalten, und kann manchmal vorzugsweise für einen Transistor verwendet werden, der solche elektrische Eigenschaften erfordert. Der amorphe Oxidhalbleiter weist in einigen Fällen eine hohe Dichte der Defektzustände und somit eine hohe Dichte der Fallenzustände auf. Daher weist ein Transistor, bei dem der amorphe Oxidhalbleiter für einen Kanalbildungsbereich

verwendet wird, in einigen Fällen stärkere Schwankungen der elektrischen Eigenschaften und niedrigere Zuverlässigkeit auf als ein Transistor, bei dem der CAAC-OS oder der nc-OS für einen Kanalbildungsbereich verwendet wird. Es sei angemerkt, dass der amorphe Oxidhalbleiter durch ein Abscheidungsverfahren, bei dem relativ viele Verunreinigungen enthalten sind, ausgebildet werden kann; somit kann er leicht erhalten und je nach der Anwendung vorteilhaft verwendet werden. Beispielsweise kann der amorphe Oxidhalbleiter durch ein Abscheidungsverfahren, wie z. B. ein Rotationsbeschichtungsverfahren, ein Sol-Gel-Verfahren, ein Immersionsverfahren, ein Sprühverfahren, ein Siebdruckverfahren, ein Kontaktkopie-Verfahren, ein Tintenstrahldruckverfahren, ein Walzenbeschichtungsverfahren oder ein Nebel-CVD-Verfahren, ausgebildet werden. Daher kann eine Halbleitervorrichtung mit einem Transistor, bei dem der amorphe Oxidhalbleiter für einen Kanalbildungsbereich verwendet wird, mit hoher Produktivität hergestellt werden.

[0181] Es sei angemerkt, dass der Oxidhalbleiter ein Mischfilm sein kann, der zwei oder mehr von einem CAAC-OS, einem polykristallinen Oxidhalbleiter, einem mikrokristallinen Oxidhalbleiter und einem amorphen Oxidhalbleiter enthält. Der Mischfilm enthält in einigen Fällen zwei oder mehr von einem amorphen Oxidhalbleiterbereich, einem mikrokristallinen Oxidhalbleiterbereich, einem polykristallinen Oxidhalbleiterbereich und einem CAAC-OS-Bereich. Der Mischfilm hat in einigen Fällen eine geschichtete Struktur aus zwei oder mehr von einem amorphen Oxidhalbleiterbereich, einem mikrokristallinen Oxidhalbleiterbereich, einem polykristallinen Oxidhalbleiterbereich und einem CAAC-OS-Bereich.

[0182] Ein Oxidhalbleiter kann beispielsweise einen Einkristall enthalten. Es sei angemerkt, dass ein Oxidhalbleiter, der einen Einkristall enthält, als Einkristalloxidhalbleiter bezeichnet wird.

[0183] Der Einkristalloxidhalbleiter weist beispielsweise eine niedrige Verunreinigungskonzentration und eine niedrige Dichte der Defektzustände (eine kleine Anzahl von Sauerstofffehlstellen) auf und hat somit eine niedrige Ladungsträgerdichte. Es ist deshalb unwahrscheinlich, dass sich ein Transistor, bei dem der Einkristalloxidhalbleiter für einen Kanalbildungsbereich verwendet wird, „normalerweise eingeschaltet“ verhält. Außerdem weist der Einkristalloxidhalbleiter in einigen Fällen eine niedrige Dichte der Defektzustände und somit eine niedrige Dichte der Fallenzustände auf. Deshalb weist ein Transistor, bei dem der Einkristalloxidhalbleiter für einen Kanalbildungsbereich verwendet wird, in einigen Fällen geringe Schwankungen der elektrischen Eigenschaften und hohe Zuverlässigkeit auf.

[0184] Der Oxidhalbleiter hat in einigen Fällen eine hohe Dichte, wenn er nur geringe Defekte aufweist. Der Oxidhalbleiter hat in einigen Fällen eine hohe Dichte, wenn er eine hohe Kristallinität aufweist. Der Oxidhalbleiter hat eine hohe Dichte, wenn er eine Verunreinigung, wie z. B. Wasserstoff, mit einer niedrigen Konzentration enthält. In einigen Fällen ist des Weiteren die Dichte eines Einkristalloxidhalbleiters höher als diejenige eines CAAC-OS. In einigen Fällen ist des Weiteren die Dichte eines CAAC-OS höher als diejenige eines mikrokristallinen Oxidhalbleiters. In einigen Fällen ist des Weiteren die Dichte eines polykristallinen Oxidhalbleiters höher als diejenige eines mikrokristallinen Oxidhalbleiters. In einigen Fällen ist des Weiteren die Dichte eines mikrokristallinen Oxidhalbleiters höher als diejenige eines amorphen Oxidhalbleiters.

[0185] Der CAAC-OS wird vorzugsweise unter den folgenden Bedingungen abgeschieden.

[0186] Durch Verringern der Menge an Verunreinigungen, die in den CAAC-OS während der Abscheidung eintreten, kann verhindert werden, dass der Kristallzustand durch die Verunreinigungen verschlechtert wird. Beispielsweise kann die Konzentration der in einer Abscheidungskammer vorhandenen Verunreinigungen (z. B. Wasserstoff, Wasser, Kohlendioxid oder Stickstoff) verringert werden. Ferner kann die Konzentration der Verunreinigungen in einem Abscheidungsgas verringert werden. Insbesondere wird ein Abscheidungsgas verwendet, dessen Taupunkt bei -80 °C oder niedriger, bevorzugt bei -100 °C oder niedriger liegt.

[0187] Durch Erhöhen der Temperatur zur Erwärmung der Oberfläche, auf der der CAAC-OS auszubilden ist (z. B. der Erwärmungstemperatur des Substrats), während der Abscheidung tritt eine Wanderung eines gesputterten Teilchens auf, nachdem das gesputterte Teilchen die Oberfläche erreicht hat, auf der der CAAC-OS auszubilden ist. Die Temperatur der Oberfläche, auf der der CAAC-OS auszubilden ist, während der Abscheidung ist im Besonderen 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.

[0188] Außerdem ist es zu bevorzugen, dass der Sauerstoffanteil am Abscheidungsgas erhöht wird und dass die Leistung optimiert wird, um Plasmaschäden bei der Abscheidung zu verringern. Der Sauerstoffanteil am Abscheidungsgas beträgt höher als oder gleich 30 Vol.-%, bevorzugt 100 Vol.-%.

[0189] Ein Beispiel für ein Target aus einer In-Ga-Zn-O-Verbindung wird als Sputtertarget nachstehend beschrieben.

[0190] Das Target aus einem Metalloxid auf In-Ga-Zn-Basis, das polykristallin ist, 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. Die Druckbehandlung kann während einer Abkühlung oder einer Erwärmung durchgeführt werden. Es sei angemerkt, dass X, Y und Z jeweils eine vorgegebene positive Zahl 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 zu schaffenden Sputtertarget bestimmt werden.

[0191] Tabelle 1 zeigt den Vergleich zwischen Oxidhalbleitern (OS) und Silizium (Si) in einem Kristallzustand.

[Tabelle 1]

		amorph	Mikrokristall	Polykristall	kontinuierlicher Kristall	Einkristall
O-S		a-OS	nc-OS	polykristalliner	CAAC-OS	Einkristall-
		a-OS:H	$\mu\text{c-OS}$	OS		OS
	Nanostrahl-Elektronenbeugung	Halo	Ring +Punkt	Punkt	Punkt	Punkt
	Kristallbereich		nm - μm	diskontinuierlich	kontinuierlich verbunden	-
	DOS	hoch	ein wenig niedrig	-	niedrig	sehr niedrig
	Dichte	niedrig	mittel	-	hoch	-
	Si	a-Si a-Si:H	nc-Si $\mu\text{c-Si}$	polykristallines Si	CG-Silizium	Einkristall-Si

[0192] Beispiele für den Kristallzustand des Oxidhalbleiters umfassen, wie in Tabelle 1 gezeigt, einen amorphen Oxidhalbleiter (a-OS, a-OS:H), einen mikrokristallinen Oxidhalbleiter (nc-OS, $\mu\text{c-OS}$), einen polykristallinen Oxidhalbleiter (polykristallinen OS), einen kontinuierlichen Kristall-Oxidhalbleiter (CAAC-OS) und einen Einkristalloxidhalbleiter (Einkristall-OS). Beispiele für den Kristallzustand von Silizium umfassen, wie in Tabelle 1 gezeigt, amorphes Silizium (a-Si, a-Si:H), mikrokristallines Silizium (nc-Si, $\mu\text{c-Si}$), polykristallines Silizium (polykristallines Si), kontinuierliches Kristall-Silizium (continuous grain (CG-) Silizium) und Einkristall-Silizium (Einkristall-Si).

[0193] Die Oxidhalbleiter in den obigen Kristallzuständen werden einer Elektronenbeugung unter Verwendung eines Elektronenstrahls mit einem Durchmesser, der auf 10 nm ϕ oder kleiner reduziert ist (Nanostrahl-Elektronenbeugung), unterzogen. Dann werden die folgenden Elektronenbeugungsbilder (Nanostrahl-Elektronenbeugungsbilder) beobachtet. Ein Halo-Muster (auch Halo-Ring oder Halo genannt) wird in dem amorphen Oxidhalbleiter beobachtet. Ein Punkt und/oder ein Ringmuster werden/wird in dem mikrokristallinen Oxidhalbleiter beobachtet. Ein Punkt wird in dem polykristallinen Oxidhalbleiter beobachtet. Ein Punkt wird in dem kontinuierlichen Kristall-Oxidhalbleiter beobachtet. Ein Punkt wird in dem Einkristalloxidhalbleiter beobachtet.

[0194] Das Nanostrahl-Elektronenbeugungsbild zeigt, dass der mikrokristalline Oxidhalbleiter einen Kristallbereich mit einem Durchmesser von Nanometern (nm) bis Mikrometern (μm) enthält. Es wird gefunden, dass der polykristalline Oxidhalbleiter eine Korngrenze zwischen Kristallbereichen, d. h. eine diskontinuierliche

Grenze aufweist. Es wird gefunden, dass der kontinuierliche Kristall-Oxidhalbleiter keine Grenze zwischen Kristallbereichen, d. h. eine kontinuierliche Grenze aufweist.

[0195] Die Dichte des Oxidhalbleiters in den jeweiligen Kristallzuständen ist wie folgt. Der amorphe Oxidhalbleiter weist eine niedrige Dichte auf. Der mikrokristalline Oxidhalbleiter weist eine mittlere Dichte auf. Der kontinuierliche Kristall-Oxidhalbleiter weist eine hohe Dichte auf. Mit anderen Worten: die Dichte des kontinuierlichen Kristall-Oxidhalbleiters ist höher als diejenige des mikrokristallinen Oxidhalbleiters, und die Dichte des mikrokristallinen Oxidhalbleiters ist höher als diejenige des amorphen Oxidhalbleiters.

[0196] Die Dichte der Zustände (density of states, DOS) in dem Oxidhalbleiter in den jeweiligen Kristallzuständen ist wie folgt. Der amorphe Oxidhalbleiter weist eine hohe DOS auf. Der mikrokristalline Oxidhalbleiter weist eine ziemlich niedrige DOS auf. Der kontinuierliche Kristall-Oxidhalbleiter weist eine niedrige DOS auf. Der Einkristalloxidhalbleiter weist eine sehr niedrige DOS auf. Mit anderen Worten: die DOS des Einkristalloxidhalbleiters ist niedriger als diejenige des kontinuierlichen Kristall-Oxidhalbleiters, die DOS des kontinuierlichen Kristall-Oxidhalbleiters ist niedriger als diejenige des mikrokristallinen Oxidhalbleiters, und die DOS des mikrokristallinen Oxidhalbleiters ist niedriger als diejenige des amorphen Oxidhalbleiters.

[0197] Der Oxidhalbleiterfilm kann eine Vielzahl von Oxidhalbleiterfilmen, die gestapelt sind, umfassen. Wie bei einem in **Fig. 9A** gezeigten Transistor können beispielsweise ein erster Oxidhalbleiterfilm 188a und ein zweiter Oxidhalbleiterfilm 188b gestapelt sein, um als Halbleiterfilm verwendet zu werden. Der erste Oxidhalbleiterfilm 188a und der zweite Oxidhalbleiterfilm 188b können Metalloxide mit verschiedenen Atomverhältnissen enthalten. Zum Beispiel kann einer der Oxidhalbleiterfilme ein zwei Arten von Metallen enthaltendes Oxid, ein drei Arten von Metallen enthaltendes Oxid oder ein vier Arten von Metallen enthaltendes Oxid enthalten, und der andere der Oxidhalbleiterfilme kann eines anderen von dem zwei Arten von Metallen enthaltenden Oxid, dem drei Arten von Metallen enthaltenden Oxid und dem vier Arten von Metallen enthaltenden Oxid enthalten.

[0198] Alternativ können der erste Oxidhalbleiterfilm 188a und der zweite Oxidhalbleiterfilm 188b die gleichen Bestandteile (Elemente) mit verschiedenen Atomverhältnissen enthalten. Beispielsweise kann einer der Oxidhalbleiterfilme In, Ga und Zn mit einem Atomverhältnis von 3:1:2 enthalten, und der andere der Oxidhalbleiterfilme kann In, Ga und Zn mit einem Atomverhältnis von 1:1:1 enthalten. Alternativ kann einer der Oxidhalbleiterfilme In, Ga und Zn mit einem Atomverhältnis von 2:1:3 enthalten, und der andere der Oxidhalbleiterfilme kann In, Ga und Zn mit einem Atomverhältnis von 1:3:2 enthalten. Alternativ kann einer der Oxidhalbleiterfilme In, Ga und Zn mit einem Atomverhältnis von 1:1:1 enthalten, und der andere der Oxidhalbleiterfilme kann In, Ga und Zn mit einem Atomverhältnis von 1:3:2 enthalten. Alternativ kann einer der Oxidhalbleiterfilme In, Ga und Zn mit einem Atomverhältnis von 1:1:1 enthalten, und der andere der Oxidhalbleiterfilme kann In, Ga und Zn mit einem Atomverhältnis von 1:6:4 enthalten. Alternativ kann einer der Oxidhalbleiterfilme In, Ga und Zn mit einem Atomverhältnis von 1:1:1 enthalten, und der andere der Oxidhalbleiterfilme kann In, Ga und Zn mit einem Atomverhältnis von 1:9:6 enthalten. Es sei angemerkt, dass der Anteil jedes Atoms in dem Atomverhältnis des Oxidhalbleiterfilms im Fehlerbereich von $\pm 20\%$ schwankt.

[0199] In der vorstehenden Beschreibung weist der erste Oxidhalbleiterfilm oder der zweite Oxidhalbleiterfilm, welcher näher der Gate-Elektrode liegt (der Oxidhalbleiterfilm auf der Kanalseite), ein Atomverhältnis von $\text{In} \geq \text{Ga}$ auf; und der andere Oxidhalbleiterfilm, welcher ferner von der Gate-Elektrode liegt (der Oxidhalbleiterfilm auf der Rückkanalseite), weist ein Atomverhältnis von $\text{In} < \text{Ga}$ auf. In diesem Fall kann ein Transistor mit einer hohen Feldeffektbeweglichkeit hergestellt werden. Wenn im Gegensatz dazu der Oxidhalbleiterfilm auf der Kanalseite ein Atomverhältnis von $\text{In} < \text{Ga}$ aufweist und der Oxidhalbleiterfilm auf der Rückkanalseite ein Atomverhältnis von $\text{In} \geq \text{Ga}$ aufweist, ist es möglich, den Betrag der Veränderung der Schwellenspannung eines Transistors infolge einer Veränderung über die Zeit oder einer Zuverlässigkeitsprüfung zu verringern.

[0200] Als weitere Alternative kann der Halbleiterfilm des Transistors eine dreischichtige Struktur aus einem ersten Oxidhalbleiterfilm, einem zweiten Oxidhalbleiterfilm und einem dritten Oxidhalbleiterfilm haben. In diesem Fall können die ersten bis dritten Oxidhalbleiterfilme die gleichen Bestandteile mit verschiedenen Atomverhältnissen enthalten. Ein Transistor, der einen dreischichtigen Halbleiterfilm beinhaltet, wird anhand von **Fig. 9B** beschrieben.

[0201] Der Transistor in **Fig. 9B** beinhaltet einen ersten Oxidhalbleiterfilm 199a, einen zweiten Oxidhalbleiterfilm 199b und einen dritten Oxidhalbleiterfilm 199c, welche in dieser Reihenfolge von der Seite des Gate-Isolierfilms 127 aus gestapelt sind. Der erste Oxidhalbleiterfilm 199a und der dritte Oxidhalbleiterfilm 199c werden unter Verwendung eines Materials ausgebildet, das durch $\text{InM}_1\text{xZn}_y\text{O}_z$ ($x \geq 1$, $y > 1$, $z > 0$, $M_1 = \text{Ga}$,

Hf oder dergleichen) dargestellt wird. Es sei angemerkt, dass in dem Fall, in dem sowohl der erste Oxidhalbleiterfilm 199a als auch der dritte Oxidhalbleiterfilm 199c Ga enthalten, ein Material mit einem großen Ga-Anteil, insbesondere ein Material, das durch $\text{InM}_{1-x}\text{Zn}_y\text{O}_z$ dargestellt werden kann, wobei x größer als 10 ist, ungeeignet ist, weil ein Pulver bei der Abscheidung erzeugt werden könnte.

[0202] Der zweite Oxidhalbleiterfilm 199b wird unter Verwendung eines Materials ausgebildet, das durch $\text{InM}_{2x}\text{Zn}_y\text{O}_z$ ($x \geq 1$, $y \geq 1$, $z > 0$, $M_2 = \text{Ga}$, Sn oder dergleichen) dargestellt werden kann.

[0203] Materialien der ersten bis dritten Oxidhalbleiterfilme 199a bis 199c werden angemessen ausgewählt, um eine topfförmige Struktur (well-shaped structure) zu bilden, bei der das Minimum des Leitungsbandes in dem zweiten Oxidhalbleiterfilm 199b tiefer vom Vakuumniveau liegt als die Minima der Leitungsbänder in den ersten und dritten Oxidhalbleiterfilmen 199a und 199c.

[0204] Es sei angemerkt, dass Silizium und Kohlenstoff, die Gruppe-14-Elemente sind, manchmal zum Bilden von Donatorniveaus in einem Oxidhalbleiterfilm beitragen. Der Oxidhalbleiterfilm wird somit wegen Silizium oder Kohlenstoff darin zu einem N-Typ-Oxidhalbleiterfilm. Daher wird der Oxidhalbleiterfilmen vorzugsweise derart ausgebildet, dass er einen Bereich aufweist, in dem die Siliziumkonzentration und die Kohlenstoffkonzentration jeweils niedriger als oder gleich $3 \times 10^{18} / \text{cm}^3$, bevorzugt niedriger als oder gleich $3 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ sind. Es ist besonders bevorzugt, dass der zweite Oxidhalbleiterfilm 199b, der als Ladungsträgerpfad dient, zwischen dem ersten und dritten Oxidhalbleiterfilm 199a und 199c liegt oder von ihnen umschlossen ist, so dass nicht viele Gruppe-14-Elemente in den zweiten Oxidhalbleiterfilm 199b eintreten. Mit anderen Worten: die ersten und dritten Oxidhalbleiterfilme 199a und 199c können auch Barrierefilme genannt werden, die verhindern, dass Gruppe-14-Elemente, wie z. B. Silizium und Kohlenstoff, in den zweiten Oxidhalbleiterfilm 199b eintreten.

[0205] Beispielsweise können der erste Oxidhalbleiterfilm 199a und der dritte Oxidhalbleiterfilm 199c jeweils ein Atomverhältnis von In: Ga: Zn = 1:3:2, 1:6:4 oder 1:9:6 aufweisen; der zweite Oxidhalbleiterfilm 199b kann ein Atomverhältnis von In: Ga: Zn = 1:1:1 oder 3:1:2 aufweisen.

[0206] Alternativ kann der erste Oxidhalbleiterfilm 199a ein Atomverhältnis von In: Ga: Zn = 1:3:2 aufweisen, der zweite Oxidhalbleiterfilm 199b kann ein Atomverhältnis von In: Ga: Zn = 1:1:1 oder 3:1:2 aufweisen, und der dritte Oxidhalbleiterfilm 199c kann ein Atomverhältnis von In: Ga: Zn = 1:6:4 oder 1:9:6 aufweisen.

[0207] Da die ersten bis dritten Oxidhalbleiterfilme 199a bis 199c die gleichen Bestandteile enthalten, hat der zweite Oxidhalbleiterfilm 199b geringe Defektzustände (Hafterme) an der Grenzfläche zu dem ersten Oxidhalbleiterfilm 199a. Insbesondere sind die Defektzustände (Hafterme) weniger als diejenigen an der Grenzfläche zwischen dem Gate-Isolierfilm 127 und dem ersten Oxidhalbleiterfilm 199a. Aus diesem Grund kann dann, wenn die Oxidhalbleiterfilme auf die vorstehende Weise gestapelt sind, der Betrag der Veränderung der Schwellenspannung eines Transistors infolge einer Veränderung über die Zeit oder einer Zuverlässigkeitsprüfung verringert werden.

[0208] Des Weiteren werden Materialien der ersten bis dritten Oxidhalbleiterfilme 199a bis 199c angemessen ausgewählt, um eine topfförmige Struktur zu bilden, bei der das Minimum des Leitungsbandes in dem zweiten Oxidhalbleiterfilm 199b tiefer vom Vakuumniveau liegt als die Minima der Leitungsbänder in den ersten und dritten Oxidhalbleiterfilmen 199a und 199c. Als Ergebnis kann die Feldeffektbeweglichkeit des Transistors erhöht werden und der Betrag der Veränderung der Schwellenspannung des Transistors infolge einer Veränderung über die Zeit oder einer Zuverlässigkeitsprüfung kann verringert werden.

[0209] Zudem können die ersten bis dritten Oxidhalbleiterfilme 199a bis 199c unter Verwendung von Oxidhalbleitern mit verschiedenen Kristallinitäten ausgebildet werden. Das heißt, dass die ersten bis dritten Oxidhalbleiterfilme unter Verwendung einer Kombination von irgendwelchen eines Einkristalloxidhalbleiters, eines polykristallinen Oxidhalbleiters, eines mikrokristallinen (nanokristallinen) Oxidhalbleiters, eines amorphen Oxidhalbleiters und eines CAAC-OS ausgebildet werden können. Unter Verwendung eines amorphen Oxidhalbleiters für einen der ersten bis dritten Oxidhalbleiterfilme 199a bis 199c kann die Innenspannung oder Außenspannung des Oxidhalbleiterfilms erleichtert werden, Schwankungen der Eigenschaften eines Transistors können verringert werden, und Schwankungen der Schwellenspannung des Transistors infolge einer Veränderung über die Zeit oder einer Zuverlässigkeitsprüfung können verringert werden.

[0210] Zumindest der zweite Oxidhalbleiterfilm 199b, der als Kanalbildungsbereich dienen kann, ist vorzugsweise ein CAAC-OS-Film.

[0211] Wenn der Oxidhalbleiterfilm in Kontakt mit einem leitenden Material, das leicht an Sauerstoff gebunden wird (z. B. einem Metall, das für die Source-Elektrode oder die Drain-Elektrode verwendet wird), steht, diffundiert Sauerstoff in dem Oxidhalbleiterfilm in das leitende Material, das leicht an Sauerstoff gebunden wird. Ein solches Phänomen findet häufiger statt, wenn die Temperatur höher wird. Der Herstellungsprozess des Transistors umfasst einige Erwärmungsschritte. Durch das Phänomen werden daher Sauerstofffehlstellen im und um den Bereich der Oxidhalbleiterschicht, die in Kontakt mit der Source-Elektrode oder der Drain-Elektrode steht, erzeugt, so dass der Bereich zu einem N-Typ-Bereich wird. Demzufolge kann der N-Typ-Bereich als Source oder Drain des Transistors dienen.

[0212] Der vorstehende N-Typ-Bereich ist in **Fig. 9A** und **Fig. 9B** dargestellt. Eine durch eine gepunktete Linie dargestellte Grenze 135 in dem Halbleiterfilm ist die Grenze zwischen einem intrinsischen Halbleiterbereich und dem N-Typ-Halbleiterbereich. In dem Oxidhalbleiter wird ein Bereich, der in der Nähe und in Kontakt mit der Source-Elektrode oder der Drain-Elektrode liegt, zu dem N-Typ-Bereich. Die Grenze 135 ist hier schematisch abgebildet, aber die reale Grenze wird in einigen Fällen nicht deutlich betrachtet. In einigen Fällen liegt die Grenze 135 auch in einer anderen Position.

[0213] Es sei angemerkt, dass diese Ausführungsform mit einer der anderen Ausführungsformen, die in dieser Beschreibung gezeigt sind, kombiniert werden kann.

(Ausführungsform 3)

[0214] Bei dieser Ausführungsform werden das Elektronenbeugungsbild und lokalisierte Zustände eines nanokristallinen Oxidhalbleiterfilms beschrieben, der bei einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet werden kann.

[0215] Wenn ein nanokristalliner Oxidhalbleiterfilm durch Elektronenbeugung (Nanostrahl-Elektronenbeugung) mit einem Strahldurchmesser von 10 nm ϕ oder kleiner beobachtet wird, werden Punkte ohne Richtcharakteristik in seinem Elektronenbeugungsbild gefunden. Dieses Elektronenbeugungsbild des nanokristallinen Oxidhalbleiterfilms weist weder ein Halo-Muster, das auf einen amorphen Zustand hindeutet, noch ein Muster mit regelmäßigen Punkten auf, das auf einen Kristallzustand hindeutet, in dem Kristalle in einer spezifischen Oberfläche ausgerichtet sind.

[0216] **Fig. 13A** zeigt ein Querschnitts-Transmissionselektronenmikroskopie-(cross-sectional transmission electron microscopy, TEM-) Bild des nanokristallinen Oxidhalbleiterfilms. **Fig. 13B**, **Fig. 13C** und **Fig. 13D** zeigen Elektronenbeugungsbilder an Stellen 1, 2 bzw. 3 in **Fig. 13A**, die durch Nanostrahl-Elektronenbeugung beobachtet werden.

[0217] In **Fig. 13A** bis **Fig. 13D** war als Beispiel für den nanokristallinen Oxidhalbleiterfilm ein 50 nm dicker Oxidfilm auf In-Ga-Zn-Basis über einem Quarzglassubstrat ausgebildet. Der nanokristalline Oxidhalbleiterfilm wurde unter den folgenden Bedingungen ausgebildet: ein Oxidtarget, das In, Ga und Zn mit einem Atomverhältnis von 1:1:1 enthielt, wurde verwendet; eine Sauerstoffatmosphäre (Durchflussmenge: 45 sccm) wurde verwendet; der Druck war 0,4 Pa; eine Gleichstrom- (direct-current, DC-) Leistung von 0,5 kW wurde angelegt; und die Substrattemperatur war Raumtemperatur. Die Breite des ausgebildeten nanokristallinen Oxidhalbleiterfilms wurde dann auf kleiner als oder gleich 100 nm (z. B. 40 nm \pm 10 nm) verringert, und Beobachtungen über ein Querschnitts-TEM-Bild und Nanostrahl-Elektronenbeugungsbilder wurden angestellt.

[0218] **Fig. 13A** zeigt das Querschnitts-TEM-Bild des nanokristallinen Oxidhalbleiterfilms, das mit einem Transmissionselektronenmikroskop („H-9000NAR“, von Hitachi High-Technologies Corporation hergestellt) bei einer Beschleunigungsspannung von 300 kV und bei 2 000 000-facher Vergrößerung aufgenommen wurde. **Fig. 13B** bis **Fig. 13D** zeigen Elektronenbeugungsbilder, die durch Nanostrahl-Elektronenbeugung mit einem Strahldurchmesser von etwa 1 nm ϕ erhalten und mit einem Transmissionselektronenmikroskop („HF-2000“, von Hitachi High-Technologies Corporation hergestellt) bei einer Beschleunigungsspannung von 200 kV beobachtet wurden. Es sei angemerkt, dass der Messbereich der Nanostrahl-Elektronenbeugung mit einem Strahldurchmesser von etwa 1 nm ϕ größer als oder gleich 5 nm ϕ und kleiner als oder gleich 10 nm ϕ betrug.

[0219] Wenn der nanokristalline Oxidhalbleiterfilm durch die Nanostrahl-Elektronenbeugung beobachtet wird, wird wie in **Fig. 13B** ein Elektronenbeugungsbild erhalten, das umlaufend angeordnete Punkte (helle Punkte) aufweist. Mit anderen Worten: in dem nanokristallinen Oxidhalbleiterfilm wird eine Vielzahl von sich

umlaufend (konzentrisch) verteilenden Punkten beobachtet, oder eine Vielzahl von sich umlaufend verteilenden Punkten bildet eine Vielzahl von konzentrischen Kreisen.

[0220] Eine Vielzahl von sich umlaufend verteilenden Punkten wird nicht nur in **Fig. 13B**, sondern auch in **Fig. 13C**, die das Zentrum des nanokristallinen Oxidhalbleiterfilms in der Dickenrichtung zeigt, und in **Fig. 13D**, die die Nähe der Grenzfläche zu dem Quarzglassubstrat zeigt, beobachtet. In **Fig. 13C** liegt der Abstand von einem Hauptpunkt bis zu den sich umlaufend verteilenden Punkten in einem Bereich von 3,88 /nm bis 4,93 /nm oder von 0,203 nm bis 0,257 nm, wenn er in einen Ebenenabstand umgewandelt wird.

[0221] Die Nanostrahl-Elektronenbeugungsbilder in **Fig. 13A** bis **Fig. 13D** zeigen, dass der nanokristalline Oxidhalbleiterfilm eine Vielzahl von Kristallbereichen mit unregelmäßigen Oberflächenausrichtungen und verschiedenen Größen enthält.

[0222] **Fig. 14A** zeigt ein Flächen-TEM-Bild (plan TEM image) des nanokristallinen Oxidhalbleiterfilms. **Fig. 14B** zeigt ein Elektronenbeugungsbild eines Bereichs, der von einem Kreis in **Fig. 14A** umgeben ist, wobei die Beobachtung durch eine Feinbereichs- (selected-area) Elektronenbeugung erfolgt.

[0223] In **Fig. 14A** und **Fig. 14B** war als Beispiel für den nanokristallinen Oxidhalbleiterfilm ein 30 nm dicker Oxidfilm auf In-Ga-Zn-Basis über einem Quarzglassubstrat ausgebildet. Der nanokristalline Oxidhalbleiterfilm in **Fig. 14A** und **Fig. 14B** wurde unter den folgenden Bedingungen ausgebildet: ein Oxidtarget, das In, Ga und Zn mit einem Atomverhältnis von 1:1:1 enthielt, wurde verwendet; eine Sauerstoffatmosphäre (Durchflussmenge: 45 sccm) wurde verwendet; der Druck war 0,4 Pa; eine Gleichstrom- (DC-) Leistung von 0,5 kW wurde angelegt; und die Substrattemperatur war Raumtemperatur. Die Probe wurde dann dünner gemacht, und Beobachtungen über ein Flächen-TEM-Bild und ein Feinbereichs-Elektronenbeugungsbild des nanokristallinen Oxidhalbleiterfilms wurden angestellt.

[0224] **Fig. 14A** zeigt das Flächen-TEM-Bild des nanokristallinen Oxidhalbleiterfilms, das mit einem Transmissionselektronenmikroskop („H-9000NAR“, von Hitachi High-Technologies Corporation hergestellt) bei einer Beschleunigungsspannung von 300 kV und bei 500 000-facher Vergrößerung aufgenommen wurde. **Fig. 14B** zeigt das Elektronenbeugungsbild, das durch Elektronenbeugung mit einem Feinbereich von 300 nmφ erhalten wurde. Es sei angemerkt, dass der Messbereich in **Fig. 14B** größer als oder gleich 300 nmφ in Rücksicht auf die Ausbreitung des Elektronenstrahls (etwa mehrere Nanometer) beträgt.

[0225] Wenn der nanokristalline Oxidhalbleiterfilm durch Feinbereichs-Elektronenbeugung, bei der der Messbereich größer ist als derjenige der Nanostrahl-Elektronenbeugung, beobachtet wird, wird wie in **Fig. 14B** die Vielzahl von Punkten, die durch Nanostrahl-Elektronenbeugung beobachtet werden, in dem Elektronenbeugungsbild nicht beobachtet und ein Halo-Muster wird beobachtet.

[0226] **Fig. 15A** bis **Fig. 15C** zeigen eine konzeptionelle Beugungsintensitätsverteilung in den Elektronenbeugungsbildern in **Fig. 13A** bis **Fig. 13D**, **Fig. 14A** und **Fig. 14B**. **Fig. 15A** zeigt ein Konzeptdiagramm der Beugungsintensitätsverteilung in den Nanostrahl-Elektronenbeugungsbildern in **Fig. 13B** bis **Fig. 13D**. **Fig. 15B** zeigt ein Konzeptdiagramm der Beugungsintensitätsverteilung in dem Feinbereichs-Elektronenbeugungsbild in **Fig. 14B**. **Fig. 15C** zeigt ein Konzeptdiagramm der Beugungsintensitätsverteilung in einem Elektronenbeugungsbild einer Einkristall-Struktur oder einer polykristallinen Struktur.

[0227] In jeder der **Fig. 15A** bis **Fig. 15C** bezeichnet die vertikale Achse die Elektronenbeugungsintensität (willkürliche Einheit), die die Verteilung von Punkten oder dergleichen darstellt, und die horizontale Achse bezeichnet den Abstand von einem Hauptpunkt.

[0228] Bei der Einkristall-Struktur oder der polykristallinen Struktur in **Fig. 15C** werden Peaks an Stellen mit einem spezifischen Abstand von dem Hauptpunkt beobachtet, der auf dem Ebenenabstand (d-Wert (d-value)) zwischen Ebenen, auf denen Kristallbereiche ausgerichtet sind, basiert.

[0229] Andererseits weist wie in **Fig. 13B** bis **Fig. 13D** ein umlaufender Bereich, der von der Vielzahl von Punkten gebildet ist und in dem Nanostrahl-Elektronenbeugungsbild des nanokristallinen Oxidhalbleiterfilms beobachtet wird, eine relativ große Breite auf. **Fig. 15A** zeigt deshalb eine diskrete Verteilung. Darüber hinaus wird in dem Nanostrahl-Elektronenbeugungsbild ein Bereich, der hohe Leuchtdichte aufweist und von undeutlichen Punkten gebildet ist, in einem Bereich zwischen konzentrischen Kreisen beobachtet.

[0230] Was das Feinbereichs-Elektronenbeugungsbild des nanokristallinen Oxidhalbleiterfilms betrifft, ist die Elektronenbeugungsintensitätsverteilung kontinuierlich, wie in **Fig. 15B** gezeigt ist. Da sich **Fig. 15B** dem Ergebnis, das durch eine weitgehende Beobachtung der Elektronenbeugungsintensitätsverteilung in **Fig. 15A** erhalten wird, nähern kann, kann davon ausgegangen werden, dass die kontinuierliche Intensitätsverteilung auf die Überlappung und Verbindung zwischen der Vielzahl von Punkten zurückzuführen ist.

[0231] **Fig. 15A** bis **Fig. 15C** deuten darauf hin, dass der nanokristalline Oxidhalbleiterfilm eine Vielzahl von Kristallbereichen mit unregelmäßigen Oberflächenausrichtungen und verschiedenen Größen enthält, wobei die Kristallbereiche so klein sind, dass kein Punkt in den Feinbereichs-Elektronenbeugungsbildern beobachtet wird.

[0232] In **Fig. 13A** bis **Fig. 13D**, in denen die Vielzahl von Punkten beobachtet wird, ist die Breite des nanokristallinen Oxidhalbleiterfilms auf kleiner als oder gleich 50 nm verringert. Zudem beträgt, da der Durchmesser eines Elektronenstrahls auf 1 nm ϕ oder kleiner verringert ist, der Messbereich größer als oder gleich 5 nm und kleiner als oder gleich 10 nm. Es wird daher angenommen, dass der Kristallbereich in dem nanokristallinen Oxidhalbleiterfilm eine Größe von 50 nm oder kleiner, beispielsweise 10 nm oder kleiner oder 5 nm oder kleiner aufweist.

[0233] **Fig. 16** zeigt ein Nanostrahl-Elektronenbeugungsbild eines Quarzglassubstrats. Die Messbedingungen in **Fig. 16** waren denjenigen in **Fig. 13B** bis **Fig. 13D** ähnlich.

[0234] Wie in **Fig. 16** gezeigt ist, weist das Quarzglassubstrat mit einer amorphen Struktur keinen spezifischen Punkt auf und ein Halo-Muster, bei dem sich die Leuchtdichte von einem Hauptpunkt aus allmählich verändert, wird beobachtet. Dies bedeutet, dass eine Vielzahl von sich umlaufend verteilenden Punkten, die den in dem nanokristallinen Oxidhalbleiterfilm beobachteten Punkten ähnlich sind, nicht in einem Film mit einer amorphen Struktur beobachtet wird, auch wenn eine Elektronenbeugung an einem sehr kleinen Bereich durchgeführt wird. Dies deutet darauf hin, dass die Vielzahl von sich umlaufend verteilenden Punkten, die in **Fig. 13B** bis **Fig. 13D** beobachtet werden, nur in dem nanokristallinen Oxidhalbleiterfilm beobachtet wird.

[0235] **Fig. 17** zeigt ein Elektronenbeugungsbild, das beobachtet wurde, nachdem die Stelle 2 in **Fig. 13A** eine Minute lang mit einem Elektronenstrahl, dessen Durchmesser auf etwa 1 nm ϕ verringert war, bestrahlt worden war.

[0236] Ähnlich wie in dem Elektronenbeugungsbild in **Fig. 13C** wird eine Vielzahl von sich umlaufend verteilenden Punkten in dem Elektronenbeugungsbild in **Fig. 17** beobachtet, und es gibt keinen großen Unterschied zwischen den Messergebnissen in **Fig. 13C** und **Fig. 17**. Dies bedeutet, dass der Kristallbereich, der in dem Elektronenbeugungsbild in **Fig. 13C** beobachtet wird, zum Zeitpunkt der Abscheidung des nanokristallinen Oxidhalbleiterfilms existiert und nicht durch die Bestrahlung mit einem Elektronenstrahl mit einem verringerten Durchmesser erzeugt wird.

[0237] **Fig. 18A** und **Fig. 18B** zeigen vergrößerte Ansichten eines Teils des Querschnitts-TEM-Bildes in **Fig. 13A**. **Fig. 18A** zeigt ein Querschnitts-TEM-Bild der Nähe der Stelle 1 (einer Oberfläche des nanokristallinen Oxidhalbleiterfilms) in **Fig. 13A**, wobei die Beobachtung bei 8 000 000-facher Vergrößerung erfolgt. **Fig. 18B** zeigt ein Querschnitts-TEM-Bild der Nähe der Stelle 2 (des Zentrums des nanokristallinen Oxidhalbleiterfilms in der Dickenrichtung) in **Fig. 13A**, wobei die Beobachtung bei 8 000 000-facher Vergrößerung erfolgt.

[0238] In den Querschnitts-TEM-Bildern des nanokristallinen Oxidhalbleiterfilms in **Fig. 18A** und **Fig. 18B** wird eine Kristall-Struktur nicht deutlich beobachtet.

[0239] Die Probe, die in **Fig. 13A** bis **Fig. 13D**, **Fig. 14A** und **Fig. 14B** verwendet wird und in der der nanokristalline Oxidhalbleiterfilm nach dieser Ausführungsform über dem Quarzglassubstrat abgeschieden ist, wurde durch Röntgenstrahlbeugung (XRD) analysiert. **Fig. 19** zeigt ein XRD-Spektrum, das durch ein Out-of-Plane-Verfahren gemessen wurde.

[0240] In **Fig. 19** bezeichnet die vertikale Achse die Röntgenbeugungsintensität (willkürliche Einheit), und die horizontale Achse bezeichnet den Beugungswinkel 2θ (Grad). Es sei angemerkt, dass das XRD-Spektrum mit einem Röntgendiffraktometer, D8 ADVANCE (von Bruker AXS hergestellt), gemessen wurde.

[0241] Wie in **Fig. 19** gezeigt erscheint ein Peak, der Quarz entspricht, bei 2θ von zirka 20° bis 23° ; jedoch kann man keinen Peak finden, der dem Kristallbereich in dem nanokristallinen Oxidhalbleiterfilm entspricht.

[0242] Die Ergebnisse in **Fig. 18A**, **Fig. 18B** und **Fig. 19** deuten darauf hin, dass der Kristallbereich in dem nanokristallinen Oxidhalbleiterfilm ein sehr kleiner Kristallbereich ist.

[0243] Wie zuvor beschrieben worden ist, wird in dem nanokristallinen Oxidhalbleiterfilm nach dieser Ausführungsform kein Peak, der eine Ausrichtung zeigt, durch Röntgenstrahlbeugungsanalyse gefunden, wobei der Messbereich groß ist, während ein Halo-Muster in einem Feinbereichs-Elektronenbeugungsbild beobachtet wird, wobei der Messbereich begrenzt ist. Dies deutet darauf hin, dass der nanokristalline Oxidhalbleiterfilm nach dieser Ausführungsform makroskopisch gleich einem Film mit einer ungeordneten Atomanordnung ist. Wenn der nanokristalline Oxidhalbleiterfilm durch Nanostrahl-Elektronenbeugung mit einem ausreichend kleinen Strahldurchmesser (z. B. kleiner als oder gleich $10\text{ nm}\phi$) beobachtet wird, können jedoch Punkte (helle Punkte) in dem erhaltenen Nanostrahl-Elektronenbeugungsbild gefunden werden. Daher wird davon ausgegangen, dass der nanokristalline Oxidhalbleiterfilm nach dieser Ausführungsform durch die Aggregation von sehr kleinen Kristallbereichen (wobei der Teilchendurchmesser beispielsweise 10 nm oder kleiner, 5 nm oder kleiner oder 3 nm oder kleiner ist) mit regellosen Oberflächenausrichtungen ausgebildet wird. Ein Nanokristallbereich, der sehr kleine Kristallbereiche aufweist, ist im ganzen Bereich des nanokristallinen Oxidhalbleiterfilms in der Dickenrichtung enthalten.

[0244] Nun werden lokalisierte Zustände des nanokristallinen Oxidhalbleiterfilms beschrieben. Es werden die Messergebnisse des nanokristallinen Oxidhalbleiterfilms nach einer konstanten Photostrom-Methode (constant photocurrent method, CPM) beschrieben.

[0245] Zuerst wird eine Struktur einer Messprobe beschrieben.

[0246] Die Messprobe beinhaltet einen Oxidhalbleiterfilm über einem Glassubstrat, ein Paar von Elektroden in Kontakt mit dem Oxidhalbleiterfilm und einen isolierenden Film, der den Oxidhalbleiterfilm und das Paar von Elektroden bedeckt.

[0247] Als nächstes wird ein Verfahren zum Ausbilden des Oxidhalbleiterfilms in der Messprobe beschrieben.

[0248] Ein erster Oxidhalbleiterfilm wurde durch ein Sputterverfahren unter den folgenden Bedingungen ausgebildet: ein In-Ga-Zn-Oxidtarget (In: Ga: Zn = 1:1:1 [Atomverhältnis]) wurde verwendet; Argon mit einer Durchflussmenge von 30 sccm und Sauerstoff mit einer Durchflussmenge von 15 sccm wurden als Abscheidungsgas verwendet; der Druck war $0,4\text{ Pa}$; die Substrattemperatur war Raumtemperatur; und eine Gleichstromleistung von $0,5\text{ kW}$ wurde angelegt. Es sei angemerkt, dass es sich bei dem ersten Oxidhalbleiterfilm um einen nanokristallinen Oxidhalbleiterfilm handelt.

[0249] Der erste Oxidhalbleiterfilm wurde eine Stunde lang bei 450°C in einer Stickstoffatmosphäre und dann eine Stunde lang bei 450°C in einer Sauerstoffatmosphäre erwärmt, wodurch Wasserstoff von dem ersten Oxidhalbleiterfilm entfernt und dem ersten Oxidhalbleiterfilm Sauerstoff zugeführt wurde. Auf diese Weise wurde ein zweiter Oxidhalbleiterfilm erhalten. Es sei angemerkt, dass es sich bei dem zweiten Oxidhalbleiterfilm um einen nanokristallinen Oxidhalbleiterfilm handelt.

[0250] Als nächstes wurde eine CPM-Messung an einer Probe, die den ersten Oxidhalbleiterfilm beinhaltet, und einer Probe, die den zweiten Oxidhalbleiterfilm beinhaltet, durchgeführt. Konkret gesprochen, wird die Menge an Licht, das auf eine Oberfläche der Probe zwischen Anschlüssen fällt, derart reguliert, dass der Wert eines Photostroms in dem Zustand, in dem eine Spannung zwischen einem Paar von Elektroden in Kontakt mit dem Oxidhalbleiterfilm angelegt wird, konstant gehalten wird, und dann wird ein Absorptionskoeffizient von der Menge am Bestrahlungslicht in einem gewollten Wellenlängenbereich abgeleitet.

[0251] Die Absorptionskoeffizienten, die in **Fig. 11A** und **Fig. 11 B** gezeigt sind, wurden erhalten, indem ein Absorptionskoeffizient aufgrund des Band-Ausläufers (band tail) von einem Absorptionskoeffizienten, der durch CPM-Messung an den Proben erhalten wurde, abgezogen wurde. Das heißt, dass **Fig. 11A** und **Fig. 11 B** den Absorptionskoeffizienten aufgrund von Defekten zeigen. In **Fig. 11A** und **Fig. 11B** bezeichnet die horizontale Achse den Absorptionskoeffizienten, und die vertikale Achse bezeichnet die Photonenenergie. Bei der vertikalen Achse in **Fig. 11A** und **Fig. 11B** ist das Minimum des Leitungsbandes des Oxidhalbleiterfilms auf 0 eV eingestellt, und das Maximum des Valenzbandes ist auf $3,15\text{ eV}$ eingestellt. Jede Kurve in

Fig. 11A und **Fig. 11 B** stellt die Beziehung zwischen dem Absorptionskoeffizienten und der Photonenenergie dar, die Defektzuständen entspricht.

[0252] **Fig. 11A** zeigt ein Messergebnis der Probe, die den ersten Oxidhalbleiterfilm beinhaltet, wobei der Absorptionskoeffizient, der auf Defektzustände hindeutet, $5,28 \times 10^{-1} \text{ cm}^{-1}$ betrug. **Fig. 11B** zeigt ein Messergebnis der Probe, die den zweiten Oxidhalbleiterfilm beinhaltet, wobei der Absorptionskoeffizient, der auf Defektzustände hindeutet, $1,75 \times 10^{-2} \text{ cm}^{-1}$ betrug.

[0253] Die obigen Ergebnisse zeigen, dass Defekte in dem Oxidhalbleiterfilm durch eine Wärmebehandlung verringert werden können.

[0254] Die Filmdichten (film densities) des ersten Oxidhalbleiterfilms und des zweiten Oxidhalbleiterfilms wurden durch Röntgenreflektometrie (X-ray reflectometry, XRR) gemessen. Der erste Oxidhalbleiterfilm weist eine Filmdichte von $5,9 \text{ g/cm}^3$ auf, und der zweite Oxidhalbleiterfilm weist eine Filmdichte von $6,1 \text{ g/cm}^3$ auf.

[0255] Dies deutet darauf hin, dass die Filmdichte des Oxidhalbleiterfilms durch eine Wärmebehandlung erhöht werden kann.

[0256] Mit anderen Worten: der Oxidhalbleiterfilm mit einer höheren Filmdichte weist weniger Defekte auf.

[0257] Diese Ausführungsform kann mit einer der anderen Ausführungsformen, die in dieser Beschreibung gezeigt sind, kombiniert werden.

(Ausführungsform 4)

[0258] Bei dieser Ausführungsform werden Elektronenbeugungsbilder und lokalisierte Zustände eines CAAC-OS-Films beschrieben, der für eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet werden kann.

[0259] Der bei dieser Ausführungsform verwendete CAAC-OS-Film ist ein Oxidefilm auf In-Ga-Zn-Basis, der durch ein Sputterverfahren unter Verwendung eines sauerstoffhaltigen Abscheidungsgases und eines Targets aus einem In-Ga-Zn-Oxid (mit einem Atomverhältnis von In: Ga: Zn = 1:1:1) ausgebildet wird. Auf die Ausführungsformen 1 und 2 kann man bezüglich der Details eines Herstellungsverfahrens und dergleichen des CAAC-OS-Films Bezug nehmen.

[0260] **Fig. 20** zeigt ein Querschnitts-Transmissionselektronenmikroskopie-(TEM-) Bild des CAAC-OS-Films. **Fig. 21A** bis **Fig. 21D** zeigen Elektronenbeugungsbilder, die durch Messung erhalten wurden, die durch Elektronenbeugung an Stellen 1 bis 4 in **Fig. 20** durchgeführt wurde.

[0261] Das Querschnitts-TEM-Bild in **Fig. 20** wurde mit einem Transmissionselektronenmikroskop („H-9000NAR“, von Hitachi High-Technologies Corporation hergestellt) bei einer Beschleunigungsspannung von 300 kV und bei 2 000 000-facher Vergrößerung aufgenommen. Die Elektronenbeugungsbilder in **Fig. 21A** bis **Fig. 21D** wurden mit einem Transmissionselektronenmikroskop („HF-2000“, von Hitachi High-Technologies Corporation hergestellt) bei einer Beschleunigungsspannung von 200 kV und mit einem Strahldurchmesser von etwa $1 \text{ nm}\phi$ oder etwa $50 \text{ nm}\phi$ erhalten. Es sei angemerkt, dass eine Elektronenbeugung mit einem Strahldurchmesser von $10 \text{ nm}\phi$ oder kleiner in einigen Fällen besonders als Nanostrahl-Elektronenbeugung bezeichnet wird. Zusätzlich beträgt ein Messbereich der Elektronenbeugung mit einem Strahldurchmesser von etwa $1 \text{ nm}\phi$ größer als oder gleich $5 \text{ nm}\phi$ und kleiner als oder gleich $10 \text{ nm}\phi$.

[0262] Elektronenbeugungsbilder an der Stelle 1 (der Oberflächenseite des Films), an der Stelle 2 (dem Zentrum des Films) und an der Stelle 3 (der Basisseite des Films), welche in **Fig. 20** gezeigt sind, entsprechen **Fig. 21A**, **Fig. 21 B** bzw. **Fig. 21C** und werden mit einem Elektronenstrahldurchmesser von etwa $1 \text{ nm}\phi$ erhalten. Ein Elektronenbeugungsbild an der Stelle 4 (dem ganzen Film), welche in **Fig. 20** gezeigt ist, entspricht **Fig. 21D** und wird mit einem Elektronenstrahldurchmesser von etwa $50 \text{ nm}\phi$ erhalten.

[0263] Ein Muster, das von Punkten (hellen Punkten) gebildet ist, wird in jedem der Elektronenbeugungsbilder der Stelle 1 (auf der Oberflächenseite des Films) und der Stelle 2 (des Zentrums des Films) beobachtet, und ein ein wenig deformiertes Muster wird an der Stelle 3 (auf der Basisseite des Films) beobachtet. Dies deutet darauf hin, dass der Kristallzustand in der Dickenrichtung des CAAC-OS-Films schwankt. Es sei ange-

merkt, dass ein von Punkten (hellen Punkten) gebildetes Muster an der Stelle 4 (im ganzen Film) beobachtet wird, was darauf hindeutet, dass der ganze Film ein CAAC-OS-Film oder ein Film, der einen CAAC-OS-Film aufweist, ist.

[0264] Fig. 22 zeigt eine vergrößerte Ansicht eines Bereichs in der Nähe der Stelle 1 (auf der Oberflächen-seite des Films) in Fig. 20. In Fig. 22 erstreckt sich ein Bild eines deutlichen Gitters, das eine Ausrichtung des CAAC-OS-Films zeigt, bis zur Grenzfläche zu einem SiON-Film, der ein isolierender Zwischenfilm ist.

[0265] Fig. 23A und Fig. 23B zeigen ein Querschnitts-TEM-Bild bzw. ein Röntgenstrahlbeugungsspektrum eines anderen CAAC-OS-Films als des CAAC-OS-Films, der für das Querschnitts-TEM-Bild in Fig. 20 verwendet wird. Ein CAAC-OS-Film kann verschiedene Formen haben, und ein Peak A, der auf eine Kristallkomponente hindeutet, erscheint bei 2θ von zirka 31° , wie in Fig. 23B gezeigt ist; in einigen Fällen erscheint jedoch der Peak nicht deutlich.

[0266] Fig. 24A bis Fig. 24D zeigen Ergebnisse einer Elektronenbeugung, die mit Elektronenstrahldurchmessern von $1\text{ nm}\phi$, $20\text{ nm}\phi$, $50\text{ nm}\phi$ bzw. $70\text{ nm}\phi$ an Bereichen in dem CAAC-OS-Film durchgeführt wurde. Die Bereiche sind durch konzentrische Kreise in Fig. 23A dargestellt. Im Fall eines Elektronenstrahldurchmessers von $1\text{ nm}\phi$ kann ein Muster, das von deutlichen Punkten (hellen Punkten) gebildet ist, wie in Fig. 21A und Fig. 21B beobachtet werden. Mit der Zunahme des Elektronenstrahldurchmessers werden die Punkte (die hellen Punkte) undeutlich, aber ein Beugungsbild kann beobachtet werden. Der ganze Film ist deshalb ein CAAC-OS-Film oder ein Film, der einen CAAC-OS-Film aufweist.

[0267] Fig. 25A und Fig. 25B zeigen ein Querschnitts-TEM-Bild bzw. ein Röntgenstrahlbeugungsspektrum des für die Querschnitts-TEM-Beobachtung in Fig. 23A verwendeten CAAC-OS-Films, welche nach einer Ausheilung (annealing) bei 450°C erhalten werden.

[0268] Fig. 26A bis Fig. 26D zeigen Ergebnisse einer Elektronenbeugung, die mit Elektronenstrahldurchmessern von $1\text{ nm}\phi$, $20\text{ nm}\phi$, $50\text{ nm}\phi$ bzw. $70\text{ nm}\phi$ an Bereichen in dem CAAC-OS-Film durchgeführt wurde. Die Bereiche sind durch konzentrische Kreise in Fig. 25A dargestellt. Im Fall eines Elektronenstrahldurchmessers von $1\text{ nm}\phi$ kann, ähnlich wie bei den Ergebnissen in Fig. 24A bis Fig. 24D, ein Muster, das von deutlichen Punkten (hellen Punkten) gebildet ist, beobachtet werden. Mit der Zunahme des Elektronenstrahldurchmessers werden die Punkte (die hellen Punkte) undeutlich, aber ein Beugungsbild kann beobachtet werden. Der ganze Film ist deshalb ein CAAC-OS-Film oder ein Film, der einen CAAC-OS-Film aufweist.

[0269] Fig. 27A und Fig. 27B zeigen ein Querschnitts-TEM-Bild bzw. ein Röntgenstrahlbeugungsspektrum eines anderen CAAC-OS-Films als des CAAC-OS-Films, der für das Querschnitts-TEM-Bild in Fig. 20 und die Querschnitts-TEM-Beobachtung in Fig. 23A verwendet wird. Der CAAC-OS-Film hat verschiedene Formen, und wie in Fig. 27B gezeigt erscheint in einigen Fällen ein Peak B, der aus einer Spinell-Kristallstruktur stammt, sowie der Peak A, der auf eine Kristallkomponente hindeutet und bei 2θ von zirka 31° erscheint.

[0270] Fig. 28A bis Fig. 28D zeigen Ergebnisse einer Elektronenbeugung, die mit Elektronenstrahldurchmessern von $1\text{ nm}\phi$, $20\text{ nm}\phi$, $50\text{ nm}\phi$ bzw. $90\text{ nm}\phi$ an Bereichen in dem CAAC-OS-Film durchgeführt wurde. Die Bereiche sind durch konzentrische Kreise in Fig. 27A dargestellt. Im Fall eines Elektronenstrahldurchmessers von $1\text{ nm}\phi$ kann ein Muster, das von deutlichen Punkten (hellen Punkten) gebildet ist, beobachtet werden. Mit der Zunahme des Elektronenstrahldurchmessers werden die Punkte (die hellen Punkte) undeutlich, aber ein Beugungsbild kann beobachtet werden. Ferner können im Fall eines Strahldurchmessers von $90\text{ nm}\phi$ deutlichere Punkte (helle Punkte) beobachtet werden. Der ganze Film ist folglich ein CAAC-OS-Film oder ein Film, der einen CAAC-OS-Film aufweist.

[0271] Nun werden lokalisierte Zustände des CAAC-OS-Films beschrieben. Es werden die Messergebnisse des CAAC-OS-Films nach einer konstanten Photostrom-Methode (CPM) beschrieben.

[0272] Zuerst wird eine Struktur einer Probe, die der CPM-Messung unterzogen wurde, beschrieben.

[0273] Die Messprobe beinhaltet einen Oxidhalbleiterfilm über einem Glassubstrat, ein Paar von Elektroden in Kontakt mit dem Oxidhalbleiterfilm und einen isolierenden Film, der den Oxidhalbleiterfilm und das Paar von Elektroden bedeckt.

[0274] Als nächstes wird ein Verfahren zum Ausbilden des Oxidhalbleiterfilms in der Messprobe beschrieben.

[0275] Ein Oxidhalbleiterfilm wurde durch ein Sputterverfahren unter den folgenden Bedingungen ausgebildet: ein In-Ga-Zn-Oxidtarget (In: Ga: Zn = 1:1:1 [Atomverhältnis]) wurde verwendet; Argon mit einer Durchflussmenge von 30 sccm und Sauerstoff mit einer Durchflussmenge von 15 sccm wurden als Abscheidungs-gas verwendet; der Druck war 0,4 Pa; die Substrattemperatur war 400 °C; und eine Gleichstromleistung von 0,5 kW wurde angelegt. Danach wurde der Oxidhalbleiterfilm eine Stunde lang bei 450 °C in einer Stickstoffatmosphäre und dann eine Stunde lang bei 450 °C in einer Sauerstoffatmosphäre erwärmt, wodurch Wasserstoff von dem Oxidhalbleiterfilm entfernt und dem Oxidhalbleiterfilm Sauerstoff zugeführt wurde. Es sei angemerkt, dass es sich bei diesem Oxidhalbleiterfilm um einen CAAC-OS-Film handelt.

[0276] Als nächstes wurde eine CPM-Messung an der Probe, die den Oxidhalbleiterfilm beinhaltet, durchgeführt. Konkret gesprochen, wird die Menge an Licht, das auf eine Oberfläche der Probe zwischen Anschlüssen fällt, derart reguliert, dass der Wert eines Photostroms in dem Zustand, in dem eine Spannung zwischen einem Paar von Elektroden in Kontakt mit dem Oxidhalbleiterfilm angelegt wird, konstant gehalten wird, und dann wird ein Absorptionskoeffizient von der Menge am Bestrahlungslicht in einem gewollten Wellenlängenbereich abgeleitet.

[0277] Fig. 12 zeigt den Absorptionskoeffizienten, der erhalten wurde, indem ein Absorptionskoeffizient aufgrund des Band-Ausläufers von einem Absorptionskoeffizienten, der durch CPM-Messung an der Probe erhalten wurde, abgezogen wurde. Das heißt, dass Fig. 12 den Absorptionskoeffizienten aufgrund von Defekten zeigt. In Fig. 12 bezeichnet die horizontale Achse den Absorptionskoeffizienten, und die vertikale Achse bezeichnet die Photonenenergie. Bei der vertikalen Achse in Fig. 12 ist das Minimum des Leitungsbandes des Oxidhalbleiterfilms auf 0 eV eingestellt, und das Maximum des Valenzbandes ist auf 3,15 eV eingestellt. Die Kurve in Fig. 12 stellt die Beziehung zwischen dem Absorptionskoeffizienten und der Photonenenergie dar, die Defektzuständen entspricht.

[0278] In Fig. 12 betrug der Absorptionskoeffizient, der auf Defektzustände hindeutet, $5,86 \times 10^{-4} \text{ cm}^{-1}$. Das heißt, dass der CAAC-OS-Film einen Absorptionskoeffizienten aufgrund von Defektzuständen von weniger als $1 \times 10^{-3} / \text{cm}$, bevorzugt weniger als $1 \times 10^{-4} / \text{cm}$ aufweist, nämlich eine niedrige Dichte der Defektzustände.

[0279] Die Filmdichte des Oxidhalbleiterfilms wurde durch Röntgenreflektometrie (XRR) gemessen. Der Oxidhalbleiterfilm weist eine Filmdichte von $6,3 \text{ g/cm}^3$ auf. Das heißt, dass der CAAC-OS-Film eine hohe Filmdichte aufweist.

[0280] Diese Ausführungsform kann mit einer der anderen Ausführungsformen, die in dieser Beschreibung gezeigt sind, kombiniert werden.

(Ausführungsform 5)

[0281] Eine Halbleitervorrichtung (Anzeigevorrichtung), die eine Anzeigefunktion hat, kann unter Verwendung eines Transistors und eines 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, auf dem der Pixelabschnitt ausgebildet ist, ausgebildet werden, wodurch ein System auf dem Anzeigefeld (system on panel) erhalten werden kann. Bei dieser Ausführungsform wird ein Beispiel für eine Anzeigevorrichtung, bei der der Transistor verwendet wird, für den Beispiele bei den vorstehenden Ausführungsformen beschrieben worden sind, anhand von Fig. 29A bis Fig. 29C, Fig. 30 und Fig. 31A bis Fig. 31C beschrieben. Fig. 30 ist eine Querschnittsansicht entlang der Punkt-Strich-Linie M-N in Fig. 29B. Es sei angemerkt, dass Fig. 30 nur einen Teil der Struktur des Pixelabschnitts darstellt.

[0282] In Fig. 29A ist ein Dichtungsmaterial 905 derart angeordnet, dass es einen Pixelabschnitt 902 über einem ersten Substrat 901 umgibt, wobei der Pixelabschnitt 902 mit einem zweiten Substrat 906 abgedichtet ist. In Fig. 29A sind eine zweite Treiberschaltung 903 und eine erste Treiberschaltung 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 von flexiblen gedruckten Schaltungen (flexible printed circuit, FPC) 918a und 918b zu der zweiten Treiberschaltung 903, der ersten Treiberschaltung 904 und dem Pixelabschnitt 902 zugeführt.

[0283] Die erste Treiberschaltung 904 dient als Abtastleitungs-Treiberschaltung, und die zweite Treiberschaltung 903 dient als Signalleitungs-Treiberschaltung.

[0284] In **Fig. 29B** und **Fig. 29C** ist das Dichtungsmaterial 905 derart angeordnet, dass es den Pixelabschnitt 902 und die erste Treiberschaltung 904 umgibt, welche über dem ersten Substrat 901 angeordnet sind. Das zweite Substrat 906 ist über dem Pixelabschnitt 902 und der ersten Treiberschaltung 904 angeordnet. Infolgedessen sind der Pixelabschnitt 902 und die erste Treiberschaltung 904 zusammen mit einem Anzeigeelement durch das erste Substrat 901, das Dichtungsmaterial 905 und das zweite Substrat 906 abgedichtet. In **Fig. 29B** und **Fig. 29C** ist die zweite Treiberschaltung 903, die unter Verwendung eines einkristallinen Halbleiters oder eines polykristallinen Halbleiters ausgebildet ist, über einem getrennt vorbereiteten Substrat angeordnet und in einem Bereich, der von dem von dem Dichtungsmaterial 905 umgebenen Bereich unterschiedlich ist, über dem ersten Substrat 901 montiert. In **Fig. 29B** und **Fig. 29C** werden verschiedene Signale und Potenziale von der FPC 918 zu der zweiten Treiberschaltung 903, der ersten Treiberschaltung 904 und dem Pixelabschnitt 902 zugeführt.

[0285] Obwohl **Fig. 29B** und **Fig. 29C** jeweils ein Beispiel darstellen, in dem die zweite Treiberschaltung 903 getrennt ausgebildet und auf dem ersten Substrat 901 montiert ist, ist eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung nicht auf diese Struktur beschränkt. Die erste Treiberschaltung kann getrennt ausgebildet und dann montiert werden, oder es kann nur ein Teil der zweiten Treiberschaltung oder ein Teil der ersten Treiberschaltung getrennt ausgebildet und dann montiert werden.

[0286] Ein Verbindungsverfahren einer getrennt ausgebildeten Treiberschaltung unterliegt keinen speziellen Beschränkungen; beispielsweise kann ein Chip auf Glas- (chip on glass, COG-) Verfahren, ein Drahtverbindungsverfahren (wire bonding method) oder ein Verfahren zum Montieren eines Tape-Carrier-Package (TCP) oder dergleichen verwendet werden. **Fig. 29A** zeigt ein Beispiel, in dem die zweite Treiberschaltung 903 und die erste Treiberschaltung 904 durch ein COG-Verfahren montiert sind; **Fig. 29B** zeigt ein Beispiel, in dem die zweite Treiberschaltung 903 durch ein COG-Verfahren montiert ist; und **Fig. 29C** zeigt ein Beispiel, in dem die zweite Treiberschaltung 903 als TCP montiert ist.

[0287] Die Kategorie „Anzeigevorrichtung“ umfasst ein Anzeigefeld, bei dem ein Anzeigeelement abgedichtet ist, sowie ein Modul, bei dem eine integrierte Schaltung (integrated circuit, IC) oder dergleichen, die einen Regler beinhaltet, auf dem Anzeigefeld montiert ist.

[0288] Es sei angemerkt, dass die Anzeigevorrichtung in dieser Beschreibung eine Bildanzeigevorrichtung oder eine Anzeigevorrichtung bezeichnet. Die Anzeigevorrichtung kann als Lichtquelle (einschließlich einer Beleuchtungsvorrichtung) dienen. Die Kategorie „Anzeigevorrichtung“ umfasst ferner auch die nachfolgenden Module: ein Modul, an dem ein Verbinders, wie z. B. eine FPC oder ein 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) durch ein COG-Verfahren direkt auf einem Anzeigeelement montiert ist.

[0289] Der Pixelabschnitt und die erste Treiberschaltung, welche über dem ersten Substrat angeordnet sind, beinhalten eine Vielzahl von Transistoren, und einer der Transistoren, die bei den vorstehenden Ausführungsformen beschrieben worden sind, kann verwendet werden.

[0290] Beispiele für das Anzeigeelement, das in der Anzeigevorrichtung bereitgestellt ist, umfassen ein Flüssigkristallelement und ein lichtemittierendes Element. Ein Beispiel für das Flüssigkristallelement ist ein Element, das das Durchlassen oder Nichtdurchlassen von Licht durch die optische Modulationsaktion von Flüssigkristallen steuert. Das Element kann von einem Paar von Elektroden und einer Flüssigkristallschicht ausgebildet sein. Die optische Modulationsaktion eines Flüssigkristalls wird durch ein elektrisches Feld (einschließlich eines horizontalen elektrischen Feldes, eines vertikalen elektrischen Feldes und eines schrägen elektrischen Feldes) gesteuert, das an den Flüssigkristall angelegt wird. Es sei angemerkt, dass konkrete Beispiele für das Flüssigkristallelement das Folgende umfassen: einen nematischen Flüssigkristall, einen cholesterischen Flüssigkristall, einen smektischen Flüssigkristall, einen diskotischen Flüssigkristall, einen thermotropen Flüssigkristall, einen lyotropen Flüssigkristall, einen niedermolekularen Flüssigkristall, einen hochmolekularen Flüssigkristall, einen polymerdispertierten Flüssigkristall (polymer dispersed liquid crystal, PDLC), einen ferroelektrischen Flüssigkristall, einen anti-ferroelektrischen Flüssigkristall, einen Hauptketten-Flüssigkristall, einen hochmolekularen Nebenketten-Flüssigkristall und einen bananenförmigen Flüssigkristall. Beispiele für das Verfahren zum Betreiben eines Flüssigkristalls umfassen einen TN- (Twisted Nematic-) Modus, einen STN- (Super-Twisted Nematic-) Modus, einen IPS- (In-Plane Switching-) Modus, einen FFS- (Fringe-Field-Switching-) Modus, einen MVA- (Multi-domain Vertical Alignment-) Modus, einen PVA- (Pat-

terned Vertical Alignment-) Modus, einen ASV- (Advanced-Super-View-) Modus, einen ASM- (Achsensymmetrisch-Ausgerichtete-Mikrozelle-, axially symmetric aligned micro-cell) Modus, einen OCB- (optisch kompensierten Doppelbrechungs-, optically compensated birefringence) Modus, einen ECB- (elektrisch gesteuerten Doppelbrechungs-, electrically controlled birefringence) Modus, einen FLC- (ferroelektrischen Flüssigkristall-, ferroelectric liquid crystal) Modus, einen AFLC- (anti-ferroelektrischen Flüssigkristall-, anti-ferroelectric liquid crystal) Modus, einen PDLC- (polymerdispertierten Flüssigkristall-) Modus, einen Guest-Host-Modus und einen blauen Phasen-Modus. Es sei angemerkt, dass eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung nicht darauf beschränkt ist und dass verschiedene Flüssigkristallelemente und Betriebsverfahren verwendet werden können. Die Kategorie „lichtemittierendes Element“ umfasst ein Element, dessen Leuchtdichte durch einen Strom oder eine Spannung gesteuert wird, insbesondere ein anorganisches Elektrolumineszenz- (EL-) Element und ein organisches EL-Element. Darüber hinaus kann ein Anzeigemedium, dessen Kontrast durch einen elektrischen Effekt geändert wird, wie z. B. elektronische Tinte, verwendet werden. **Fig. 30** zeigt ein Beispiel für eine Flüssigkristallanzeigevorrichtung, bei der ein Flüssigkristallelement als Anzeigeelement verwendet wird.

[0291] **Fig. 30** zeigt eine Querschnittsansicht einer Flüssigkristallanzeigevorrichtung eines Modus mit vertikalem elektrischem Feld. Die Flüssigkristallanzeigevorrichtung beinhaltet eine Verbindungsanschlusselektrode 915 und eine Anschlusselektrode 916. Die Verbindungsanschlusselektrode 915 und die Anschlusselektrode 916 sind über einen anisotropen leitenden Stoff 919 elektrisch mit einem Anschluss, der in der FPC 918 enthalten ist, verbunden.

[0292] Die Verbindungsanschlusselektrode 915 ist unter Verwendung des gleichen leitenden Films wie eine erste Elektrode 930 ausgebildet. Die Anschlusselektrode 916 ist unter Verwendung des gleichen leitenden Films wie Source- und Drain-Elektroden von Transistoren 910 und 911 ausgebildet.

[0293] Der Pixelabschnitt 902 und die erste Treiberschaltung 904, welche über dem ersten Substrat 901 angeordnet sind, beinhalten jeweils eine Vielzahl von Transistoren, und der Transistor 910, der in dem Pixelabschnitt 902 enthalten ist, und der Transistor 911, der in der ersten Treiberschaltung 904 enthalten ist, sind als Beispiele gezeigt. Ein isolierender Film 924, der den bei der Ausführungsform 1 gezeigten isolierenden Filmen 129, 131 und 132 entspricht, ist über den Transistoren 910 und 911 angeordnet. Des Weiteren ist ein isolierender Film 934 über dem isolierenden Film 924 angeordnet, um die Ebenheit zu verbessern. Ein isolierender Film 923 ist ein isolierender Nitridfilm.

[0294] Bei dieser Ausführungsform kann der Transistor, der in dem bei der Ausführungsform 1 gezeigten Pixel 101 angeordnet ist, als der Transistor 910 verwendet werden. Darüber hinaus kann der Transistor, der in der bei der Ausführungsform 1 gezeigten ersten Treiberschaltung 104 angeordnet ist, als der Transistor 911 verwendet werden. Der Transistor 911 beinhaltet einen leitenden Film 917; jedoch muss der leitende Film 917 nicht unbedingt bereitgestellt sein.

[0295] Ein Kondensator 936 ist unter Verwendung eines Oxidhalbleiterfilms 927, der isolierenden Filme 924 und 934 und der ersten Elektrode 930 ausgebildet. Der Oxidhalbleiterfilm 927 ist elektrisch mit einer Kondensatorleitung 929 verbunden. Die Kondensatorleitung 929 ist unter Verwendung des gleichen leitenden Films wie Gate-Elektroden der Transistoren 910 und 911 ausgebildet. Obwohl der Kondensator, der bei der Ausführungsform 1 beschrieben worden ist, als der Kondensator 936 dargestellt ist, kann einer der Kondensatoren bei den anderen Ausführungsformen nach Bedarf verwendet werden.

[0296] Der Transistor 910, der in dem Pixelabschnitt 902 angeordnet ist, ist elektrisch mit dem Anzeigeelement verbunden und bildet so ein Anzeigefeld. Es existiert keine besondere Beschränkung hinsichtlich der Art des Anzeigeelements, solange nur das Anzeigen erfolgen kann, und es können verschiedene Arten von Anzeigeelementen zum Einsatz kommen.

[0297] Ein Flüssigkristallelement 913 ist ein Anzeigeelement, das die erste Elektrode 930, eine zweite Elektrode 931 und eine Flüssigkristallschicht 908 beinhaltet. Ein isolierender Film 932 und ein isolierender Film 933, welche als Ausrichtungsfilme dienen, sind derart angeordnet, dass die Flüssigkristallschicht 908 dazwischen liegt. Die zweite Elektrode 931 ist auf der Seite des zweiten Substrats 906 angeordnet. Die zweite Elektrode 931 überlappt die erste Elektrode 930, wobei die Flüssigkristallschicht 908 dazwischen liegt.

[0298] Die erste Elektrode 930 und die zweite Elektrode 931 (jede von ihnen kann Pixelelektrode, gemeinsame Elektrode, Gegenelektrode oder dergleichen genannt werden) 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, in der die Elektrode angeordnet ist, und der Musterstruktur (pattern structure) der Elektrode abhängen.

[0299] Die erste Elektrode 930 und die zweite Elektrode 931 können angemessen unter Verwendung von Materialien, die denjenigen der bei der Ausführungsform 1 gezeigten Pixelelektrode 121 ähnlich sind, ausgebildet werden.

[0300] Ein Abstandshalter 935 ist ein säulenförmiger Abstandshalter, der durch selektives Ätzen eines isolierenden Films erhalten wird, und ist bereitgestellt, um den Abstand zwischen der ersten Elektrode 930 und der zweiten Elektrode 931 (eine Zellenlücke, cell gap) zu steuern. Alternativ kann auch ein kugelförmiger Abstandshalter verwendet werden.

[0301] In dem Fall, in dem ein Flüssigkristallelement als Anzeigeelement verwendet wird, kann ein thermotroper Flüssigkristall, ein niedermolekularer Flüssigkristall, ein hochmolekularer Flüssigkristall, ein polymerdispersierter Flüssigkristall, ein ferroelektrischer Flüssigkristall, ein anti-ferroelektrischer 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.

[0302] Alternativ kann ein Flüssigkristall, der eine blaue Phase zeigt, für die kein Ausrichtungsfilm notwendig ist, verwendet werden. Eine blaue Phase ist eine der 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 eingemischt ist, für die Flüssigkristallschicht 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, was die elektrischen Eigenschaften des Transistors in der Halbleitervorrichtung nach einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verschlechtern könnte. Deshalb ermöglicht die Verwendung eines Flüssigkristalls, der eine blaue Phase zeigt, für die Flüssigkristallschicht, dass die Halbleitervorrichtung nach einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ohne organisches Harz hergestellt wird, so dass eine hochzuverlässige Halbleitervorrichtung erhalten werden kann.

[0303] Das erste Substrat 901 und das zweite Substrat 906 sind durch ein Dichtungsmaterial 925 örtlich fixiert. Als das Dichtungsmaterial 925 kann ein organisches Harz, wie z. B. ein wärmeaushärtendes Harz oder ein photohärtendes Harz, verwendet werden. Das Dichtungsmaterial 925 steht in Kontakt mit dem isolierenden Film 924. Es sei angemerkt, dass das Dichtungsmaterial 925 dem Dichtungsmaterial 905 entspricht, das in **Fig. 29A** bis **Fig. 29C** gezeigt ist.

[0304] Das Dichtungsmaterial 925 ist über dem isolierenden Film 924 angeordnet. Der isolierende Film 934 ist auf der inneren Seite des Dichtungsmaterials 925 angeordnet. Die am obersten liegende Schicht des isolierenden Films 924 ist ein isolierender Nitridfilm und kann den Eintritt von Verunreinigungen, wie z. B. Wasserstoff und Wasser, von außen unterdrücken. Andererseits weist der isolierende Film 934 eine hohe Feuchtigkeitsdurchlässigkeit auf. Wenn der isolierende Film 934 auf der inneren Seite des Dichtungsmaterials 925 angeordnet ist und das Dichtungsmaterial 925 über dem isolierenden Film 924 angeordnet ist, ist es deshalb möglich, den Eintritt von Verunreinigungen, wie z. B. Wasserstoff und Wasser, von außen zu unterdrücken und somit Schwankungen der elektrischen Eigenschaften der Transistoren 910 und 911 zu verringern.

[0305] In der Flüssigkristallanzeigevorrichtung werden eine Schwarzmatrix (ein lichtblockierender Film), 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 zirkuläre Polarisation durch Verwendung eines Polarisationssubstrats und eines Retardationssubstrats erzielt werden. Ferner kann eine Hintergrundbeleuchtung, eine Seitenbeleuchtung oder dergleichen als Lichtquelle verwendet werden.

[0306] Da der Transistor wegen statischer Elektrizität oder dergleichen leicht zerstört werden kann, wird vorzugsweise eine Schutzschaltung zum Schützen der Treiberschaltung bereitgestellt. Die Schutzschaltung wird vorzugsweise unter Verwendung eines nicht-linearen Elements ausgebildet.

[0307] Fig. 31A bis Fig. 31C stellen ein Beispiel für die Flüssigkristallanzeigevorrichtung in Fig. 30 dar, in dem ein gemeinsamer Verbindungsabschnitt (Kontaktabschnitt) zur elektrischen Verbindung mit der zweiten Elektrode 931, die auf dem Substrat 906 angeordnet ist, über dem Substrat 901 ausgebildet ist.

[0308] Der gemeinsame Verbindungsabschnitt ist in einer Position, die das Dichtungsmaterial zum Binden des Substrats 901 an das Substrat 906 überlappt, angeordnet und über leitende Teilchen in dem Dichtungsmaterial elektrisch mit der zweiten Elektrode 931 verbunden. Alternativ ist der gemeinsame Verbindungsabschnitt in einer Position angeordnet, die nicht das Dichtungsmaterial überlappt (außer des Pixelabschnitts), und eine leitende Teilchen enthaltende Paste ist getrennt von dem Dichtungsmaterial derart angeordnet, dass sie den gemeinsamen Verbindungsabschnitt überlappt, wodurch der gemeinsame Verbindungsabschnitt elektrisch mit der zweiten Elektrode 931 verbunden ist.

[0309] Die rechte Seite der Fig. 31A zeigt eine Querschnittsansicht des Transistors 910 in dem Pixelabschnitt, und die linke Seite der Fig. 31A zeigt eine Querschnittsansicht des gemeinsamen Verbindungsabschnitts, der durch die gleichen Schritte wie der Transistor 910 ausgebildet werden kann. Der gemeinsame Verbindungsabschnitt in Fig. 31A entspricht dem Querschnitt entlang der Linie I-J in der Draufsicht des gemeinsamen Verbindungsabschnitts in Fig. 31B.

[0310] 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 und eine Drain-Elektrode 973 des Transistors 910 ausgebildet.

[0311] Ferner ist die gemeinsame Potentialleitung 975 mit den isolierenden Filmen 924 und 934 bedeckt, und eine Vielzahl von Öffnungen ist in den isolierenden Filmen 924 und 934 derart ausgebildet, dass sie die gemeinsame Potentialleitung 975 überlappt. Diese Öffnungen werden durch die gleichen Schritte wie ein Kontaktloch ausgebildet, das die erste Elektrode 930 und die Source-Elektrode 971 oder Drain-Elektrode 973 des Transistors 910 verbindet.

[0312] Ferner ist die gemeinsame Potentialleitung 975 durch die Öffnungen, die in den isolierenden Filmen 924 und 934 bereitgestellt sind, mit einer gemeinsamen Elektrode 977 verbunden. Die gemeinsame Elektrode 977 ist über dem isolierenden Film 934 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] Auf diese Weise kann der gemeinsame Verbindungsabschnitt im gleichen Prozess wie das Schaltelement in dem Pixelabschnitt 902 hergestellt werden.

[0314] 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.

[0315] Wie in Fig. 31C gezeigt kann eine gemeinsame Potentialleitung 985 unter Verwendung des gleichen Materials und durch die gleichen Schritte wie die Gate-Elektrode des Transistors 910 ausgebildet werden.

[0316] In dem gemeinsamen Verbindungsabschnitt in Fig. 31C ist die gemeinsame Potentialleitung 985 unter dem Gate-Isolierfilm 922 und den isolierenden Filmen 924 und 934 angeordnet, und eine Vielzahl von Öffnungen ist in dem Gate-Isolierfilm 922 und den isolierenden Filmen 924 und 934 derart ausgebildet, dass sie die gemeinsame Potentialleitung 985 überlappt. Diese Öffnungen werden durch Ätzen der isolierenden Filme 924 und 934 durch die gleichen Schritte wie ein Kontaktloch, das die erste Elektrode 930 und die Source-Elektrode 971 oder Drain-Elektrode 973 des Transistors 910 verbindet, und durch weiteres selektives Ätzen des Gate-Isolierfilms 922 ausgebildet.

[0317] Ferner ist die gemeinsame Potentialleitung 985 durch die Öffnungen, die in dem Gate-Isolierfilm 922 und den isolierenden Filmen 924 und 934 bereitgestellt sind, mit einer gemeinsamen Elektrode 987 verbunden. Die gemeinsame Elektrode 987 ist über dem isolierenden Film 934 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.

[0318] Wie oben beschrieben worden ist, kann dann, wenn der Transistor und der Kondensator, die bei der vorstehenden Ausführungsform gezeigt worden sind, verwendet werden, eine Halbleitervorrichtung, die den

Kondensator mit erhöhter Ladekapazität beinhaltet, hergestellt werden, während das Öffnungsverhältnis verbessert wird. Als Ergebnis kann die Halbleitervorrichtung mit ausgezeichneter Anzeigequalität erhalten werden.

[0319] Darüber hinaus enthält der Oxidhalbleiterfilm, der der Halbleiterfilm in dem Transistor ist, geringere Sauerstofffehlstellen und Verunreinigungen, wie z. B. Wasserstoff; deshalb weist die Halbleitervorrichtung nach einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung gute elektrische Eigenschaften auf.

[0320] Es sei angemerkt, dass diese Ausführungsform mit einer der anderen Ausführungsformen, die in dieser Beschreibung gezeigt sind, kombiniert werden kann.

(Ausführungsform 6)

[0321] Bei dieser Ausführungsform wird eine Struktur eines Informationsprozessors, der zur Bildverarbeitung und Anzeige geeignet ist und auf den die Halbleitervorrichtung nach einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung angewendet werden kann, anhand von **Fig. 32**, **Fig. 33A-1**, **Fig. 33A-2**, **Fig. 33B-1** und **Fig. 33B-2** beschrieben.

[0322] Insbesondere wird ein Informationsprozessor beschrieben, der aufweist: einen ersten Modus, bei dem ein G-Signal zum Auswählen eines Pixels mit einer Frequenz von 30 Hz (30 Mal pro Sekunde) oder höher, bevorzugt höher als oder gleich 60 Hz (60 Mal pro Sekunde) und niedriger als 960 Hz (960 Mal pro Sekunde) ausgegeben wird, und einen zweiten Modus, bei dem das G-Signal mit einer Frequenz von höher als oder gleich 11,6 μ Hz (einmal pro Tag) und niedriger als 0,1 Hz (0,1 Mal pro Sekunde), bevorzugt höher als oder gleich 0,28 μ Hz (einmal pro Stunde) und niedriger als 1 Hz (einmal pro Sekunde) ausgegeben wird.

[0323] Wenn ein Standbild mittels des Informationsprozessors nach einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung angezeigt wird, kann die Bildwiederholfrequenz (refresh rate) auf niedriger als 1 Hz, bevorzugt niedriger als oder gleich 0,2 Hz eingestellt werden. Dies ermöglicht eine augenfreundliche Anzeige, d. h. eine Anzeige, die weniger Ermüdung der Augen eines Benutzers verursacht, oder eine Anzeige, die keine Belastung auf die Augen des Benutzers ausübt. Außerdem kann ein Anzeigebild mit einer optimalen Frequenz gemäß der Qualität des Bildes, das auf dem Anzeigebereich angezeigt wird, aktualisiert werden. Konkret gesagt, kann beim Anzeigen eines Standbildes die Bildwiederholfrequenz niedriger eingestellt werden als diejenige beim Anzeigen eines gleichmäßig bewegten Bildes. Daher kann ein Standbild mit weniger Flackern angezeigt werden und der Leistungsverbrauch kann verringert werden.

[0324] **Fig. 32** zeigt ein Blockscha, das eine Struktur eines Informationsprozessors mit einer Anzeigefunktion nach einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt.

[0325] **Fig. 33A-1** und **Fig. 33A-2** zeigen Blockscha, die jeweils eine Struktur eines Anzeigebereichs einer Anzeigevorrichtung nach einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellen.

[0326] Ein Informationsprozessor 600 mit einer Anzeigefunktion, der bei dieser Ausführungsform beschrieben wird, beinhaltet eine Anzeigevorrichtung 640, eine arithmetische Vorrichtung 620 und eine Eingabeeinheit 500 (siehe **Fig. 32**).

[0327] Die Anzeigevorrichtung 640 beinhaltet einen Anzeigebereich 630 und einen Steuerabschnitt 610 (siehe **Fig. 32**). Ein primäres Bildsignal 625_V und ein primäres Steuersignal 625_C können in die Anzeigevorrichtung 640 eingegeben werden. Bei der Anzeigevorrichtung 640 kann eine Bildinformation auf dem Anzeigebereich 630 angezeigt werden.

[0328] Das primäre Bildsignal 625_V umfasst beispielsweise eine Graustufeninformation, die auch als Leuchtdichteinformation bezeichnet werden kann, und eine Farbartinformation über ein Bild.

[0329] Das primäre Steuersignal 625_C umfasst beispielsweise ein Signal zum Steuern des Zeitpunktes eines Abtastvorgangs der Anzeigevorrichtung 640.

[0330] Es sei angemerkt, dass ein Leistungsversorgungspotential oder dergleichen dem Steuerabschnitt 610 und dem Anzeigebereich 630 in der Anzeigevorrichtung 640 zugeführt wird.

[0331] Der Steuerabschnitt 610 hat eine Funktion zum Steuern des Anzeigeabschnitts 630. Beispielsweise werden/wird ein sekundäres Bildsignal 615_V und/oder ein sekundäres Steuersignal 615_C in dem Steuerabschnitt 610 erzeugt.

[0332] Der Steuerabschnitt 610 kann eine Polaritätsbestimmungsschaltung beinhalten. Die Polaritätsbestimmungsschaltung ermöglicht, dass die Polarität eines Signals für jedes Bild invertiert wird.

[0333] Die Polaritätsbestimmungsschaltung kann den Zeitpunkt mitteilen, zu dem die Polarität des sekundären Bildsignals 615_V invertiert wird, und der Steuerabschnitt 610 kann konfiguriert sein, die Polarität des sekundären Bildsignals 615_V zum mitgeteilten Zeitpunkt zu invertieren. Es sei angemerkt, dass die Polarität des sekundären Bildsignals 615_V in dem Steuerabschnitt 610 invertiert oder entsprechend einem Befehl von dem Steuerabschnitt 610 in dem Anzeigeabschnitt 630 invertiert werden kann.

[0334] Die Polaritätsbestimmungsschaltung kann einen Zähler und eine Signalerzeugungsschaltung beinhalten, so dass der Zeitpunkt zum Invertieren der Polarität des sekundären Bildsignals 615_V unter Verwendung eines Synchronisationssignals bestimmt wird.

[0335] Der Zähler hat eine Funktion zum Zählen der Anzahl der Bildperioden unter Verwendung des Impulses eines horizontalen Synchronisationssignals. Die Signalerzeugungsschaltung hat eine Funktion zum Mitteilen des Zeitpunktes zum Invertieren der Polarität des sekundären Bildsignals 615_V zu den Steuerabschnitt 610. Dies ermöglicht, dass die Polarität des sekundären Bildsignals 615_V jeweils nach einigen fortlaufenden Bildperioden unter Verwendung einer Information über die Anzahl der Bildperioden, die durch den Zähler ermittelt wird, invertiert wird.

[0336] Eine Bildinformation kann in dem sekundären Bildsignal 615_V enthalten sein.

[0337] Beispielsweise kann das sekundäre Bildsignal 615_V aus dem primären Bildsignal 625_V in dem Steuerabschnitt 610 erzeugt und dann von dem Steuerabschnitt 610 ausgegeben werden.

[0338] Alternativ kann das sekundäre Bildsignal 615_V in dem Steuerabschnitt 610 derart erzeugt werden, dass es eine Polarität, die für jedes Bild invertiert wird, und eine Amplitude aufweist, die gleich dem Unterschied zwischen dem Potential des primären Bildsignals 625_V und einem Bezugspotential Vsc ist.

[0339] Das sekundäre Steuersignal 615_C kann ein Signal zum Steuern einer ersten Treiberschaltung (auch als G-Treiberschaltung 632 bezeichnet) des Anzeigeabschnitts 630 oder ein Signal zum Steuern einer zweiten Treiberschaltung (auch als S-Treiberschaltung 633 bezeichnet) des Anzeigeabschnitts 630 umfassen.

[0340] Beispielsweise kann der Steuerabschnitt 610 das sekundäre Steuersignal 615_C aus dem primären Steuersignal 625_C erzeugen, das ein Synchronisationssignal, wie z. B. ein vertikales Synchronisationssignal oder ein horizontales Synchronisationssignal, umfasst.

[0341] Das sekundäre Steuersignal 615_C umfasst beispielsweise ein Startimpulssignal SP, ein Latch-Signal LP, ein Impulsbreite-Steuersignal PWC und ein Taktsignal CK.

[0342] Insbesondere umfasst das sekundäre Steuersignal 615_C ein S-Treiberschaltungs-Startimpulssignal SP, ein S-Treiberschaltungs-Taktsignal CK, ein Latch-Signal LP und dergleichen, welche den Betrieb der S-Treiberschaltung 633 steuern. Das sekundäre Steuersignal 615_C kann auch ein G-Treiberschaltungs-Startimpulssignal SP, ein G-Treiberschaltungs-Taktsignal CK, ein Impulsbreite-Steuersignal PWC und dergleichen umfassen, welche den Betrieb der G-Treiberschaltung 632 steuern.

[0343] Der Anzeigeabschnitt 630 beinhaltet einen Pixelabschnitt 631, eine erste Treiberschaltung (auch als G-Treiberschaltung 632 bezeichnet) und eine zweite Treiberschaltung (auch als S-Treiberschaltung 633 bezeichnet).

[0344] Der Pixelabschnitt 631 weist als Anzeigelicht kein Licht mit einer Wellenlänge von kürzer als 420 nm auf und beinhaltet eine Vielzahl von Pixeln 631p, die mit einer Auflösung von 150 ppi oder mehr angeordnet sind, und Leitungen, die die Vielzahl von Pixeln 631p verbinden. Jedes der Vielzahl von Pixeln 631p ist mit mindestens einer Abtastleitung G und mindestens einer Signalleitung S verbunden. Es sei angemerkt, dass die Art und Anzahl der Leitungen von der Struktur, Anzahl und Position des Pixels 631p abhängen.

[0345] In dem Fall, in dem beispielsweise die Pixel 631p in einer Matrix mit x Spalten und y Zeilen in dem Pixelabschnitt 631 angeordnet sind, sind die Signalleitungen S1 bis Sx und Abtastleitungen G1 bis Gy in dem Pixelabschnitt 631 bereitgestellt (siehe **Fig. 33A-1**). Die Vielzahl von Abtastleitungen (G1 bis Gy) kann den jeweiligen Zeilen G-Signale zuführen. Die Vielzahl von Signalleitungen (S1 bis Sx) kann der Vielzahl von Pixeln S-Signale zuführen.

[0346] Die G-Treiberschaltung 632 kann die Zuführung eines G-Signals 632_G steuern und die Abtastleitung G auswählen (siehe **Fig. 32**).

[0347] Zum Betrieb kann der Pixelabschnitt 631 beispielsweise in eine Vielzahl von Bereichen (insbesondere in einen ersten Bereich 631a, einen zweiten Bereich 631b und einen dritten Bereich 631c) eingeteilt werden (siehe **Fig. 33A-2**).

[0348] Jeder Bereich kann mit der Vielzahl von Pixeln 631p, der Vielzahl von Abtastleitungen G zum zeilenweisen Auswählen der Pixel 631p und der Vielzahl von Signalleitungen S zum Zuführen von S-Signalen 633_S zu den ausgewählten Pixeln 631p versehen sein.

[0349] Zudem kann eine Vielzahl von G-Treiberschaltungen (insbesondere eine erste G-Treiberschaltung 632a, eine zweite G-Treiberschaltung 632b und eine dritte G-Treiberschaltung 632c) bereitgestellt sein.

[0350] Die G-Treiberschaltung kann die Zuführung eines G-Signals 632_G steuern und die Abtastleitungen G in jedem Bereich (insbesondere die Abtastleitungen G1 bis Gj in der ersten G-Treiberschaltung 632a, die Abtastleitungen Gj+1 bis Gj in der zweiten G-Treiberschaltung 632b und die Abtastleitungen Gj+1 bis Gy in der dritten G-Treiberschaltung 632c) auswählen.

[0351] Die G-Treiberschaltung gibt das erste Treibersignal (G-Signal) 632_G zum Auswählen einer Pixelschaltung 634 an die Pixelschaltung 634 aus. Die G-Treiberschaltung 632 hat einen ersten Modus, bei dem das G-Signal 632_G zum Auswählen einer Abtastleitung mit einer Frequenz von 30 Hz (30 Mal pro Sekunde) oder höher, bevorzugt höher als oder gleich 60 Hz (60 Mal pro Sekunde) und niedriger als 960 Hz (960 Mal pro Sekunde) an jede Abtastleitung ausgegeben wird, und einen zweiten Modus, bei dem das G-Signal 632_G mit einer Frequenz von höher als oder gleich 11,6 μ Hz (einmal pro Tag) und niedriger als 0,1 Hz (0,1 Mal pro Sekunde), bevorzugt höher als oder gleich 0,28 μ Hz (einmal pro Stunde) und niedriger als 1 Hz (einmal pro Sekunde) an jede Abtastleitung ausgegeben wird.

[0352] Die G-Treiberschaltung 632 kann derart betrieben werden, dass sie zwischen dem ersten Modus und dem zweiten Modus umgeschaltet wird. Beispielsweise kann die G-Treiberschaltung 632 mittels des sekundären Steuersignals 615_C, das ein Modusschaltsignal umfasst, oder mittels des G-Treiberschaltungs-Startimpulssignals, das in dem sekundären Steuersignal 615_C enthalten ist, zwischen dem ersten Modus und dem zweiten Modus umgeschaltet werden. Konkret gesprochen, kann die Ausgabefrequenz des G-Treiberschaltungs-Startimpulssignals von dem Steuerabschnitt 610 gesteuert werden.

[0353] Das G-Signal 632_G wird von der G-Treiberschaltung 632 erzeugt. Die G-Signale 632_G werden an die Pixel 631p in jeder Zeile ausgegeben, wodurch die Pixel 631p zeilenweise ausgewählt werden.

[0354] Der Anzeigeabschnitt 630 kann die S-Treiberschaltung 633 beinhalten. Die S-Treiberschaltung erzeugt ein zweites Treibersignal (auch als S-Signal 633_S bezeichnet) aus dem sekundären Bildsignal 615_V und steuert die Zuführung der S-Signale 633_S zu den Signalleitungen S (insbesondere S1 bis Sx).

[0355] Das S-Signal 633_S umfasst eine Graustufeninformation über ein Bild und dergleichen. Das S-Signal 633_S wird dem Pixel 631p, das durch das G-Signal 632_G ausgewählt wird, zugeführt.

[0356] Der Pixelabschnitt 631 beinhaltet die Vielzahl von Pixeln 631p.

[0357] Das Pixel 631p beinhaltet ein Anzeigeelement 635 und die Pixelschaltung 634, die das Anzeigeelement 635 beinhaltet (siehe **Fig. 32**).

[0358] Die Pixelschaltung 634 hält das zugeführte S-Signal 633_S und zeigt einige Bilddaten auf dem Anzeigeelement 635 an. Man kann die Struktur der Pixelschaltung 634 entsprechend der Art oder dem Betriebsverfahren des Anzeigeelements 635 wählen.

[0359] Fig. 33B-1 zeigt als Beispiel für die Pixelschaltung 634 eine Struktur, bei der ein Flüssigkristallelement 635LC als das Anzeigeelement 635 verwendet wird.

[0360] Die Pixelschaltung 634 beinhaltet einen Transistor 634t mit einer Gate-Elektrode, in die das G-Signal 632_G eingegeben wird, und mit einer ersten Elektrode, in die das S-Signal eingegeben wird, und das Flüssigkristallelement 635LC mit einer ersten Elektrode, die elektrisch mit einer zweiten Elektrode des Transistors 634t verbunden ist, und mit einer zweiten Elektrode, der ein gemeinsames Potential zugeführt wird.

[0361] Die Pixelschaltung 634 beinhaltet den Transistor 634t zum Steuern der Zuführung des S-Signals 633_S zu dem Anzeigeelement 635.

[0362] Ein Gate (-Anschluss) des Transistors 634t ist mit einer der Abtastleitungen G1 bis Gy verbunden. Ein Source (-Anschluss) oder Drain (-Anschluss) des Transistors 634t ist mit einer der Signalleitungen S1 bis Sx verbunden. Der andere von Source und Drain des Transistors 634t ist mit der ersten Elektrode des Anzeigeelements 635 verbunden.

[0363] In dem Pixel 631p wird ein einzelner Transistor 634t als Schaltelement zum Steuern der Eingabe des S-Signals 633_S in das Pixel 631p verwendet. Alternativ kann auch eine Vielzahl von Transistoren, die als einzelnes Schaltelement dienen, in dem Pixel 631p verwendet werden. In diesem Fall kann die Vielzahl von Transistoren, die als einzelnes Schaltelement dienen, miteinander parallel, in Serie oder in Kombination einer parallelen Verbindung und einer seriellen Verbindung verbunden sein.

[0364] Es sei angemerkt, dass das Pixel 631p je nach Bedarf auch einen Kondensator 634c zum Halten einer Spannung zwischen der ersten Elektrode und einer zweiten Elektrode des Flüssigkristallelements 635LC und ein weiteres Schaltungselement, wie z. B. einen Transistor, eine Diode, einen Widerstand, einen Kondensator oder eine Spule beinhalten kann. Ein vorbestimmtes gemeinsames Potential Vcom wird an die zweite Elektrode des Anzeigeelements 635 angelegt.

[0365] Die Kapazität des Kondensators 634c kann angemessen reguliert werden. Beispielsweise ist bei dem später beschriebenen zweiten Modus der Kondensator 634c in dem Fall bereitgestellt, in dem das S-Signal 633_S für einen relativ langen Zeitraum (insbesondere 1/60 Sek. oder länger) gehalten wird. Die Kapazität der Pixelschaltung 634 kann auch mit einer Struktur, bei der der Kondensator 634c nicht bereitgestellt ist, reguliert werden. Ferner kann ein virtueller Kondensator von einer Struktur ausgebildet sein, bei der die erste Elektrode und zweite Elektrode des Flüssigkristallelements 635LC derart angeordnet sind, dass sie einander überlappen.

[0366] Fig. 33B-2 zeigt als weiteres Beispiel für die Pixelschaltung eine Struktur, bei der ein EL-Element 635EL als das Anzeigeelement 635 verwendet wird.

[0367] Eine Pixelschaltung 634EL beinhaltet einen ersten Transistor 634t_1 mit einer Gate-Elektrode, in die das G-Signal 632_G eingegeben wird, mit einer ersten Elektrode, in die das S-Signal eingegeben wird, und mit einer zweiten Elektrode, die elektrisch mit einer ersten Elektrode des Kondensators 634c verbunden ist. Die Pixelschaltung 634EL beinhaltet auch einen zweiten Transistor 634t_2 mit einer Gate-Elektrode, die elektrisch mit der zweiten Elektrode des ersten Transistors 634t_1 verbunden ist, mit einer ersten Elektrode, die elektrisch mit einer zweiten Elektrode des Kondensators 634c verbunden ist, und mit einer zweiten Elektrode, die elektrisch mit einer ersten Elektrode des EL-Elements 635EL verbunden ist. Ein Leistungsversorgungspotential wird der zweiten Elektrode des Kondensators 634c und der ersten Elektrode des zweiten Transistors 634t_2 zugeführt, und ein gemeinsames Potential wird einer zweiten Elektrode des EL-Elements 635EL zugeführt. Es sei angemerkt, dass der Unterschied zwischen dem Leistungsversorgungspotential und dem gemeinsamen Potential größer ist als die Spannung, bei der das EL-Element 635EL beginnt, Licht zu emittieren.

[0368] In der Pixelschaltung 634 steuert der Transistor 634t, ob das Potential der Signalleitung S an die erste Elektrode des Anzeigeelements 635 angelegt werden soll.

[0369] Es sei angemerkt, dass ein Transistor, der einen Oxidhalbleiter enthält, vorteilhaft als Transistor in der Anzeigevorrichtung nach einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet werden kann. Auf die Ausführungsformen 1 und 2 kann man bezüglich der Details des Transistors, der einen Oxidhalbleiter enthält, Bezug nehmen.

[0370] Ein Transistor, der einen Oxidhalbleiterfilm beinhaltet, kann einen Leckstrom zwischen einem Source und einem Drain in einem Auszustand (Sperrstrom) aufweisen, der viel kleiner ist als derjenige eines herkömmlichen Transistors, der Silizium enthält. Unter Verwendung eines Transistors mit einem sehr geringen Sperrstrom in einem Pixelabschnitt eines Anzeigeabschnitts kann die Bildfrequenz verringert werden, während ein Flackern vermindert wird.

[0371] Abgesehen von dem Flüssigkristallelement 635LC kann als das Anzeigeelement 635 eines der verschiedenen Anzeigeelemente verwendet werden, so beispielsweise ein organisches Leuchtdiode- (organic light-emitting diode, OLED-) Element, das Elektrolumineszenz erzeugt, wenn eine Spannung daran angelegt wird, und elektronische Tinte, bei der Elektrophorese benutzt wird.

[0372] Beispielsweise kann der Transmissionsgrad für polarisiertes Licht des Flüssigkristallelements 635LC durch das Potential des S-Signals 633_S gesteuert werden; daher kann die Gradation dargestellt werden.

[0373] In dem Fall, in dem beispielsweise ein durchlässiges Flüssigkristallelement als das Anzeigeelement 635 verwendet wird, kann ein Lichtversorgungsabschnitt 650 in dem Anzeigeabschnitt 630 bereitgestellt sein. Der Lichtversorgungsabschnitt 650 beinhaltet eine Lichtquelle. Der Steuerabschnitt 610 steuert den Betrieb der Lichtquelle in dem Lichtversorgungsabschnitt 650. Der Lichtversorgungsabschnitt 650 führt dem Pixelabschnitt 631, der das Flüssigkristallelement beinhaltet, Licht zu und dient als Hintergrundbeleuchtung.

[0374] Die Lichtquelle in dem Lichtversorgungsabschnitt 650 kann eine Kaltkathodenfluoreszenzlampe, eine Leuchtdiode (LED), ein OLED-Element oder dergleichen sein.

[0375] Bevorzugt wird besonders die Intensität von blauem Licht, das aus der Lichtquelle emittiert wird, im Vergleich zu derjenigen von Licht in jeder anderen Farbe geschwächt. Da blaues Licht, das in dem aus der Lichtquelle emittierten Licht enthalten ist, nicht von der Kornea und Linse des Auges absorbiert wird und die Retina erreicht, ist es möglich, Langzeitwirkungen von blauem Licht auf die Retina (z. B. altersbedingte Makuladegeneration), nachteilige Wirkungen einer Aussetzung an blauem Licht bis zur Mitternacht auf die circadiane Rhythmik und dergleichen zu verringern. Konkret gesagt, emittiert die Lichtquelle bevorzugt Licht, das kein Licht mit einer Wellenlänge von 400 nm oder kürzer, stärker bevorzugt 420 nm oder kürzer und noch stärker bevorzugt 440 nm oder kürzer umfasst.

[0376] Das Pixel in der Halbleitervorrichtung nach einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung absorbiert Licht mit der obigen Wellenlänge und lässt es kaum durch. Folglich kann dann, auch wenn eine Lichtquelle Licht mit der obigen Wellenlänge emittiert, das Licht mit der obigen Wellenlänge unter Verwendung der Halbleitervorrichtung nach einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verringert oder blockiert werden.

[0377] Die arithmetische Vorrichtung 620 erzeugt das primäre Bildsignal 625_V und das primäre Steuersignal 625_C, das ein Modusschaltsignal umfasst.

[0378] Das Modusschaltsignal kann auf Befehl eines Benutzers des Informationsprozessors 600 erzeugt werden.

[0379] Der Benutzer des Informationsprozessors 600 kann durch die Eingabeeinheit 500 einen Befehl zum Umschalten der Anzeige geben. Die arithmetische Vorrichtung 620 kann konfiguriert sein, mit einem Bildschaltsignal 500_C versorgt zu werden und das primäre Steuersignal 625_C, das das Modusschaltsignal umfasst, auszugeben.

[0380] Das primäre Steuersignal 625_C, das ein Modusschaltsignal umfasst, wird dem Steuerabschnitt 610 in der Anzeigevorrichtung 640 zugeführt, und das sekundäre Steuersignal 615_C, das das Modusschaltsignal umfasst, wird von dem Steuerabschnitt ausgegeben.

[0381] Wenn beispielsweise das primäre Steuersignal 625_C, das das Modusschaltsignal zum Umschalten der G-Treiberschaltung 632 vom zweiten Modus auf den ersten Modus umfasst, der G-Treiberschaltung 632 zugeführt wird, wird die G-Treiberschaltung 632 vom zweiten Modus auf den ersten Modus umgeschaltet. Die G-Treiberschaltung 632 gibt danach das G-Signal für mindestens ein Bild aus und wird dann auf den zweiten Modus umgeschaltet.

[0382] Insbesondere kann die Eingabeeinheit 500 konfiguriert sein, das Bildschaltsignal 500_C an die arithmetische Vorrichtung 620 auszugeben, wenn ein Vorgang zum Umblättern wahrgenommen wird.

[0383] Die arithmetische Vorrichtung 620 erzeugt das primäre Bildsignal 625_V, das den Vorgang zum Umblättern umfasst, und gibt das primäre Bildsignal 625_V sowie das primäre Steuersignal 625_C aus, das ein Modusschaltsignal umfasst.

[0384] Der Steuerabschnitt 610, der mit dem primären Bildsignal 625_V und dem primären Steuersignal 625_C versorgt wird, führt das sekundäre Steuersignal 615_C, das das Modusschaltsignal umfasst, und das sekundäre Bildsignal 615_V zum Ausführen des Vorgangs zum Umblättern zu.

[0385] Die G-Treiberschaltung 632, die mit dem das Modusschaltsignal umfassenden sekundären Steuersignal 615_C versorgt wird, wird vom zweiten Modus auf den ersten Modus umgeschaltet und gibt das G-Signal 632_G mit einer hohen Frequenz aus.

[0386] Die S-Treiberschaltung 633, die mit dem den Vorgang zum Umblättern umfassenden sekundären Bildsignal 615_V versorgt wird, gibt das S-Signal 633_S, das aus dem sekundären Bildsignal 615_V erzeugt wird, an die Pixelschaltung 634 aus.

[0387] Auf diese Weise können viele Bilder (frame images), die den Vorgang zum Umblättern umfassen, mit einer hohen Frequenz in die Pixel 631p nochmals geschrieben werden. Als Ergebnis können Bilder basierend auf den sekundären Bildsignalen 615_V zum Ausführen des Vorgangs zum Umblättern gleichmäßig angezeigt werden.

[0388] Die arithmetische Vorrichtung 620 kann konfiguriert sein, zu bestimmen, ob ein Bild, das auf dem an den Anzeigeabschnitt 630 ausgegebenen primären Bildsignal 625_V basiert, ein bewegtes Bild oder ein Standbild ist, und das das Modusschaltsignal umfassende primäre Steuersignal 625_C gemäß dem Ergebnis der Bestimmung auszugeben.

[0389] Konkret gesprochen, gibt die arithmetische Vorrichtung 620 ein Schaltsignal zum Auswählen des ersten Modus aus, wenn das auf dem primären Bildsignal 625_V basierende Bild ein bewegtes Bild ist, und gibt ein Schaltsignal zum Auswählen des zweiten Modus aus, wenn das auf dem primären Bildsignal 625_V basierende Bild ein Standbild ist.

[0390] Ein Verfahren zum Bestimmen, ob das auf dem primären Bildsignal basierende Bild ein bewegtes Bild oder ein Standbild ist, ist wie folgt. Signale für ein Bild, die in dem primären Bildsignal 625_V enthalten sind, werden mit Signalen für das vorhergehende Bild und das nächste Bild verglichen. Es wird bestimmt, dass das Bild ein bewegtes Bild ist, wenn der Unterschied zwischen den Signalen größer ist als ein vorbestimmter Unterschied, und in den anderen Fällen wird bestimmt, dass das Bild ein Standbild ist.

[0391] Wenn der Steuerabschnitt 610 den Betriebsmodus der G-Treiberschaltung von einem Modus auf einen anderen Modus (z. B. vom zweiten Modus auf den ersten Modus) umschaltet, kann die G-Treiberschaltung konfiguriert sein, die G-Signale 632_G vorgegebene Male (einmal oder mehrmals) auszugeben und dann auf den anderen Modus umgeschaltet zu werden.

[0392] Als die Eingabeeinheit 500 kann beispielsweise ein Touchscreen, ein Touchpad, eine Maus, ein Joystick, ein Rollkugel, eine Datenhandschuh oder eine Bildgebungsvorrichtung verwendet werden. In der arithmetischen Vorrichtung 620 kann ein elektrisches Signal, das von der Eingabeeinheit 500 ausgegeben wird, mit Koordinaten eines Anzeigeabschnitts in Zusammenhang gebracht werden. Somit kann ein Benutzer einen Befehl zum Verarbeiten einer Information, die auf dem Anzeigeabschnitt angezeigt wird, eingeben.

[0393] Beispiele für eine Information, die durch die Eingabeeinheit 500 von einem Benutzer eingegeben wird, sind Befehle zum Ziehen eines Bildes, das auf dem Anzeigeabschnitt angezeigt wird, an eine andere Position; zum Wischen eines Bildschirms, um ein angezeigtes Bild mit dem nächsten Bild zu vertauschen; zum Scrollen eines kontinuierlichen Bildes; zum Auswählen eines spezifischen Bildes; zum Drücken eines Bildschirms, um die Größe eines angezeigten Bildes zu ändern; und zum Eingeben von handschriftlichen Zeichen.

[0394] Es sei angemerkt, dass die Beleuchtungsstärke die Menge an Licht heißt, das auf eine bestrahlte Oberfläche pro Flächeneinheit und Zeiteinheit fällt, wobei die spektrale Empfindlichkeit der Augen berücksichtigt wird.

[0395] Es sei angemerkt, dass diese Ausführungsform mit einer der anderen Ausführungsformen, die in dieser Beschreibung gezeigt sind, kombiniert werden kann.

(Ausführungsform 7)

[0396] Bei dieser Ausführungsform wird ein Verfahren zur Informationsverarbeitung eines Informationsprozessors, bei dem die Halbleitervorrichtung nach einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet wird, anhand von **Fig. 34A** und **Fig. 34B** beschrieben.

[0397] Insbesondere wird ein Verfahren zum Erzeugen eines Bildes beschrieben, das auf dem Anzeigeabschnitt des Informationsprozessors, bei dem die Halbleitervorrichtung nach einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet wird, angezeigt werden kann. Im Besonderen wird ein Verfahren beschrieben, bei dem Bilder auf eine augenfreundliche Weise umgeschaltet werden, wenn ein auf dem Anzeigeabschnitt angezeigtes Bild in ein weiteres Bild geändert wird, d. h. ein Verfahren zum Umschalten von Bildern, wobei ein Benutzer weniger Ermüdung der Augen fühlt, oder ein Verfahren zum Umschalten von Bildern ohne Belastung auf die Augen eines Benutzers.

[0398] **Fig. 34A** zeigt ein Blockschema, das eine Struktur des Informationsprozessors darstellt, bei dem die Halbleitervorrichtung nach einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet wird, und **Fig. 34B** ist eine schematische Darstellung von Bilddaten.

[0399] Bei einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung werden Anzeigebilder gleichmäßig in einem Anzeigeabschnitt des Informationsprozessors umgeschaltet.

[0400] Die vorstehende Struktur verringert die Belastung, die auf die Augen des Benutzers ausgeübt wird, wenn Anzeigebilder umgeschaltet werden. Es ist somit möglich, ein neuartiges Verfahren zur Informationsverarbeitung bereitzustellen, das eine augenfreundliche Anzeige eines Bildes ermöglicht, das eine durch eine arithmetische Einheit verarbeitete Information umfasst.

[0401] Ein Benutzer kann Ermüdung der Augen fühlen, wenn Bilder schnell umgeschaltet und angezeigt werden, z. B. wenn Szenen in einem bewegten Bild häufig umgeschaltet werden oder wenn ein Standbild auf ein weiteres Standbild umgeschaltet wird.

[0402] Wenn ein Bild auf ein weiteres Bild umgeschaltet wird, ist bevorzugt, dass die Bilder nicht schnell, sondern allmählich (gleichmäßig) und auf natürliche Weise umgeschaltet werden.

[0403] Wenn beispielsweise ein erstes Standbild auf ein zweites Standbild umgeschaltet wird, ist es bevorzugt, ein bewegtes Bild des sich ausblendenden ersten Standbildes und/oder ein bewegtes Bild des sich einblendenden zweiten Standbildes zwischen dem ersten Standbild und dem zweiten Standbild einzufügen. Alternativ kann ein bewegtes Bild, das durch Überlappen des ersten Standbildes und des zweiten Standbildes erhalten wird, eingefügt werden, so dass die Einblendung des zweiten Standbildes gleichzeitig mit der Ausblendung des ersten Standbildes erfolgt (diese Technik wird auch als Überblendung bezeichnet). Als weitere Alternative kann ein bewegtes Bild zum Anzeigen des Prozesses, in dem sich das erste Standbild allmählich in das zweite Standbild verändert, eingefügt werden (diese Technik wird auch als Morphing bezeichnet).

[0404] Es sei angemerkt, dass ein erstes Standbild mit einer niedrigen Bildwiederholfrequenz angezeigt werden kann, was von der Anzeige eines Bildes zur Bildumschaltung mit einer hohen Bildwiederholfrequenz gefolgt werden kann, und dann ein zweites Standbild mit einer niedrigen Bildwiederholfrequenz angezeigt werden kann.

[0405] Es wird ein Beispiel für ein Verfahren zum Umschalten zwischen unterschiedlichen Bildern A und B nachstehend beschrieben.

[0406] Fig. 34A zeigt ein Blockschema, das eine Struktur eines Anzeigeabschnitts darstellt, bei dem Bilder umgeschaltet werden können. Der Anzeigeabschnitt in Fig. 34A beinhaltet eine arithmetische Einheit 701, eine Speichereinheit 702, eine Steuereinheit 703 und eine Anzeigeeinheit 704.

[0407] In einem ersten Schritt werden Daten über das Bild A und Daten über das Bild B, die von einer externen Speichervorrichtung oder dergleichen eingegeben werden, durch die arithmetische Einheit 701 in der Speichereinheit 702 gespeichert.

[0408] In einem zweiten Schritt erzeugt die arithmetische Einheit 701 sequenziell neue Bilddaten, die auf den Daten über das Bild A und den Daten über das Bild B basieren, gemäß einer vorbestimmten Zahl, durch die die Bilddaten geteilt werden.

[0409] In einem dritten Schritt werden die erzeugten Bilddaten an die Steuereinheit 703 ausgegeben. Die Steuereinheit 703 lässt die eingegebenen Bilddaten auf der Anzeigeeinheit 704 anzeigen.

[0410] Fig. 34B zeigt eine schematische Darstellung von Bilddaten, die erzeugt werden, wenn Bilder allmählich vom Bild A auf das Bild B umgeschaltet werden.

[0411] Fig. 34B zeigt den Fall, in dem N Bilddaten (N ist eine natürliche Zahl), die zwischen dem Bild A und dem Bild B anzuzeigen sind, erzeugt werden, und jeweilige Bilddaten für f Bildperioden (f ist eine natürliche Zahl) angezeigt werden. Es braucht also $f \times N$ Bilder, um die Anzeige vom Bild A auf das Bild B umzuschalten.

[0412] Hier ist bevorzugt, dass ein Benutzer die obigen Parameter, wie z. B. N und f, frei einstellen kann. Die arithmetische Einheit 701 erhält diese Parameter im Voraus und erzeugt Bilddaten gemäß den Parametern.

[0413] Bilddaten, die zum i-ten Mal (i ist eine Ganzzahl von 1 bis N) erzeugt werden, können erzeugt werden, indem die Daten über das Bild A und die Daten über das Bild B gewichtet werden und die gewichteten Daten hinzugefügt werden. Wenn beispielsweise die Leuchtdichte (Graustufe) eines Pixels, das das Bild A anzeigt, durch a dargestellt wird und welche des Pixels, das das Bild B anzeigt, durch b dargestellt wird, wird die Leuchtdichte (Graustufe) c des Pixels, das die zum i-ten Mal erzeugten Bilddaten anzeigt, durch Formel 1 dargestellt. Es sei angemerkt, dass die Graustufe eine Stufe der Gradation bedeutet, die auf dem Anzeigeabschnitt angezeigt wird. Ein Bild mit Gradation von nur zwei Stufen, Weiß und Schwarz, kann als zweistufiges Bild bezeichnet werden. Ein Anzeigeabschnitt eines herkömmlichen Computers beinhaltet beispielsweise Subpixel, die Rot, Grün und Blau anzeigen. Signale zum Zeigen der Gradation von 256 Stufen werden in die Subpixel eingegeben.

[Formel 1]

$$c = \frac{(N-i)a + ib}{N} \quad (1)$$

[0414] Wenn die Bilddaten, die durch das vorstehende Verfahren erzeugt werden, zum Umschalten der Anzeige vom Bild A auf das Bild B verwendet werden, kann ein diskontinuierliches Bild allmählich (gleichmäßig) und auf natürliche Weise umgeschaltet werden.

[0415] Es sei angemerkt, dass in Formel 1 der Fall, in dem $a = 0$ in allen Pixeln gilt, einer Einblendung entspricht, bei der ein schwarzes Bild allmählich auf das Bild B umgeschaltet wird. Darüber hinaus entspricht der Fall, in dem $b = 0$ in allen Pixeln gilt, einer Ausblendung, bei der das Bild A allmählich auf ein schwarzes Bild umgeschaltet wird.

[0416] Das Verfahren ist zuvor beschrieben worden, bei dem zwei Bilder umgeschaltet werden, indem sie vorübergehend einander überlappen; jedoch kann auch ein Verfahren ohne Überlappungsvorgang verwendet werden.

[0417] In dem Fall, in dem das Bild A ohne Überlappung der zwei Bilder auf das Bild B umgeschaltet wird, kann ein schwarzes Bild zwischen dem Bild A und dem Bild B eingefügt werden. Dabei kann das vorstehende Verfahren zum Umschalten von Bildern verwendet werden, wenn sich das Bild A in ein schwarzes Bild verändert und/oder wenn sich ein schwarzes Bild in das Bild B verändert. Des Weiteren ist ein Bild, das zwischen dem Bild A und dem Bild B eingefügt wird, nicht auf ein schwarzes Bild beschränkt und kann ein einfarbiges

Bild, wie z. B. ein weißes Bild, oder ein mehrfarbiges Bild sein, das sich von dem Bild A und dem Bild B unterscheidet.

[0418] Wenn ein Bild, insbesondere ein einfarbiges Bild wie z. B. ein schwarzes Bild, zwischen dem Bild A und dem Bild B eingefügt wird, kann der Zeitpunkt, zu dem ein Bild umgeschaltet wird, von einem Benutzer ohne Unbequemlichkeit wahrgenommen werden. Folglich können Bilder umgeschaltet werden, ohne dass der Benutzer Stress empfindet.

[0419] Es sei angemerkt, dass diese Ausführungsform mit einer der anderen Ausführungsformen, die in dieser Beschreibung gezeigt sind, kombiniert werden kann.

(Ausführungsform 8)

[0420] Bei dieser Ausführungsform wird eine Struktur eines Informationsprozessors, bei dem die Halbleitervorrichtung nach einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet wird, anhand von **Fig. 35A-1**, **Fig. 35A-2**, **Fig. 35B-1**, **Fig. 35B-2** und **Fig. 36** beschrieben.

[0421] **Fig. 35A-1**, **Fig. 35A-2**, **Fig. 35B-1** und **Fig. 35B-2** zeigen einen Effekt des Informationsprozessors.

[0422] **Fig. 36** zeigt ein Blockschema, das die Struktur des Informationsprozessors darstellt.

[0423] Die Ermüdung der Augen wird in zwei Kategorien unterteilt: nervöse Asthenopie und muskuläre Asthenopie. Die Ermüdung der Augen wird anhand der schematischen Ansichten in **Fig. 35A-1** und **Fig. 35A-2** erläutert.

[0424] Die nervöse Asthenopie wird verursacht, wenn ein Benutzer kontinuierliches oder blinkendes Licht, das aus einem Anzeigeabschnitt emittiert wird, lange Zeit ständig sieht. Das liegt daran, dass die Helligkeit die Retina, den Sehnerv oder das Gehirn stimuliert und ermüdet. Häufiges Blinken einer Fluoreszenzlampe oder eines Anzeigeabschnitts einer herkömmlichen Anzeigevorrichtung, welches Flackern genannt wird, verursacht die nervöse Asthenopie.

[0425] Die muskuläre Asthenopie ist Ermüdung, die durch Überbeanspruchung des Ziliarmuskels, der zur Fokussierung benutzt wird, verursacht wird.

[0426] **Fig. 35A-1** zeigt eine schematische Ansicht, die eine Anzeige auf einem herkömmlichen Anzeigeabschnitt darstellt. Ein Bild wird 60 Mal pro Sekunde beim Anzeigen auf dem herkömmlichen Anzeigeabschnitt überschrieben. Wenn ein Benutzer eine solche Anzeige lange Zeit ständig anschaut, kann die Retina, der Sehnerv oder das Gehirn stimuliert werden und eine Ermüdung der Augen könnte demzufolge verursacht werden.

[0427] Außerdem verschwimmt dann, wenn wie in **Fig. 35A-2** die Größe jedes Pixels groß ist (beispielsweise wenn die Auflösung niedriger als 150 ppi ist), die Kontur eines Schriftzeichens oder dergleichen, das auf dem Anzeigeabschnitt angezeigt wird. Wenn ein Benutzer das Schriftzeichen oder dergleichen, das eine verschwimmende Kontur aufweist und auf dem Anzeigeabschnitt angezeigt wird, lange Zeit ständig anschaut, bleibt es schwierig, das Auge auf das Schriftzeichen zu fokussieren, obgleich sich der Ziliarmuskel zum Fokussieren des Auges immer bewegt, was das Auge belasten könnte.

[0428] Verfahren zur quantitativen Messung der Ermüdung der Augen sind untersucht worden. Zum Beispiel ist Critical Flicker (Fusion) Frequency (CFF) als Indikator zum Auswerten der nervösen Asthenopie bekannt. Zusätzlich sind Akkommodationszeit (accommodation time), Nahpunktstand (near point distance) und dergleichen als Indikatoren zum Auswerten der muskulären Asthenopie bekannt.

[0429] Weitere Verfahren zum Auswerten der Ermüdung der Augen umfassen Elektroenzephalografie, Thermografie, Zählen der Anzahl des Blinkens, Messen des Tränenvolumens, Messen der Geschwindigkeit der Kontraktionsreaktion der Pupille und Umfragen zur Untersuchung der subjektiven Symptome.

[0430] Um das obige Problem zu lösen, legt eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung den Schwerpunkt auf die Beleuchtungsstärke der Arbeitsumgebung und die Graustufe eines Hintergrundes einer Bildinformation, die auf einer Anzeigevorrichtung angezeigt wird. Die folgende Ausführungsform umfasst eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, die geschaffen wird, indem der Schwerpunkt auf die Information

über die Beleuchtungsstärke der Arbeitsumgebung und die Information über die Graustufe eines Hintergrundes einer Bildinformation gelegt wird.

[0431] Ein Verfahren zum Verarbeiten und Anzeigen einer Bildinformation nach einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst den Schritt zum Erfassen einer Information über die Beleuchtungsstärke der Umgebung und einer Information über die Graustufe eines Hintergrundes einer Bildinformation, die auf einem Anzeigeabschnitt angezeigt wird; und den Schritt zum Anzeigen der Bildinformation unter Verwendung der erfassten Informationen auf einem Anzeigeabschnitt, der eine Vielzahl von Pixeln mit einer Auflösung von 150 ppi oder höher beinhaltet und Licht mit einer Wellenlänge von 420 nm oder länger emittiert. Folglich kann die Bildinformation gemäß der Beleuchtungsstärke der Umgebung angezeigt werden. Es ist daher möglich, ein neuartiges Verfahren zum Verarbeiten und Anzeigen einer Bildinformation bereitzustellen, welches zur Verarbeitung einer Bildinformation und zur augenfreundlichen Anzeige geeignet ist.

[0432] Fig. 36 zeigt ein Beispiel für ein Blockschema eines Informationsprozessors, bei dem das Verfahren zum Verarbeiten und Anzeigen einer Bildinformation nach einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet werden kann.

[0433] Ein Informationsprozessor 330 beinhaltet eine arithmetische Einheit 311, eine Speichereinheit 312 und einen Übertragungsweg 314. Der Übertragungsweg 314 verbindet die arithmetische Einheit 311, die Speichereinheit 312 und eine Eingabe-/Ausgabeschnittstelle 315 miteinander und überträgt eine Information. Es sei angemerkt, dass man diese Einheiten nicht genau unterscheiden kann und dass eine Einheit in einigen Fällen auch als weitere Einheit dient oder einen Teil einer weiteren Einheit aufweist. Ein Touchscreen ist beispielsweise eine Eingabeeinheit sowie eine Anzeigeeinheit.

[0434] Eine Eingabe-/Ausgabevorrichtung 320 ist über die Eingabe-/Ausgabeschnittstelle 315 mit dem Übertragungsweg 314 verbunden. Die Eingabe-/Ausgabevorrichtung 320 ist eine Vorrichtung zum Eingeben einer Information von außen in eine arithmetische Vorrichtung 310 oder zum Ausgeben einer Information von der arithmetischen Vorrichtung 310.

[0435] Beispiele für die Eingabe-/Ausgabevorrichtung 320 umfassen ein Kommunikationsgerät, ein Netzanschlussgerät und eine beschreibbare externe Speichervorrichtung, wie z. B. eine Festplatte oder einen wechselbaren Speicher.

[0436] Beispiele für eine Eingabevorrichtung 321 umfassen ein Human-Interface-Gerät (human interface device), wie z. B. eine Tastatur, eine Zeigevorrichtung (z. B. eine Maus) oder einen Touchscreen, eine Kamera, wie z. B. eine Digitalkamera oder eine digitale Videokamera, einen Scanner und eine externe Festwertsspeichervorrichtung, wie z. B. einen CD-ROM oder einen DVD-ROM. Ein Benutzer des Informationsprozessors 330 kann beispielsweise einen Befehl zum Umblättern oder dergleichen durch die Eingabevorrichtung 321 eingeben.

[0437] Eine Anzeigeeinheit 322, ein Lautsprecher, ein Drucker und dergleichen können als Ausgabevorrichtung angeschlossen werden.

[0438] Der Informationsprozessor 330 nach einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beinhaltet die Anzeigeeinheit 322. Im Besonderen umfasst Anzeigelicht der Anzeigeeinheit 322 kein Licht mit einer Wellenlänge von kürzer als 420 nm, bevorzugt kürzer als 440 nm. Ein Anzeigeabschnitt beinhaltet eine Vielzahl von Pixeln mit einer Auflösung von 150 ppi oder höher, bevorzugt 200 ppi oder höher. Dies ermöglicht eine augenfreundliche Anzeige. Es sei angemerkt, dass in dieser Beschreibung das Anzeigelicht Licht bezeichnet, das aus oder von einer Anzeigeeinheit eines Informationsprozessors emittiert oder reflektiert wird, so dass ein Benutzer angezeigte Bilder sehen kann.

[0439] Das Anzeigelicht der Anzeigeeinheit nach einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird von der Kornea und Linse des Auges nicht absorbiert und erreicht die Retina und umfasst daher kein Licht, das Langzeitwirkungen auf die Retina oder nachteilige Wirkungen auf die circadiane Rhythmik aufweist. Konkret gesagt, umfasst Licht zum Anzeigen von Bildern kein Licht mit einer Wellenlänge von 400 nm oder kürzer, bevorzugt 420 nm oder kürzer und stärker bevorzugt 440 nm oder kürzer.

[0440] Die Halbleitervorrichtung nach einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann für den Informationsprozessor 330 nach einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet werden. Das Pixel in der Halbleitervorrichtung absorbiert Licht mit der obigen Wellenlänge und lässt es kaum durch. Folglich

kann dann, auch wenn eine Lichtquelle Licht mit der obigen Wellenlänge emittiert, das Licht mit der obigen Wellenlänge unter Verwendung der Halbleitervorrichtung nach einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verringert oder blockiert werden.

[0441] Der Anzeigeabschnitt nach einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beinhaltet zusätzlich Pixel mit einer Auflösung von 150 ppi oder höher, bevorzugt 200 ppi oder höher; das heißt, dass jedes Pixel eine kleine Größe aufweist. Dies kann die muskuläre Asthenopie der Augen des Benutzers verringern.

[0442] **Fig. 35B-1** und **Fig. 35B-2** zeigen schematische Ansichten, die eine Wirkung der Verringerung der Ermüdung der Augen bei dem Informationsprozessor nach einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellen.

[0443] Bei dem Informationsprozessor nach einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann die Frequenz, mit der ein Signal zum Auswählen eines Pixels ausgegeben wird, geändert werden. Wenn im Besonderen ein Transistor mit einem sehr geringen Sperrstrom in einem Pixelabschnitt eines Anzeigeabschnitts verwendet wird, kann die Bildfrequenz verringert werden, während ein Flackern vermindert wird. Beispielsweise kann ein Bild weniger häufig als einmal aller fünf Sekunden nochmals geschrieben werden. Dies ermöglicht, dass der Benutzer das gleiche Einzelbild so lang wie möglich anschaut, so dass ein Flackern auf dem Bildschirm, das von dem Benutzer wahrgenommen wird, minimiert wird. Somit werden Stimuli für die Retina, den Sehnerv oder das Gehirn des Benutzers verringert, und die nervöse Asthenopie wird dementsprechend verringert (siehe **Fig. 35B-1**).

[0444] Es sei angemerkt, dass ein Transistor, der einen Oxidhalbleiter enthält, insbesondere ein Transistor, der einen CAAC-OS enthält, bevorzugt als Transistor mit einem sehr geringen Sperrstrom verwendet wird.

[0445] Jedes Pixel in dem Informationsprozessor nach einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung hat eine kleine Größe. Konkret gesagt, kann eine hohe Auflösung von 150 ppi oder höher, bevorzugt 200 ppi oder höher erzielt werden. Es ist auch möglich, präzise und gleichmäßige Bilder mit einer klaren Kontur anzuzeigen, was ermöglicht, dass Ziliarmuskeln den Fokus einfacher regulieren, und verringert die muskuläre Asthenopie von Benutzern (siehe **Fig. 35B-2**). Es sei angemerkt, dass die Auflösung durch die Pixeldichte (pixel per inch (ppi)) dargestellt werden kann. Die Pixeldichte heißt die Anzahl der Pixel pro Zoll. Ein Pixel ist eine Einheit, die ein Bild bildet.

[0446] Es sei angemerkt, dass diese Ausführungsform mit einer der anderen Ausführungsformen, die in dieser Beschreibung gezeigt sind, kombiniert werden kann.

(Ausführungsform 9)

[0447] Die Halbleitervorrichtung nach einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann bei verschiedenen elektronischen Geräten (darunter auch Spielautomaten) verwendet werden. Beispiele für die elektronischen Geräte umfassen ein Fernsehgerät, einen Monitor eines Computers oder dergleichen, eine Digitalkamera, eine digitale Videokamera, einen Digitalfotorahmen, ein Mobiltelefon, eine Spielkonsole, ein tragbares Spielgerät, ein tragbares Informationsendgerät, eine Audiowiedergabevorrichtung und einen Spielautomat (z. B. einen Pachinko-Automat oder einen Glücksspielautomat). Beispiele für solche elektronische Geräte sind in **Fig. 37A** bis **Fig. 37C**, **Fig. 38A** und **Fig. 38B** dargestellt.

[0448] **Fig. 37A** stellt einen Tisch mit einem Anzeigeabschnitt dar. Bei einem 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.

[0449] Die Halbleitervorrichtung, die bei einer der vorstehenden Ausführungsformen beschrieben worden ist, kann für den Anzeigeabschnitt 9003 verwendet werden. Somit kann der Anzeigeabschnitt 9003 hohe Anzeigegüte aufweisen.

[0450] Der Anzeigeabschnitt 9003 hat eine berührungsempfindliche Eingabefunktion. Wenn ein Benutzer Knöpfe 9004, die auf dem Anzeigeabschnitt 9003 des Tisches 9000 angezeigt werden, mit seinen Fingern oder dergleichen berührt, kann der Benutzer den Bildschirm betreiben und eine Information eingeben. Zudem kann dann, wenn der Tisch mit Haushaltsgeräten kommunizieren oder die Haushaltsgeräte steuern kann, der Anzeigeabschnitt 9003 als Steuergerät, das die Haushaltsgeräte durch Handlungen am Bildschirm

steuert, dienen. Beispielsweise kann unter Verwendung einer Halbleitervorrichtung, die eine Berührungssensorfunktion oder eine Bildsensorfunktion hat, der Anzeigeabschnitt 9003 eine berührungsempfindliche Eingabefunktion haben.

[0451] 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 ein kleines Zimmer gestellt wird, wird ein freier Raum reduziert; wenn ein Anzeigeabschnitt in einem Tisch eingebaut ist, kann jedoch ein Raum in dem Zimmer auf effiziente Weise verwendet werden.

[0452] **Fig. 37B** stellt ein Fernsehgerät dar. Bei einem 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 das Gehäuse 9101 hier von einem Fuß 9105 getragen ist.

[0453] Das Fernsehgerät 9100 kann mittels eines Bedienungsschalters des Gehäuses 9101 oder einer separaten Fernbedienung 9110 betrieben 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 von der Fernbedienung 9110 ausgegeben werden, aufweisen.

[0454] Das Fernsehgerät 9100 in **Fig. 37B** ist mit einem Empfänger, einem Modem und dergleichen versehen. Mit dem Empfänger können allgemeine Fernsehsendungen von dem Fernsehgerät 9100 empfangen werden. 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) Datenkommunikation durchgeführt werden.

[0455] Die Halbleitervorrichtung, die bei einer der vorstehenden Ausführungsformen beschrieben worden ist, kann für die Anzeigeabschnitte 9103 und 9107 verwendet werden. Somit kann das Fernsehgerät hohe Anzeigequalität aufweisen.

[0456] **Fig. 37C** stellt einen Computer 9200 dar, der einen Hauptkörper 9201, ein Gehäuse 9202, einen Anzeigeabschnitt 9203, eine Tastatur 9204, einen externen Verbindungsanschluss 9205, eine Zeigevorrichtung 9206 und dergleichen beinhaltet.

[0457] Die Halbleitervorrichtung, die bei einer der vorstehenden Ausführungsformen beschrieben worden ist, kann für den Anzeigeabschnitt 9203 verwendet werden. Somit kann der Computer 9200 hohe Anzeigequalität aufweisen.

[0458] Der Anzeigeabschnitt 9203 hat eine berührungsempfindliche Eingabefunktion. Wenn ein Benutzer Knöpfe und dergleichen, die auf dem Anzeigeabschnitt 9203 angezeigt werden, mit seinen Fingern oder dergleichen berührt, kann der Benutzer den Bildschirm betreiben und eine Information eingeben. Außerdem kann eine Information durch eine Tastatur oder mit der Stimme eingegeben werden.

[0459] **Fig. 38A** und **Fig. 38B** stellen einen klappbaren Tablet-Computer dar. In **Fig. 38A** ist der Tablet-Computer geöffnet und beinhaltet 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 Stromsparmodus 9036, eine Spange 9033 und einen Bedienungsknopf 9038.

[0460] 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 Anzeigequalität des Tablet-Computers verbessert werden.

[0461] Ein Teil des Anzeigeabschnitts 9631a kann ein Touchscreen-Gebiet 9632a sein, und Daten können eingegeben werden, wenn eine angezeigte Bedienungstaste 9638 berührt wird. Obwohl eine Struktur als Beispiel gezeigt ist, bei der ein halbes Gebiet des Anzeigeabschnitts 9631a nur eine Anzeigefunktion hat und das andere halbe Gebiet auch eine Touchscreenfunktion hat, ist die Struktur des Anzeigeabschnitts 9631a nicht darauf beschränkt. Die ganze Fläche des Anzeigeabschnitts 9631a kann eine Touchscreenfunktion haben. Beispielsweise kann der ganze Anzeigeabschnitt 9631a Tastaturknöpfe anzeigen und als Touchscreen dienen, während der Anzeigeabschnitt 9631b als Anzeigebildschirm verwendet werden kann.

[0462] Wie bei dem Anzeigeabschnitt 9631a kann ein Teil des Anzeigeabschnitts 9631b ein Touchscreen-Gebiet 9632b sein. Wenn ein Knopf zum Schalten der Tastaturanzeige 9639, der auf dem Touchscreen angezeigt wird, mit einem Finger, einem Stift oder dergleichen berührt wird, kann eine Tastatur auf dem Anzeigeabschnitt 9631b angezeigt werden.

[0463] Eine Eingabe durch Berühren kann gleichzeitig an den Touchscreen-Bereichen 9632a und 9632b durchgeführt werden.

[0464] Der Knopf zum Schalten des Anzeigemodus 9034 kann beispielsweise die Anzeigeausrichtung (z. B. zwischen einem Hochformat und einem Querformat) umschalten und einen Anzeigemodus auswählen (zwischen monochromer Anzeige und Farbanzeige umschalten). Der Knopf zum Schalten des Stromsparmmodus 9036 kann die Anzeigeleuchtdichte entsprechend der Menge an Außenlicht, das durch einen optischen Sensor in dem Tablet-Computer detektiert wird, beim Verwenden des Tablet-Computers steuern. Der Tablet-Computer kann eine weitere Detektionsvorrichtung, wie z. B. einen Sensor zum Detektieren der Ausrichtung (z. B. ein Kreiselinstrument oder einen Beschleunigungssensor), zusätzlich zu dem optischen Sensor aufweisen.

[0465] Obwohl der Anzeigeabschnitt 9631a und der Anzeigeabschnitt 9631b die gleiche Anzeigefläche in **Fig. 38A** 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 anzeigen kann als das andere Anzeigefeld.

[0466] In **Fig. 38B** ist der Tablet-Computer zusammengeklappt und beinhaltet das Gehäuse 9630, eine Solarzelle 9633 und eine Lade- und Entladesteuerschaltung 9634. Es sei angemerkt, dass **Fig. 38B** ein Beispiel darstellt, in dem die Lade- und Entladesteuerschaltung 9634 eine Batterie 9635 und einen Gleichspannungswandler 9636 beinhaltet.

[0467] Da der Tablet-Computer zusammengeklappt werden kann, kann das Gehäuse 9630 geschlossen werden, wenn er 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.

[0468] Zusätzlich kann der Tablet-Computer in **Fig. 38A** und **Fig. 38B** 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 berührungsempfindliche Eingabefunktion zum Bedienen oder Bearbeiten der auf dem Anzeigeabschnitt angezeigten Daten durch Berührungseingabe, eine Funktion zum Steuern der Verarbeitung mittels verschiedener Arten von Software (Programmen) und dergleichen aufweisen.

[0469] Die Solarzelle 9633, die an der Oberfläche des Tablet-Computers angebaut ist, führt eine elektrische Leistung zu einem Touchscreen, einem Anzeigeabschnitt, einem Bildsignalprozessor 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 aufgeladen werden kann. Die Verwendung einer Lithiumionenbatterie als die Batterie 9635 ist vorteilhaft, wenn die Größe verringert wird und so weiter.

[0470] Die Struktur und den Betrieb der Lade- und Entladesteuerschaltung 9634, die in **Fig. 38B** gezeigt ist, werden unter Bezugnahme auf Blockschemas in **Fig. 39A** bis **Fig. 39C** beschrieben. **Fig. 39A** zeigt die Solarzelle 9633, die Batterie 9635, den Gleichspannungswandler 9636, einen Gleichspannungswandler 9637, Schalter SW1 bis SW3 und eine Belastung (z. B. den Anzeigeabschnitt 9631), wobei die Batterie 9635, der Gleichspannungswandler 9636, der Gleichspannungswandler 9637 und die Schalter SW1 bis SW3 der Lade- /Entladesteuerschaltung 9634 in **Fig. 38B** entsprechen.

[0471] Zuerst wird ein Beispiel für den Betrieb, bei dem eine Leistung von der Solarzelle 9633 erzeugt wird, beschrieben. Die Spannung der von der Solarzelle 9633 erzeugten Leistung wird durch den Gleichspannungswandler 9636 erhöht oder verringert, so dass eine Spannung zum Aufladen der Batterie 9635 erhalten wird. Wenn die Belastung (z. B. der Anzeigeabschnitt 9631) mit der Leistung aus der Solarzelle 9633 betrieben wird, wird der Schalter SW1 eingeschaltet und die Spannung der Leistung wird durch den Gleichspannungswandler 9637 auf eine Spannung, die zum Betrieb der Belastung (z. B. des Anzeigeabschnitts 9631) erforderlich ist, erhöht oder verringert. Zusätzlich wird dann, wenn der Belastung (z. B. dem Anzeigeabschnitt

9631) keine Leistung zugeführt wird, der Schalter SW1 ausgeschaltet und der Schalter SW2 wird eingeschaltet, so dass die Batterie 9635 aufgeladen wird.

[0472] In dem Fall, in dem eine Leistung durch die Batterie 9635 zu der Belastung (z. B. dem Anzeigeabschnitt 9631) ständig zugeführt wird, kann der Schalter SW1 weggelassen werden, wie in **Fig. 39B** gezeigt ist.

[0473] Des Weiteren kann in dem Fall, in dem die der Belastung zugeführte Spannung in dem Bereich, der der Spannung der Batterie 9635 entspricht, liegt, auch der Gleichspannungswandler 9637 weggelassen werden, wie in **Fig. 39C** gezeigt ist.

[0474] Es sei angemerkt, dass die Solarzelle 9633 als Beispiel für ein Mittel zur Leistungserzeugung beschrieben wird; die Batterie 9635 kann jedoch ohne Beschränkung darauf auch mittels eines anderen Mittels zur Leistungserzeugung, wie z. B. eines piezoelektrischen Elements oder eines thermoelektrischen Wandlerelements (Peltier-Elements), aufgeladen werden. Die Batterie 9635 kann beispielsweise mittels eines kontaktfreien Leistungsübertragungsmoduls, das eine Leistung drahtlos (kontaktlos) überträgt und empfängt, um die Batterie aufzuladen, oder mittels einer Kombination von anderen Lademitteln aufgeladen werden.

[0475] Es sei angemerkt, dass diese Ausführungsform mit einer der anderen Ausführungsformen, die in dieser Beschreibung gezeigt sind, kombiniert werden kann.

Patentansprüche

1. Anzeigevorrichtung, umfassend eine Vielzahl von Pixeln (101), wobei jedes Pixel der Vielzahl von Pixeln (101) umfasst:

einen Transistor (103), der eine erste Oxidhalbleiterschicht (111) als einen Kanal umfasst;
ein Kondensatorelement (105), das elektrisch mit dem Transistor (103) verbunden ist; und
eine Pixelelektrode (121),

wobei die erste Oxidhalbleiterschicht (111) elektrisch mit einer ersten leitenden Schicht (109) verbunden ist, die eine Funktion einer Source-Elektrode oder einer Drain-Elektrode des Transistors (103) hat,

wobei die erste Oxidhalbleiterschicht (111) elektrisch mit der Pixelelektrode (121) über eine zweite leitende Schicht (113) verbunden ist, die eine Funktion der anderen der Source-Elektrode oder der Drain-Elektrode des Transistors (103) hat,

wobei die Pixelelektrode (121) einen Bereich umfasst, der in Kontakt mit einer oberen Oberfläche der zweiten leitenden Schicht (113) steht,

wobei die erste Oxidhalbleiterschicht (111) einen Bereich umfasst, der sich mit einer dritten leitenden Schicht (107) überlappt, die eine Funktion einer Gate-Elektrode des Transistors (103) hat,

wobei das Kondensatorelement (105) eine zweite Oxidhalbleiterschicht (119) umfasst,

wobei die zweite Oxidhalbleiterschicht (119) einen Bereich umfasst, der auf derselben Oberfläche wie die erste Oxidhalbleiterschicht (111) bereitgestellt ist,

wobei die zweite Oxidhalbleiterschicht (119) einen Bereich umfasst, der sich mit der Pixelelektrode (121) überlappt und nicht in Kontakt mit der Pixelelektrode (121) steht,

wobei die zweite Oxidhalbleiterschicht (119) eine Elektrode eines Paares von Elektroden des Kondensatorelements (105) ist, und wobei die Pixelelektrode (121) die andere Elektrode des Paares von Elektroden des Kondensatorelements (105) ist,

wobei das Kondensatorelement (105) eine Isolierschicht zwischen der zweiten Oxidhalbleiterschicht (119) und der Pixelelektrode (121) umfasst,

wobei eine Fläche der zweiten Oxidhalbleiterschicht (119) größer ist als eine Fläche der ersten Oxidhalbleiterschicht (111),

wobei die zweite Oxidhalbleiterschicht (119) einen Bereich umfasst, der sich mit einer vierten leitenden Schicht (115) unterhalb der zweiten Oxidhalbleiterschicht (119) überlappt,

wobei die Pixelelektrode (121) einen Bereich umfasst, der sich mit der vierten leitenden Schicht (115) überlappt,

wobei die vierte leitende Schicht (115) von der dritten leitenden Schicht (107) getrennt ist,

wobei die erste Oxidhalbleiterschicht (111) In, Ga und Zn umfasst, und

wobei die zweite Oxidhalbleiterschicht (119) In, Ga und Zn umfasst.

2. Anzeigevorrichtung, umfassend eine Vielzahl von Pixeln, wobei jedes Pixel der Vielzahl von Pixeln umfasst:

ein EL-Element (635EL);
 einen Transistor (634t_2), der eine erste Oxidhalbleiterschicht als einen Kanal umfasst; und
 ein Kondensatorelement (634c), das elektrisch mit dem Transistor (634t_2) verbunden ist,
 wobei die erste Oxidhalbleiterschicht elektrisch mit einer ersten leitenden Schicht verbunden ist, die eine
 Funktion einer Source-Elektrode oder einer Drain-Elektrode des Transistors (634t_2) hat,
 wobei die erste Oxidhalbleiterschicht elektrisch mit dem EL-Element (635EL) über eine zweite leitende
 Schicht verbunden ist, die eine Funktion der anderen der Source-Elektrode oder der Drain-Elektrode des
 Transistors (634t_2) hat,
 wobei eine untere Elektrode des EL-Elements (635EL) einen Bereich umfasst, der in Kontakt mit einer obe-
 ren Oberfläche der zweiten leitenden Schicht steht,
 wobei die erste Oxidhalbleiterschicht einen Bereich umfasst, der sich mit einer dritten leitenden Schicht
 überlappt, die eine Funktion einer Gate-Elektrode des Transistors (634t_2) hat,
 wobei das Kondensatorelement (634c) eine zweite Oxidhalbleiterschicht als eine Elektrode umfasst,
 wobei die zweite Oxidhalbleiterschicht einen Bereich umfasst, der auf derselben Oberfläche wie die erste
 Oxidhalbleiterschicht bereitgestellt ist,
 wobei die zweite Oxidhalbleiterschicht einen Bereich umfasst, der sich mit der unteren Elektrode überlappt
 und nicht in Kontakt mit der unteren Elektrode steht,
 wobei eine Fläche der zweiten Oxidhalbleiterschicht größer ist als eine Fläche der ersten Oxidhalbleiter-
 schicht,
 wobei die zweite Oxidhalbleiterschicht eine Elektrode eines Paares von Elektroden des Kondensatorele-
 ments (634c) ist, und wobei die untere Elektrode die andere Elektrode des Paares von Elektroden des Kon-
 densatorelements (634c) ist,
 wobei das Kondensatorelement eine Isolierschicht zwischen der zweiten Oxidhalbleiterschicht und der unte-
 ren Elektrode umfasst,
 wobei die zweite Oxidhalbleiterschicht einen Bereich umfasst, der sich mit einer vierten leitenden Schicht
 unterhalb der zweiten Oxidhalbleiterschicht überlappt,
 wobei die untere Elektrode einen Bereich umfasst, der sich mit der vierten leitenden Schicht unterhalb der
 zweiten Oxidhalbleiterschicht überlappt,
 wobei die vierte leitende Schicht von der dritten leitenden Schicht getrennt ist,
 wobei die erste Oxidhalbleiterschicht In, Ga und Zn umfasst, und
 wobei die zweite Oxidhalbleiterschicht In, Ga und Zn umfasst.

Es folgen 39 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

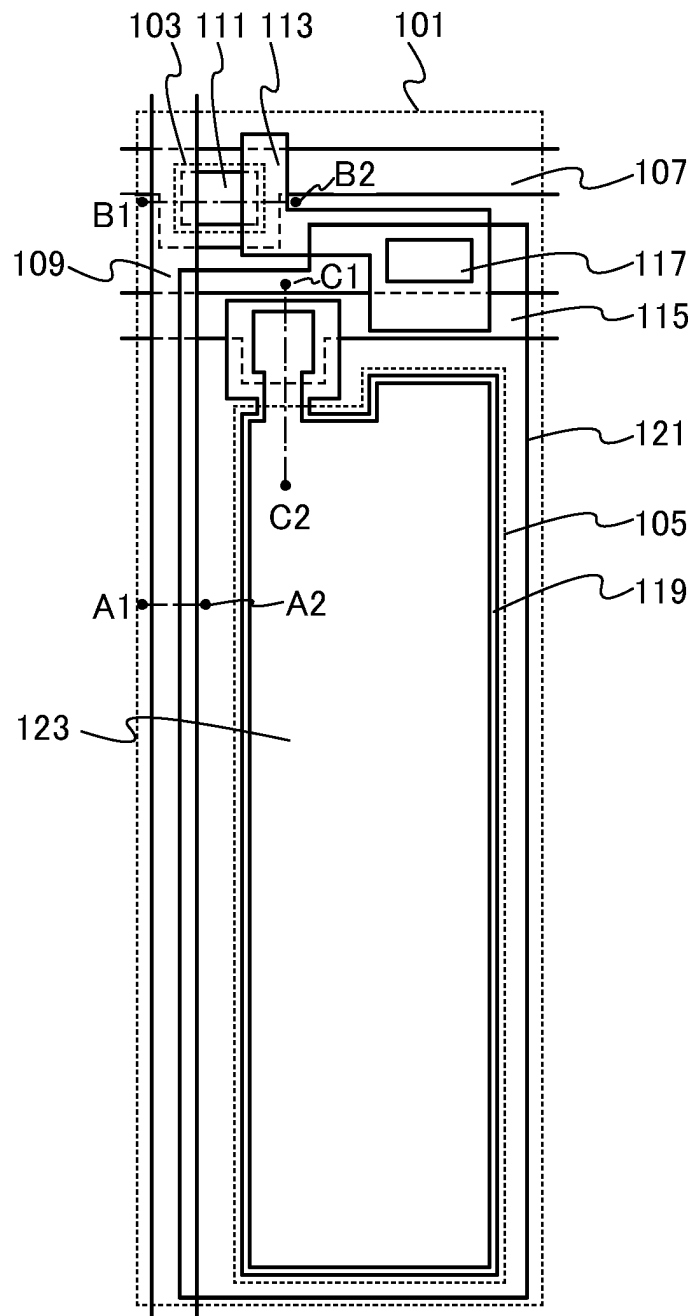


FIG. 2

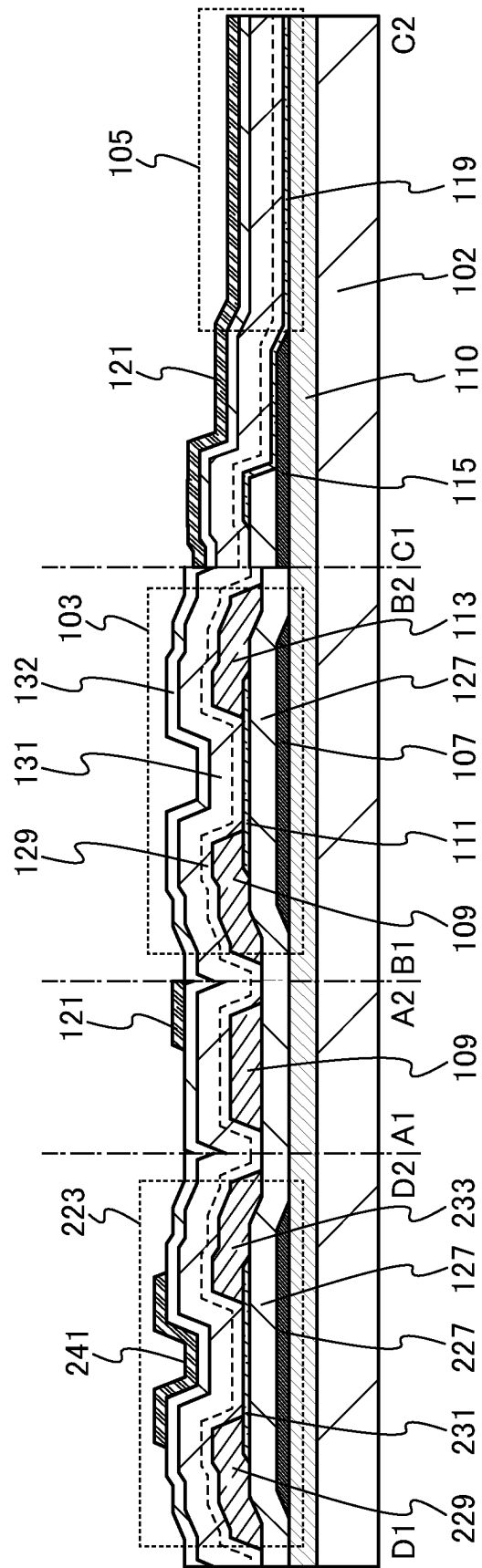


FIG. 3

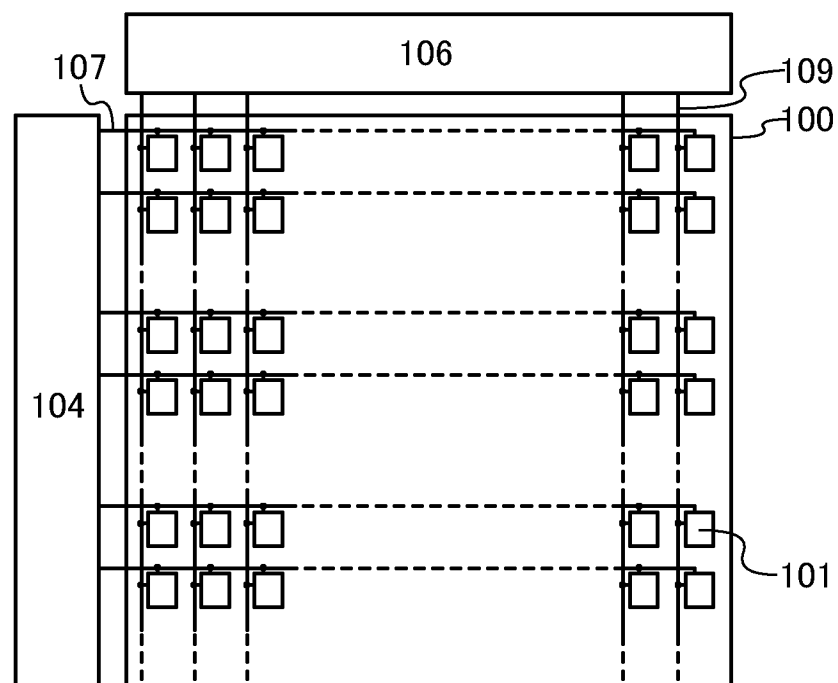


FIG. 4A

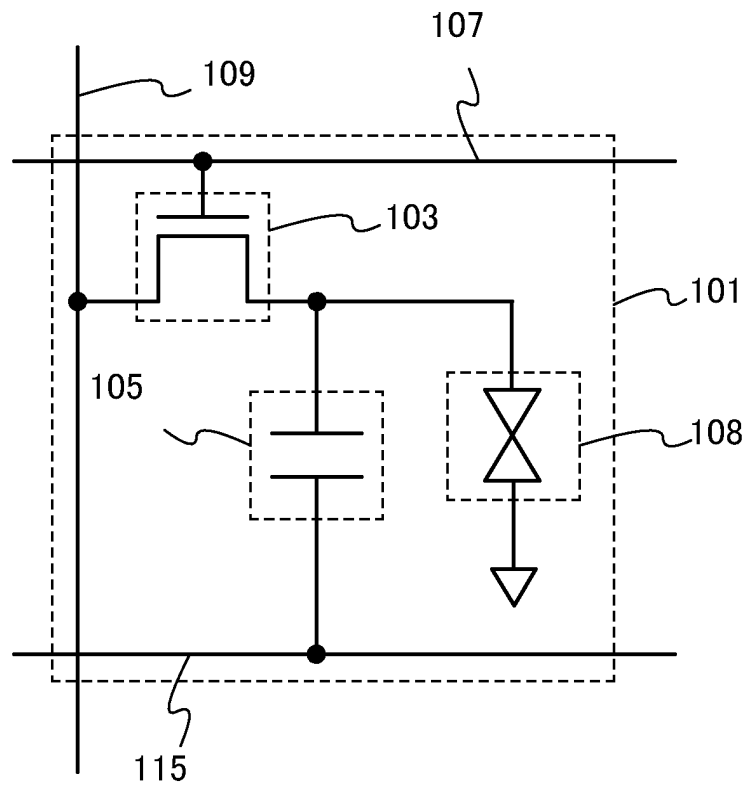


FIG. 4B

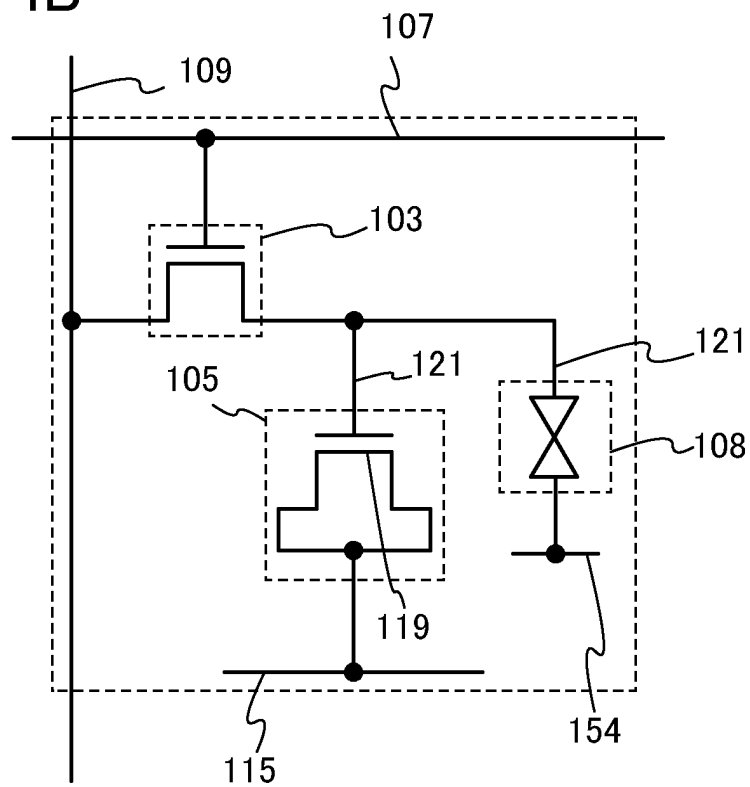


FIG. 5A

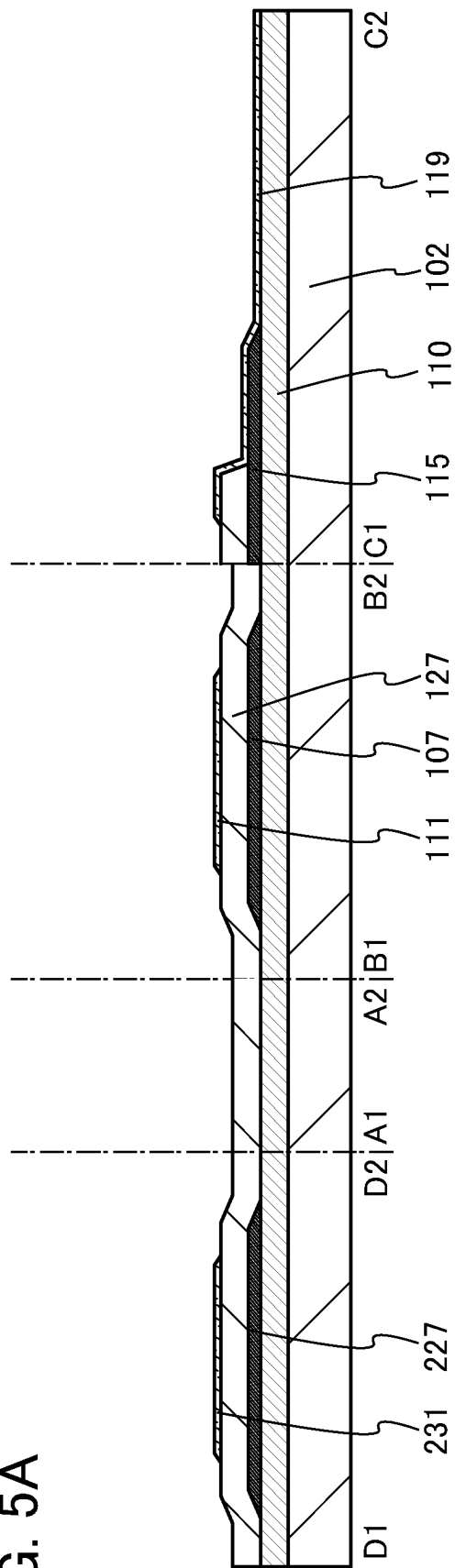


FIG. 5B

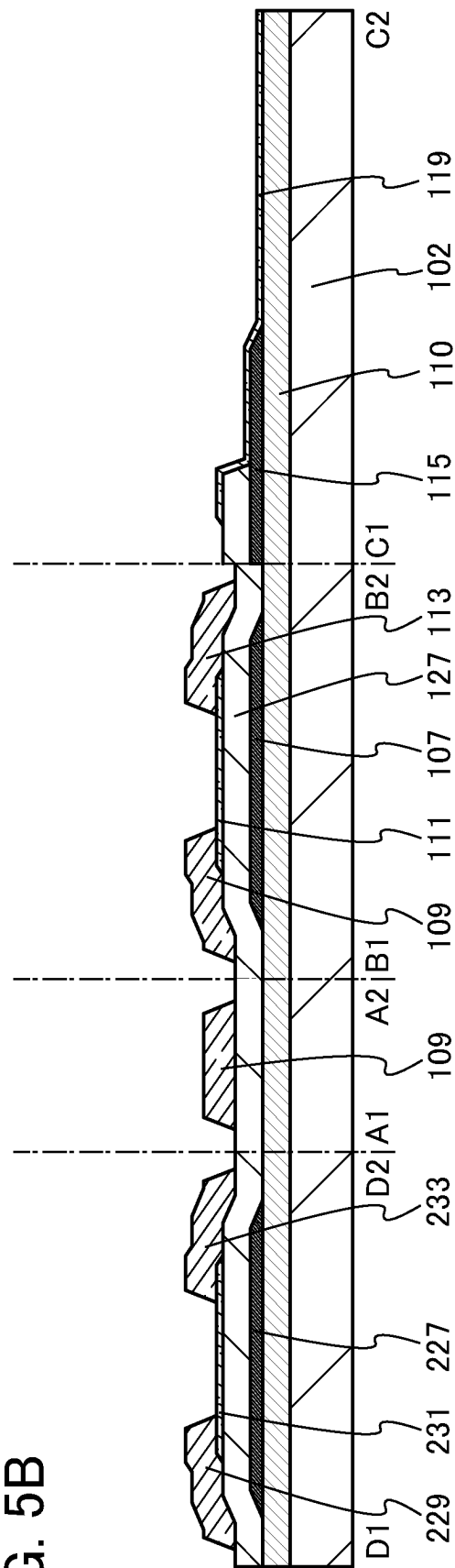


FIG. 6A

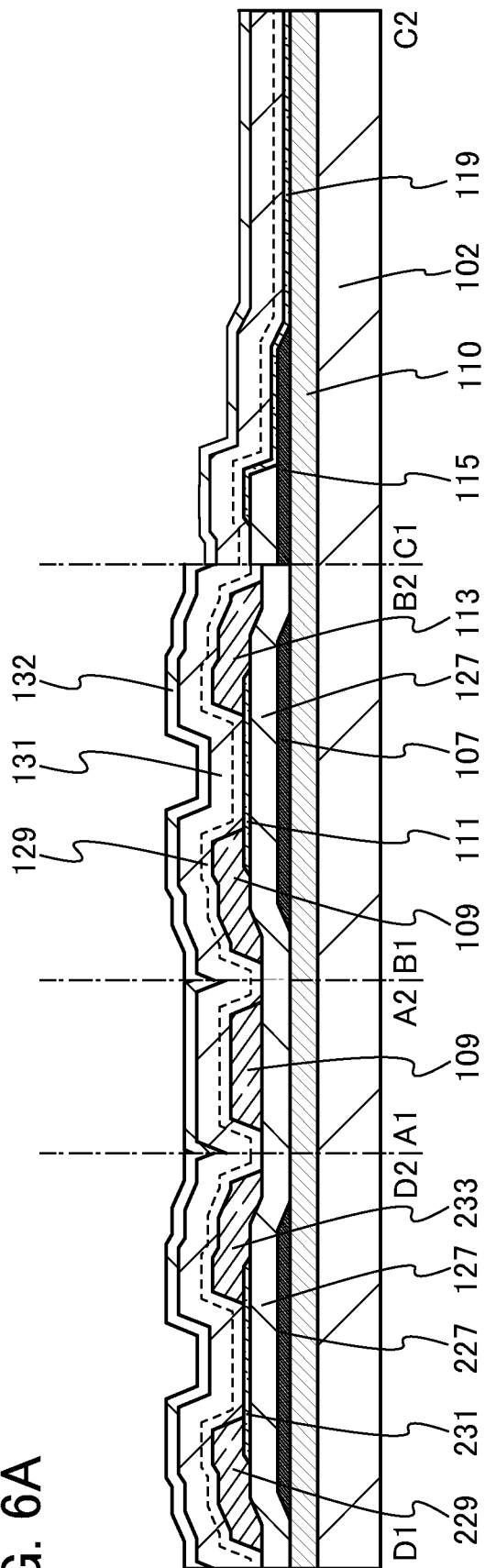


FIG. 6B

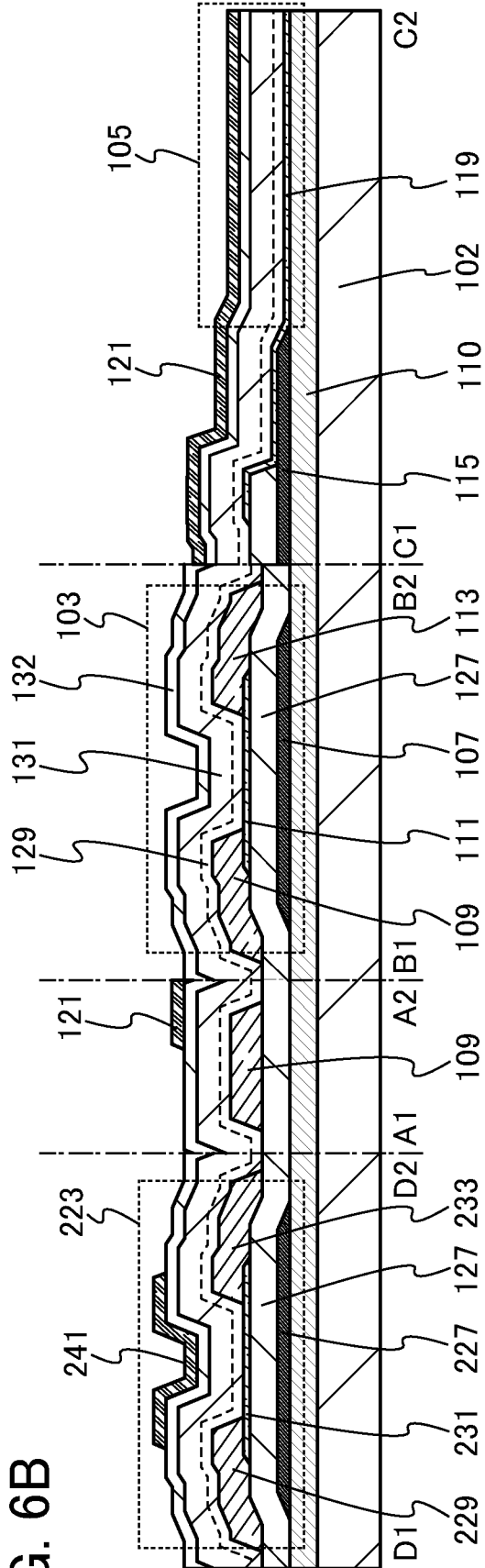


FIG. 7

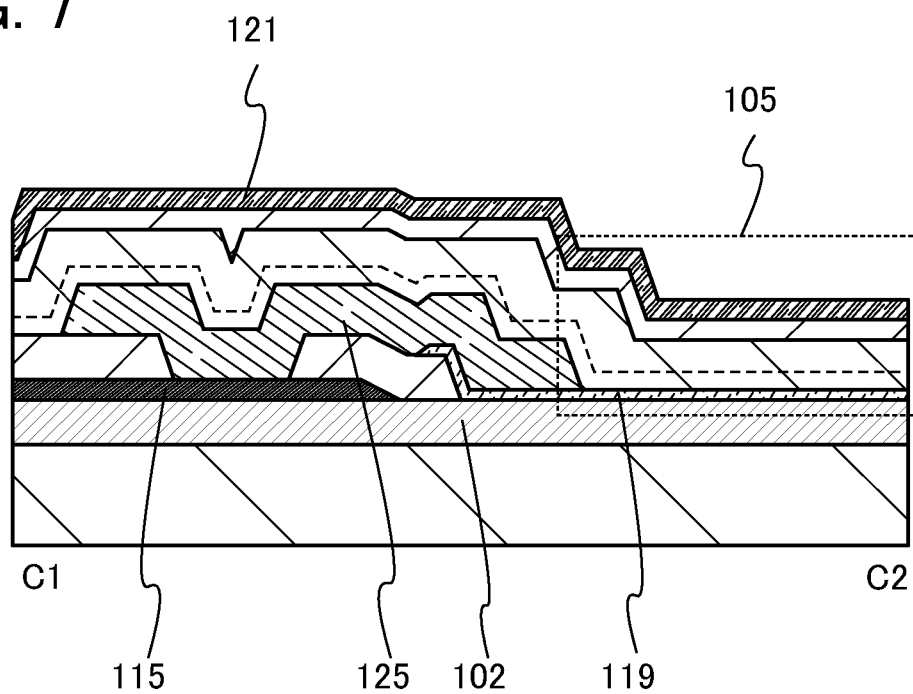


FIG. 8

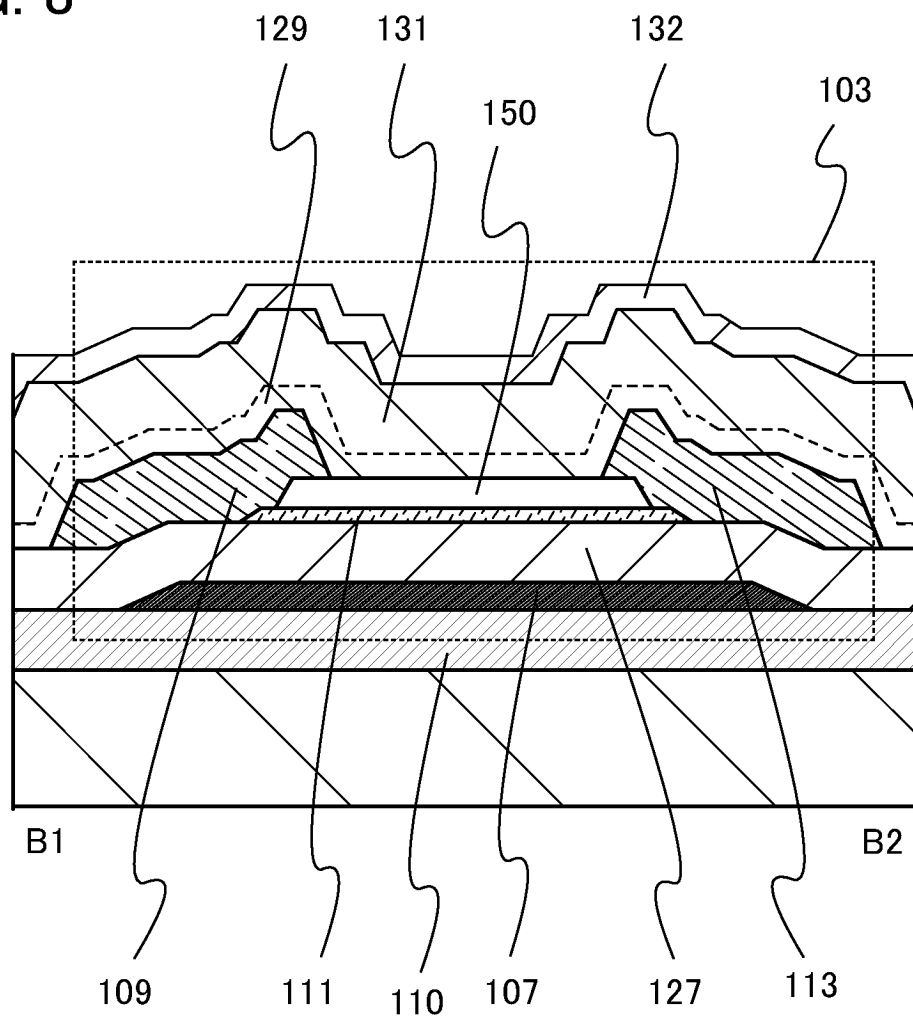


FIG. 9A

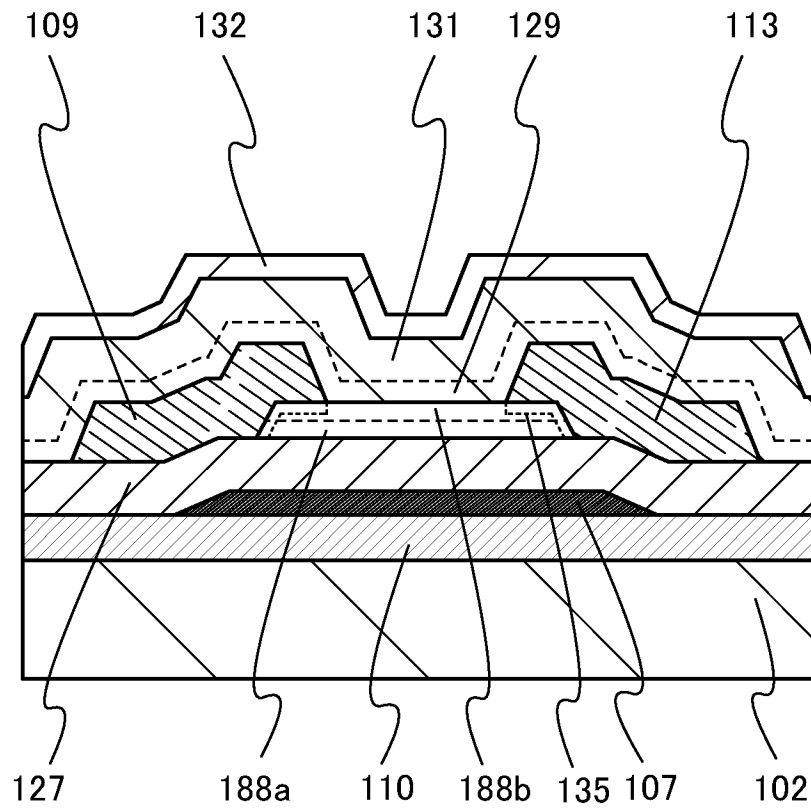


FIG. 9B

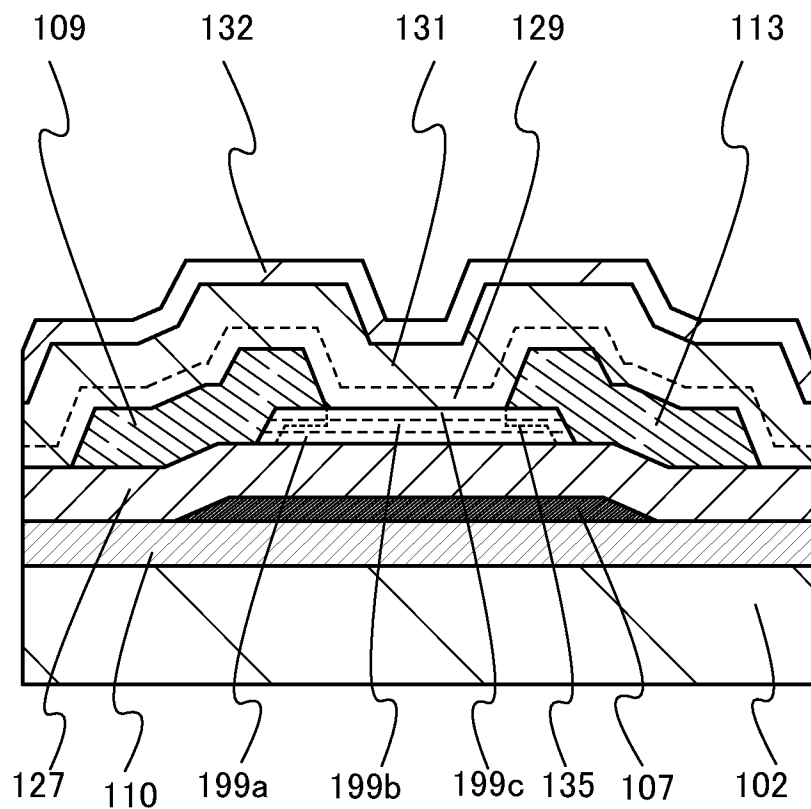


FIG. 10A

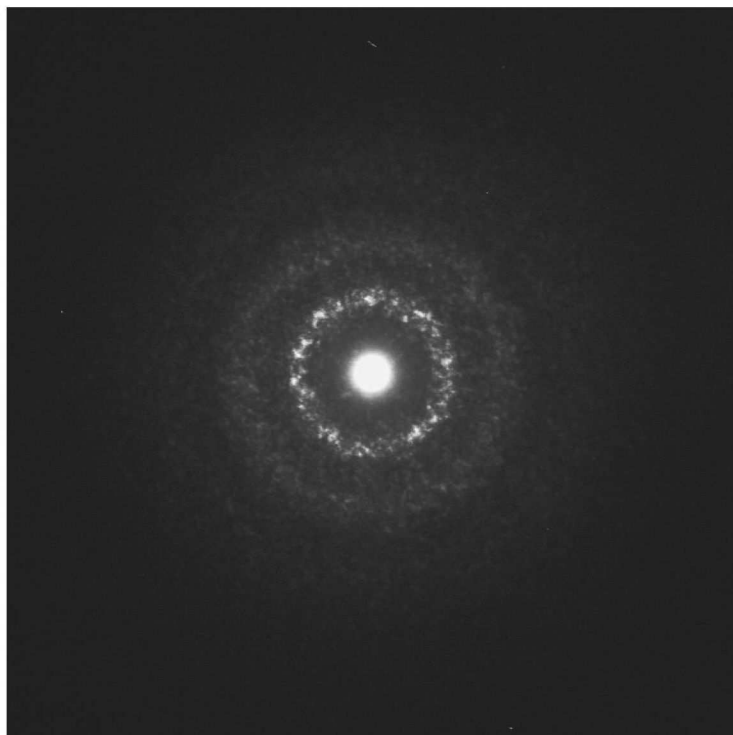


FIG. 10B

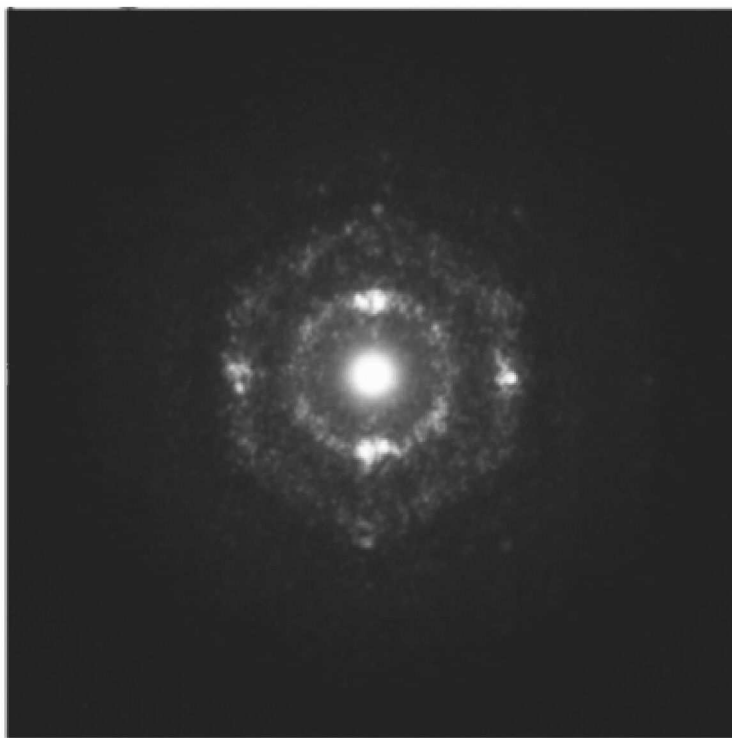


FIG. 11A

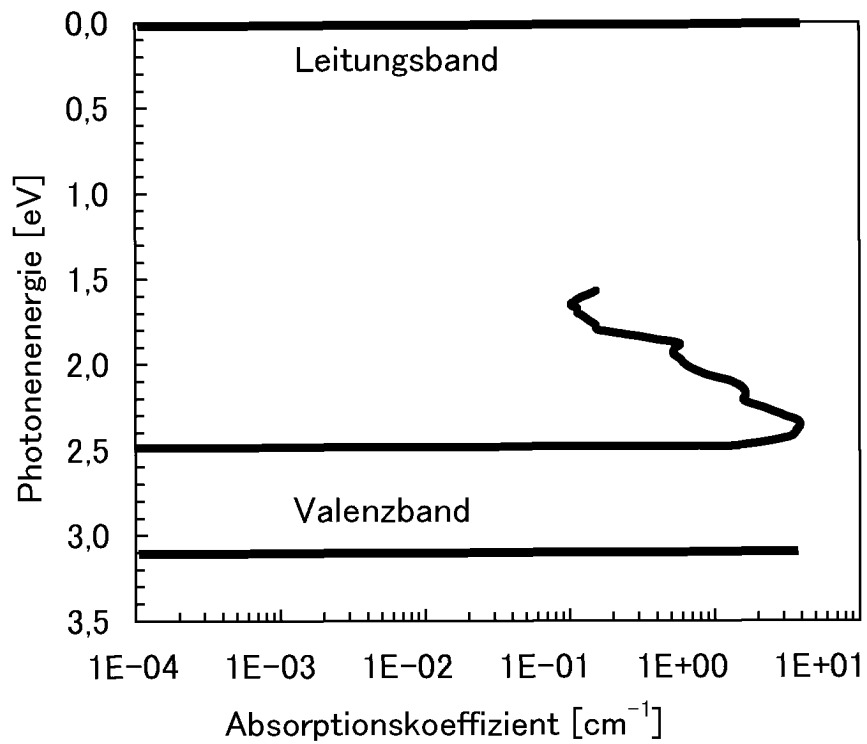


FIG. 11B

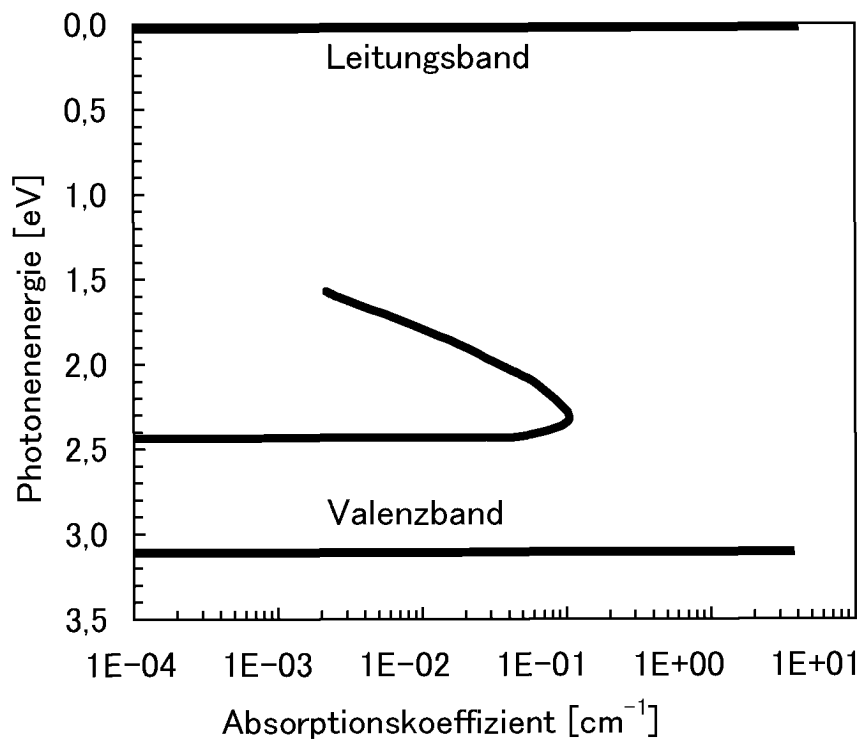


FIG. 12

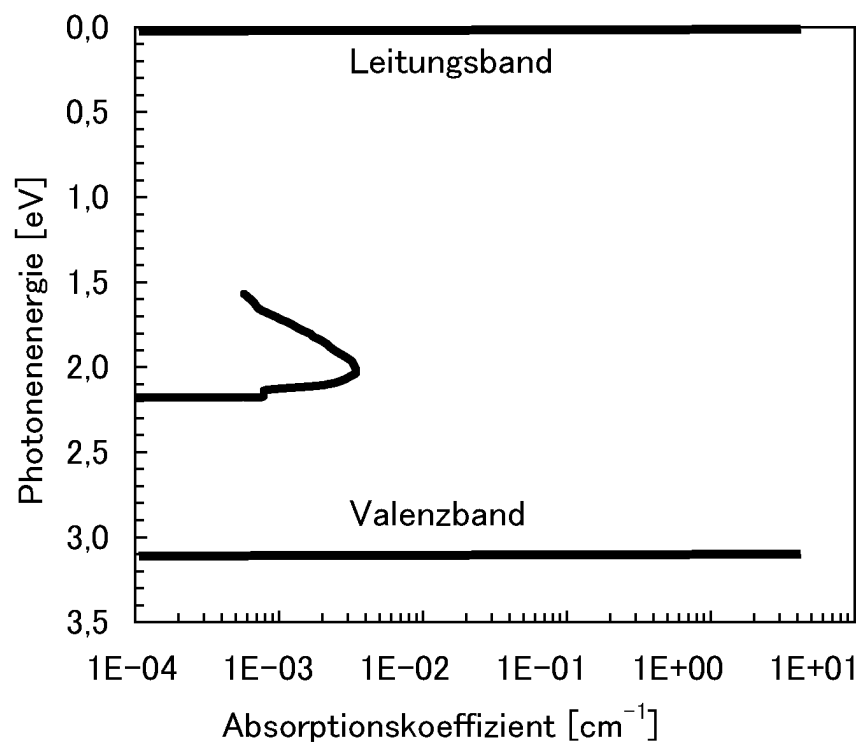


FIG. 13A

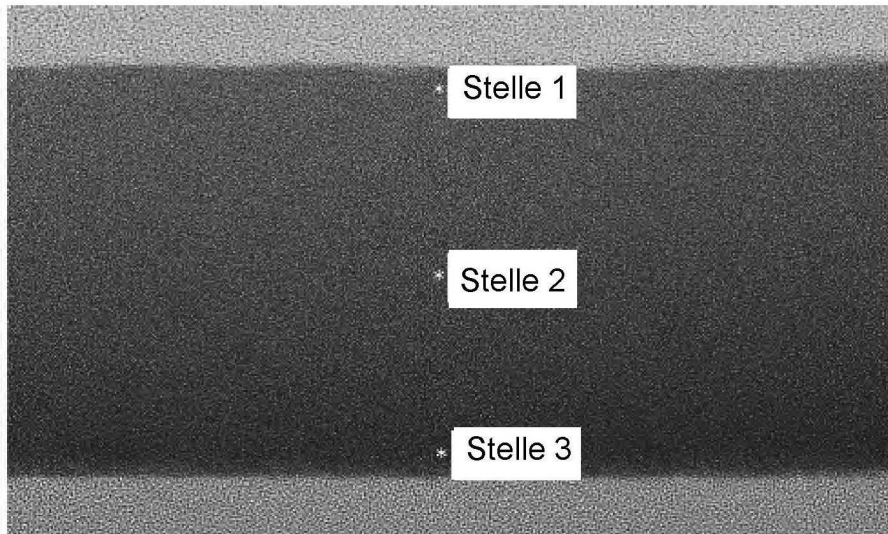


FIG. 13B

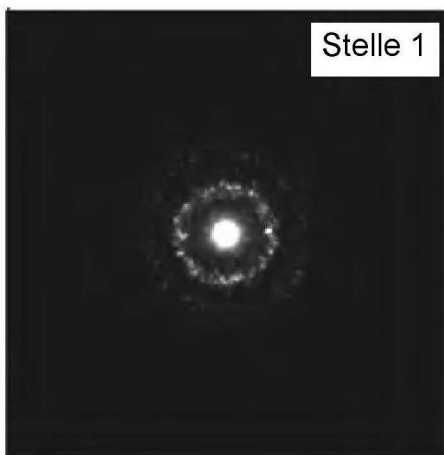


FIG. 13C

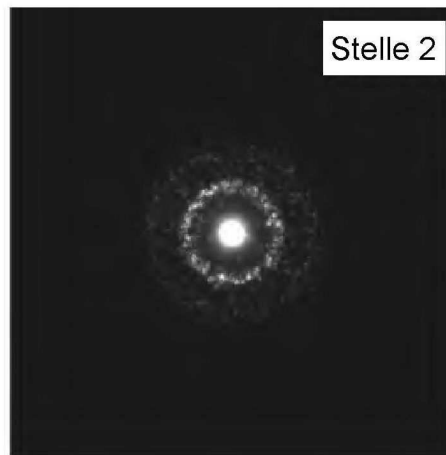


FIG. 13D

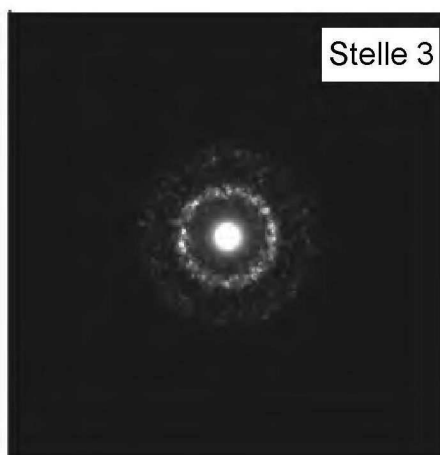


FIG. 14A

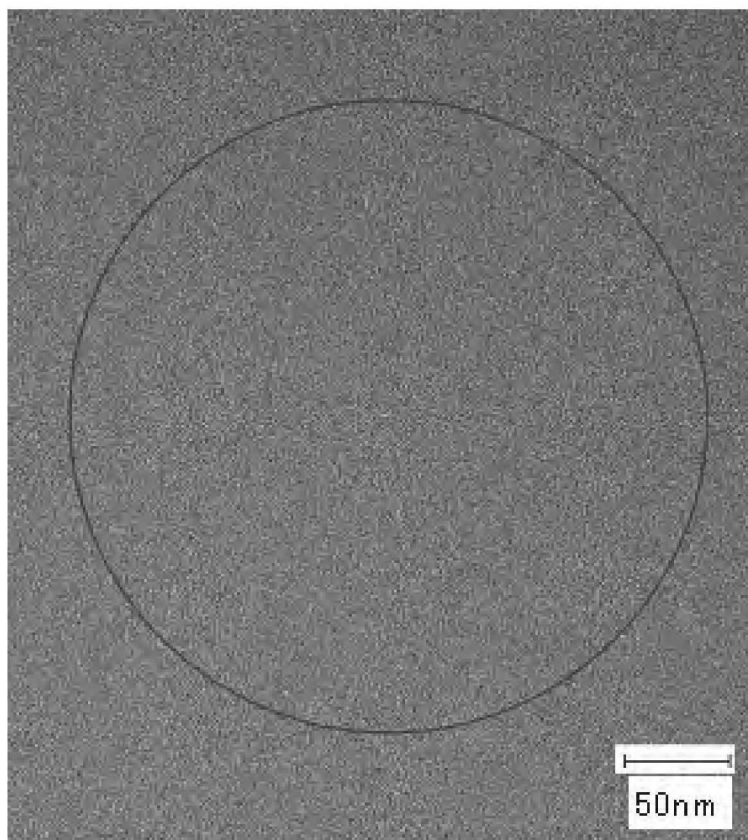


FIG. 14B

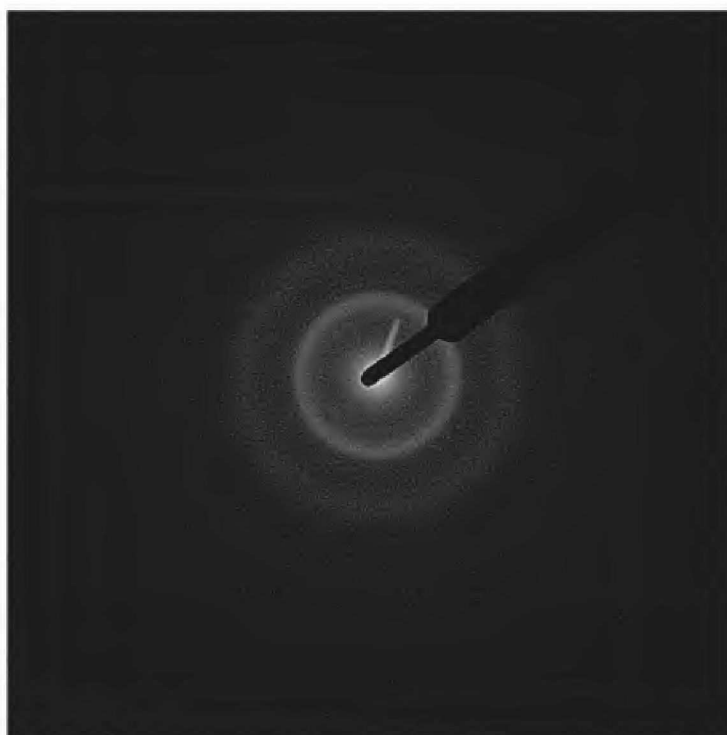


FIG. 15A

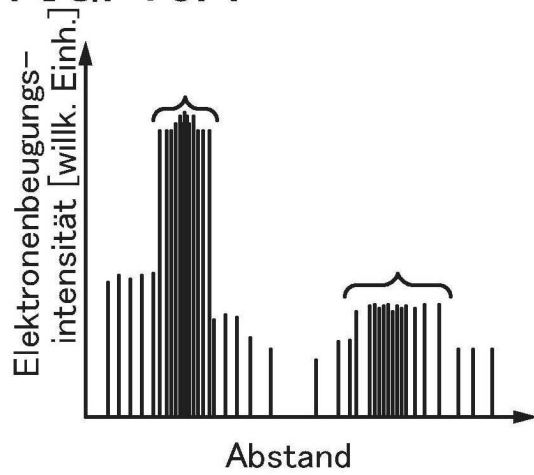


FIG. 15B

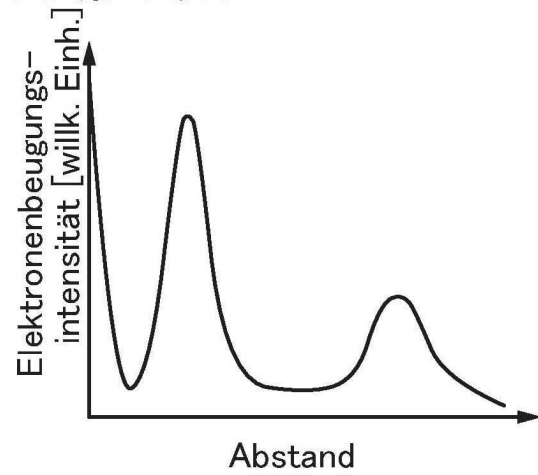


FIG. 15C

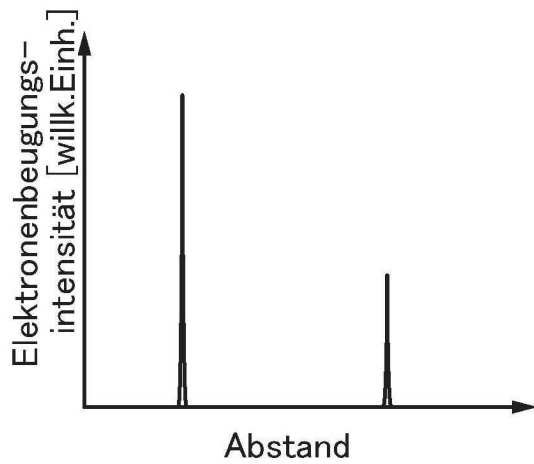


FIG. 16

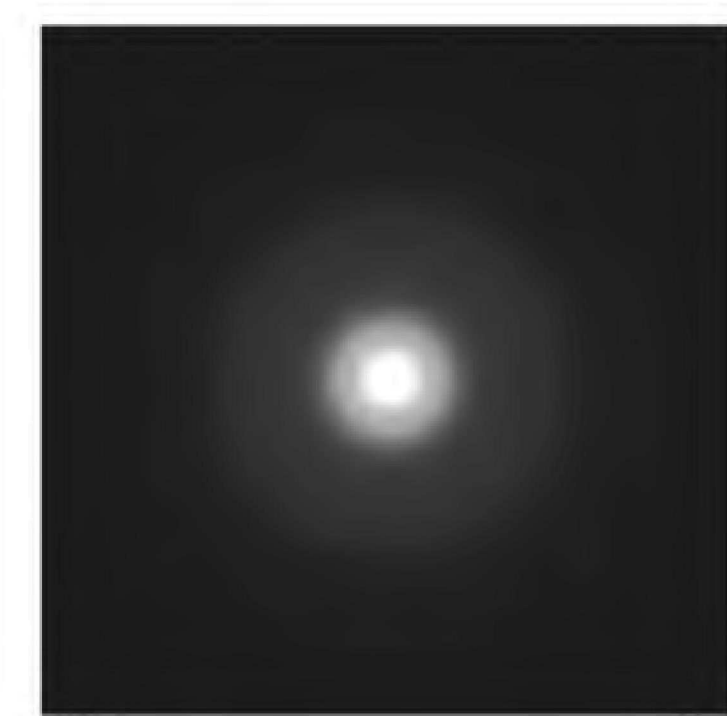


FIG. 17

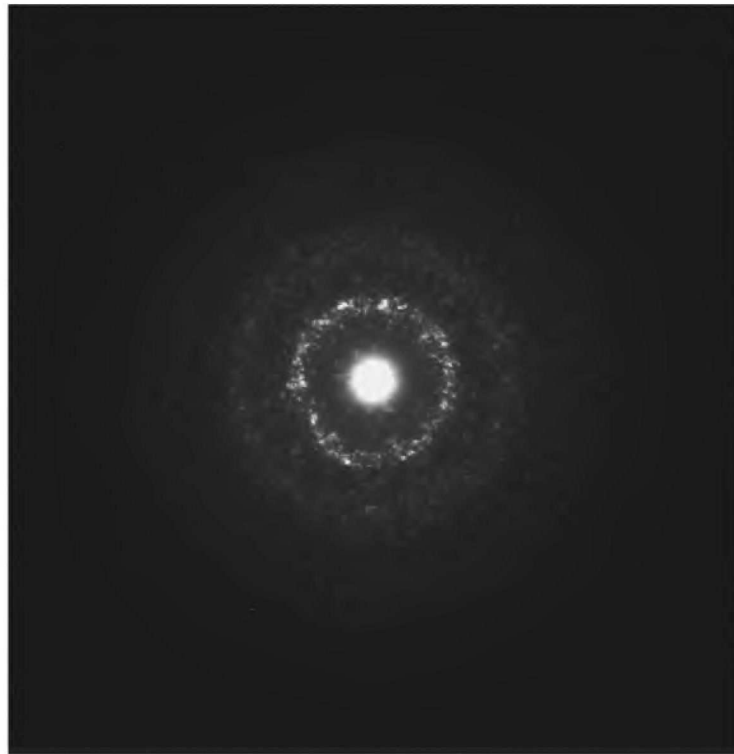


FIG. 18A

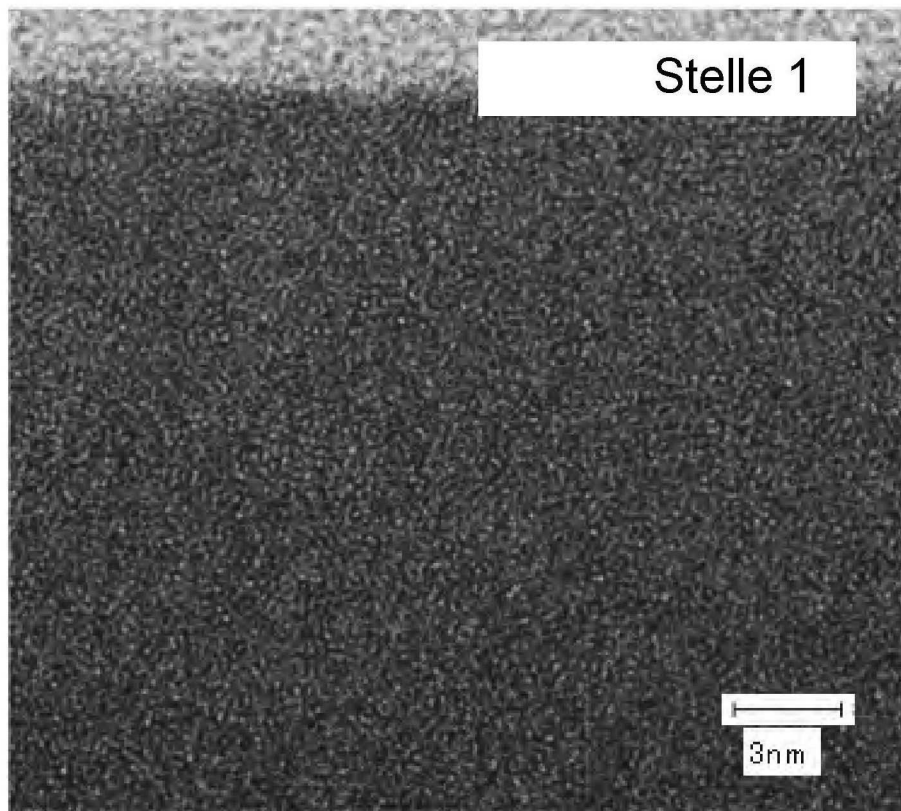


FIG. 18B

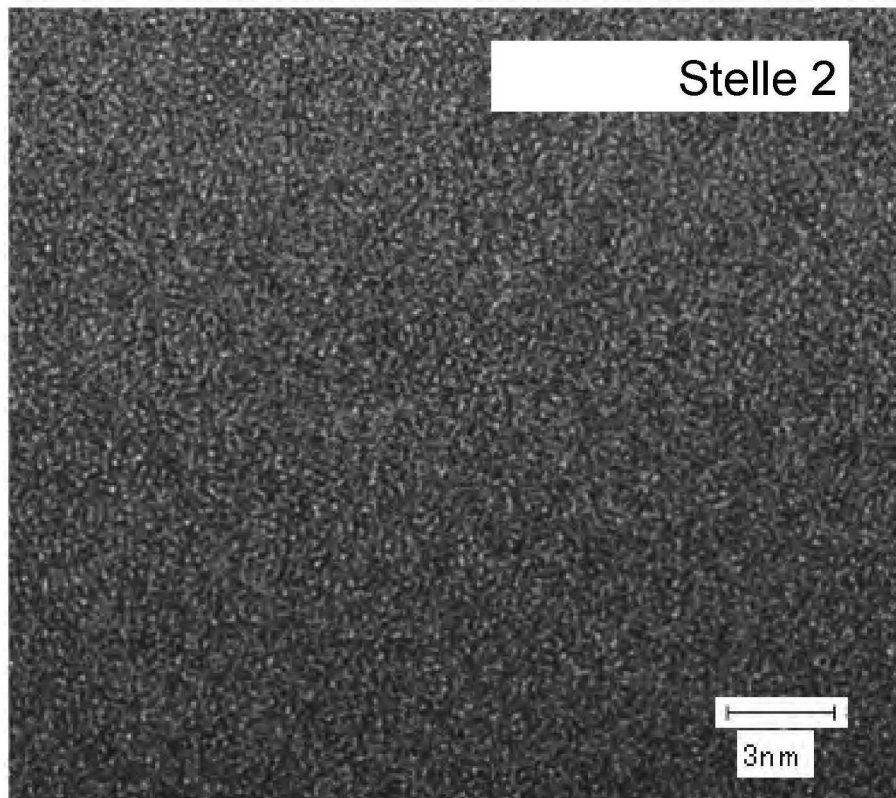


FIG. 19

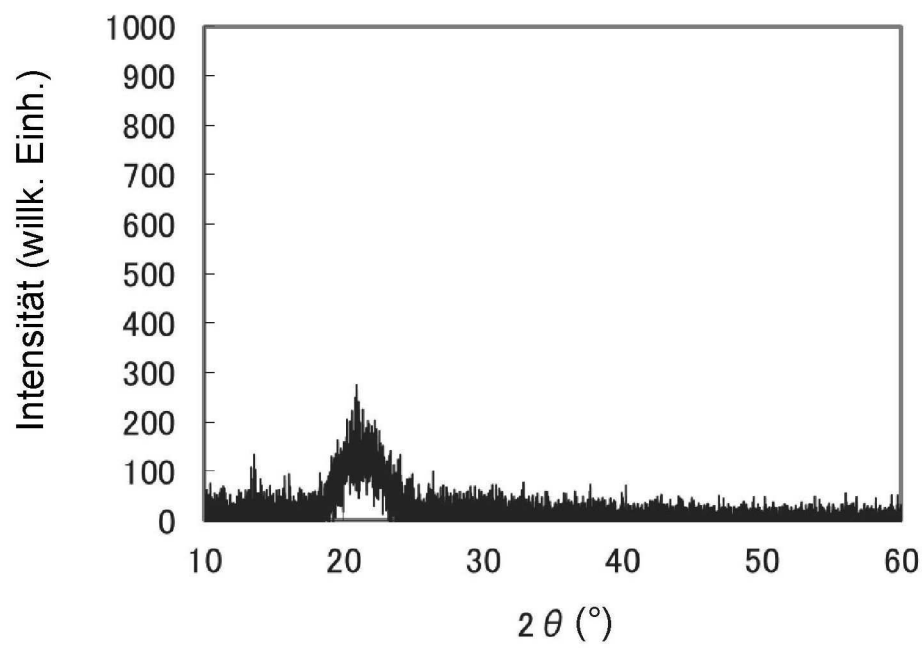


FIG. 20

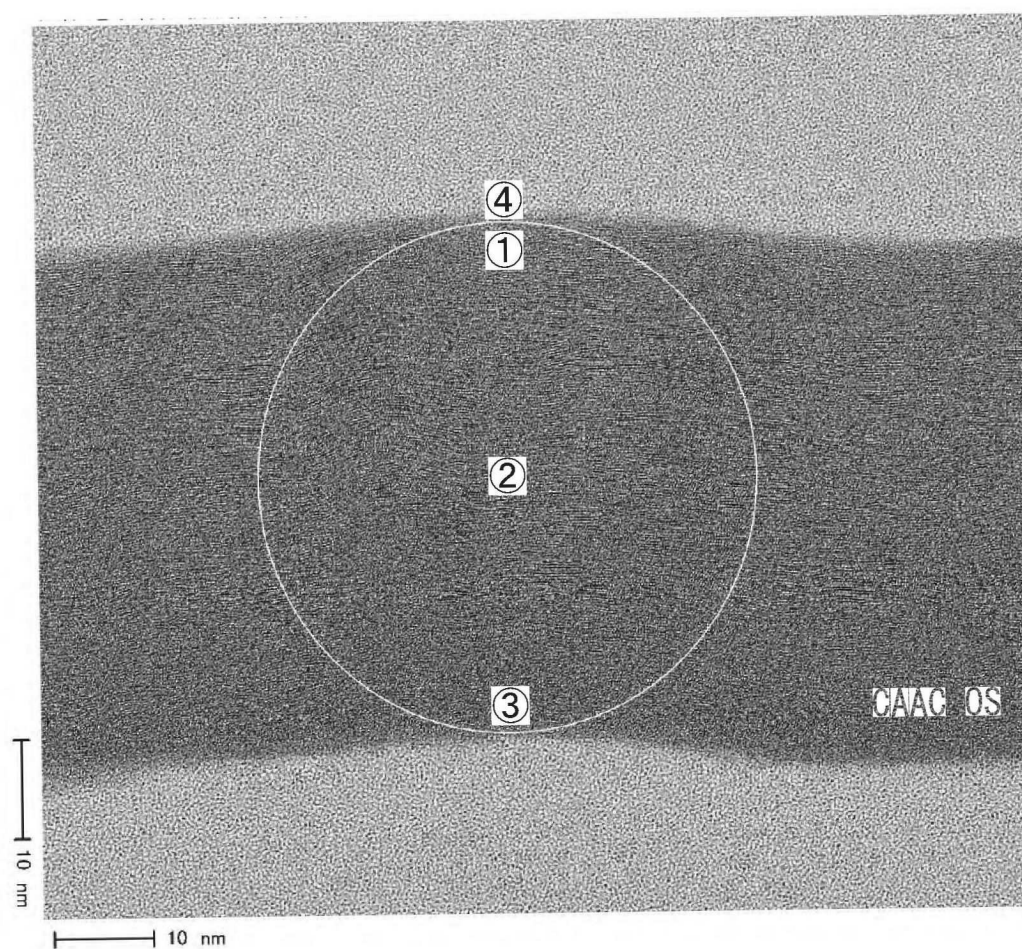


FIG. 21A

Stelle 1

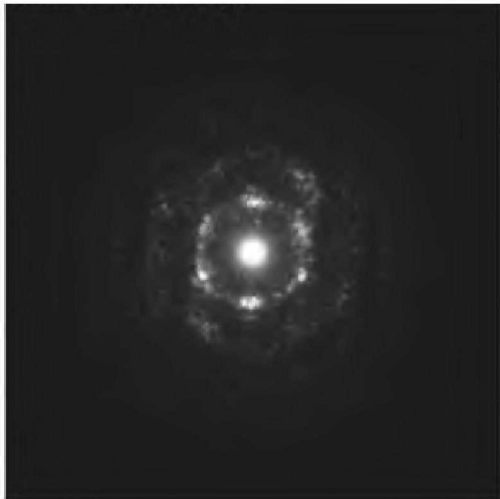


FIG. 21B

Stelle 2

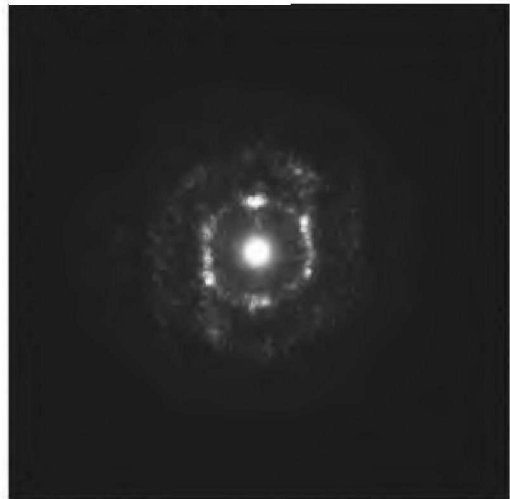


FIG. 21C

Stelle 3

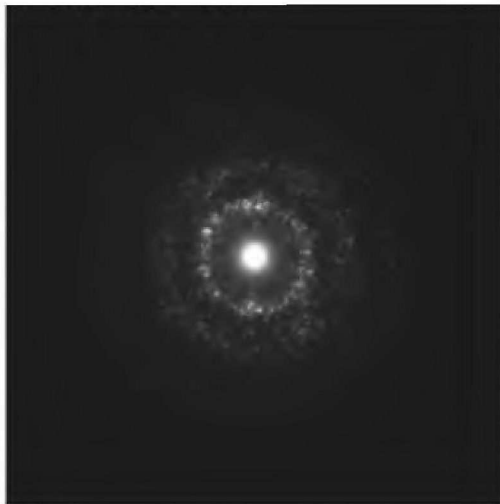


FIG. 21D

Stelle 4

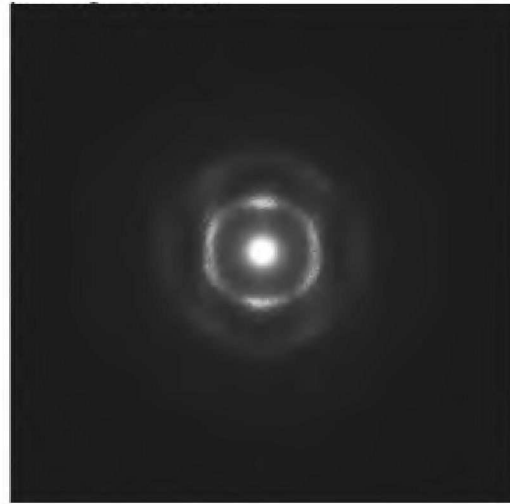


FIG. 22

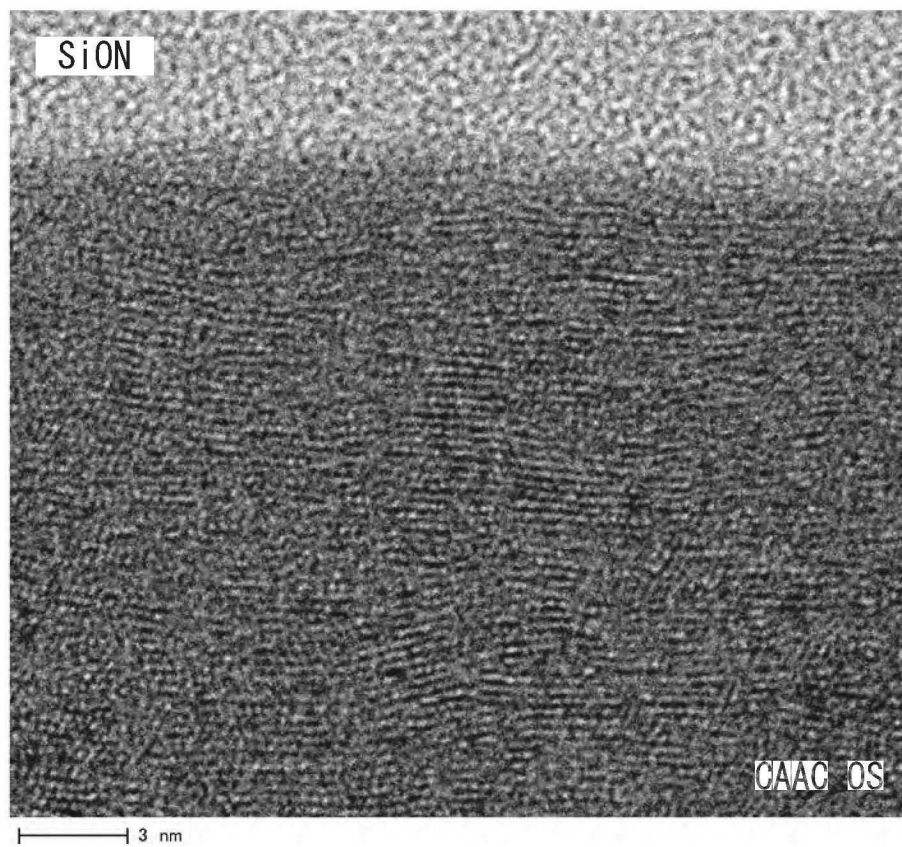


FIG. 23A

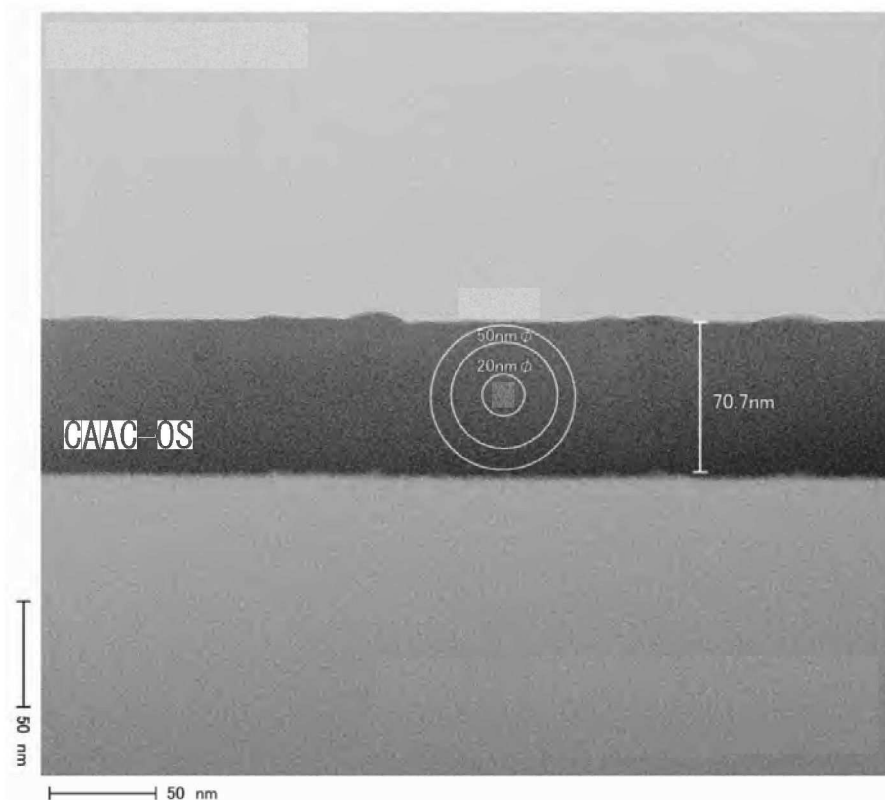


FIG. 23B

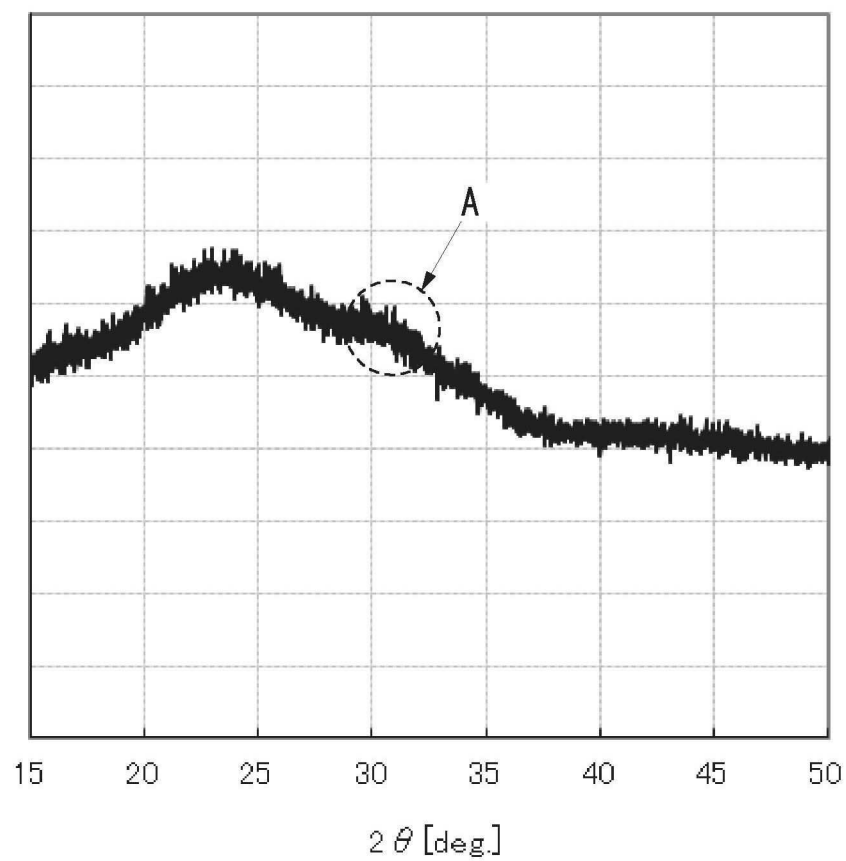


FIG. 24A



FIG. 24B

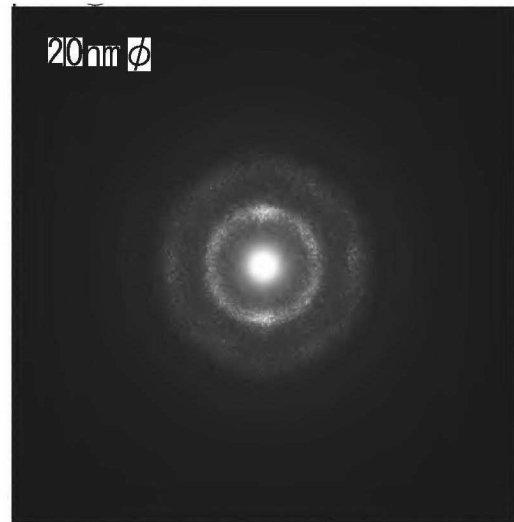


FIG. 24C

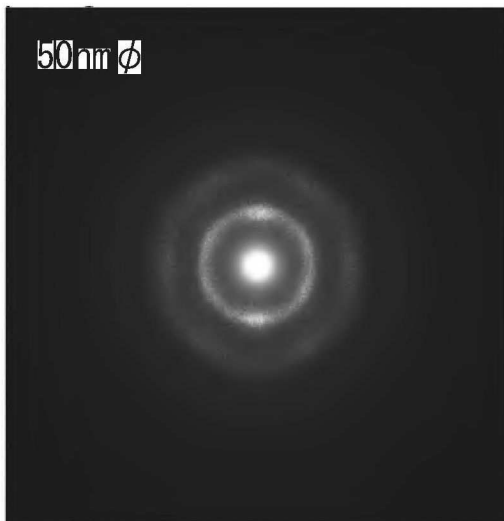


FIG. 24D

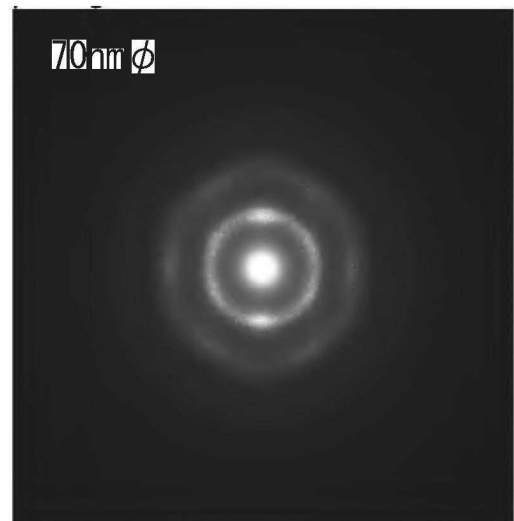


FIG. 25A



FIG. 25B

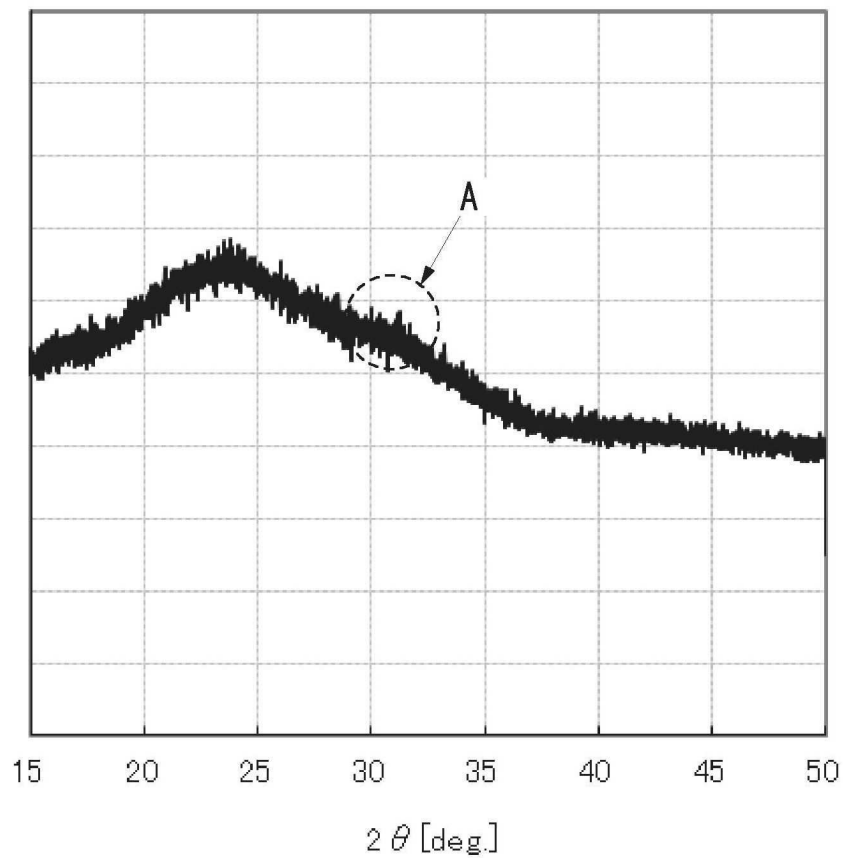


FIG. 26A

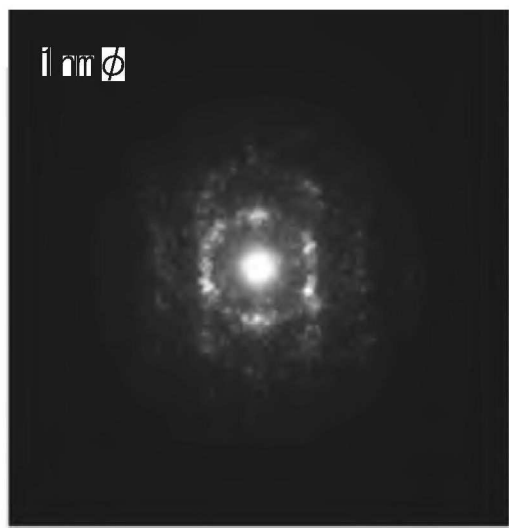


FIG. 26B

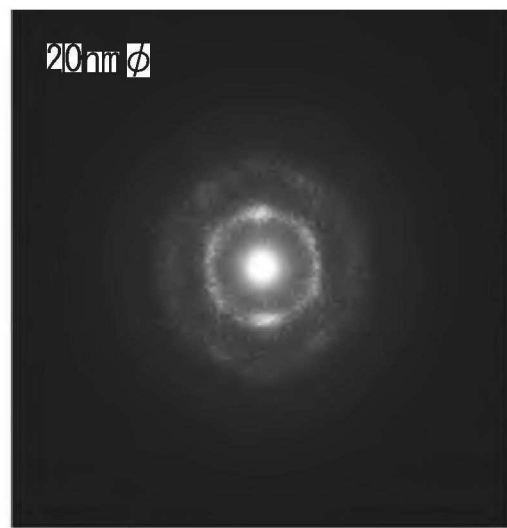


FIG. 26C

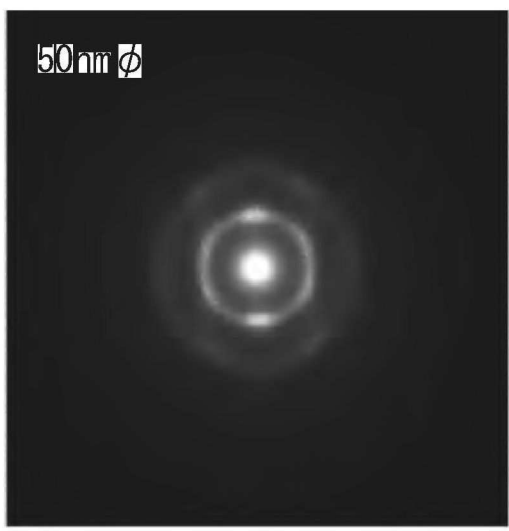


FIG. 26D

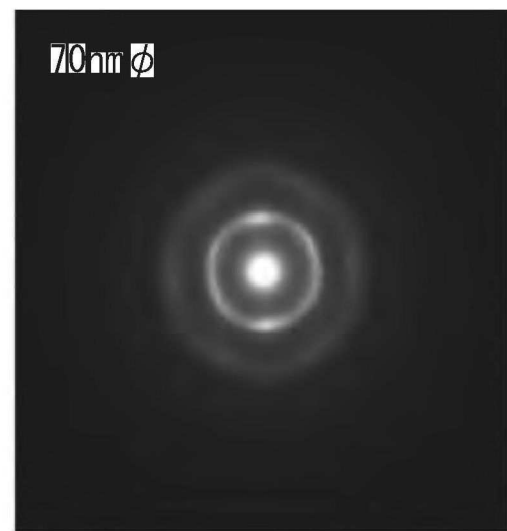


FIG. 27A

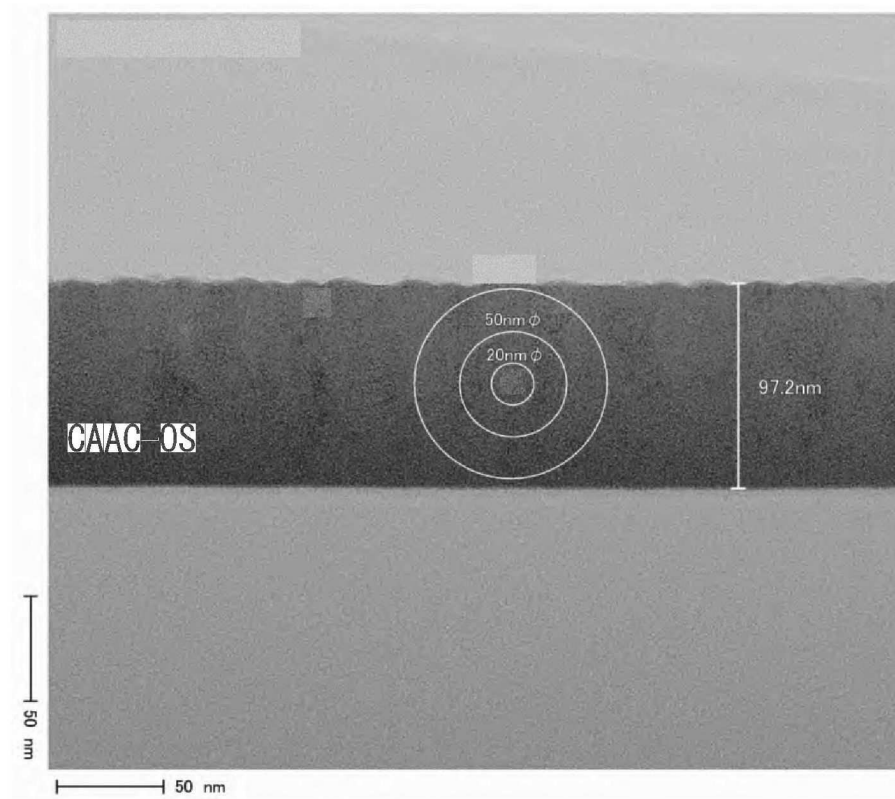


FIG. 27B

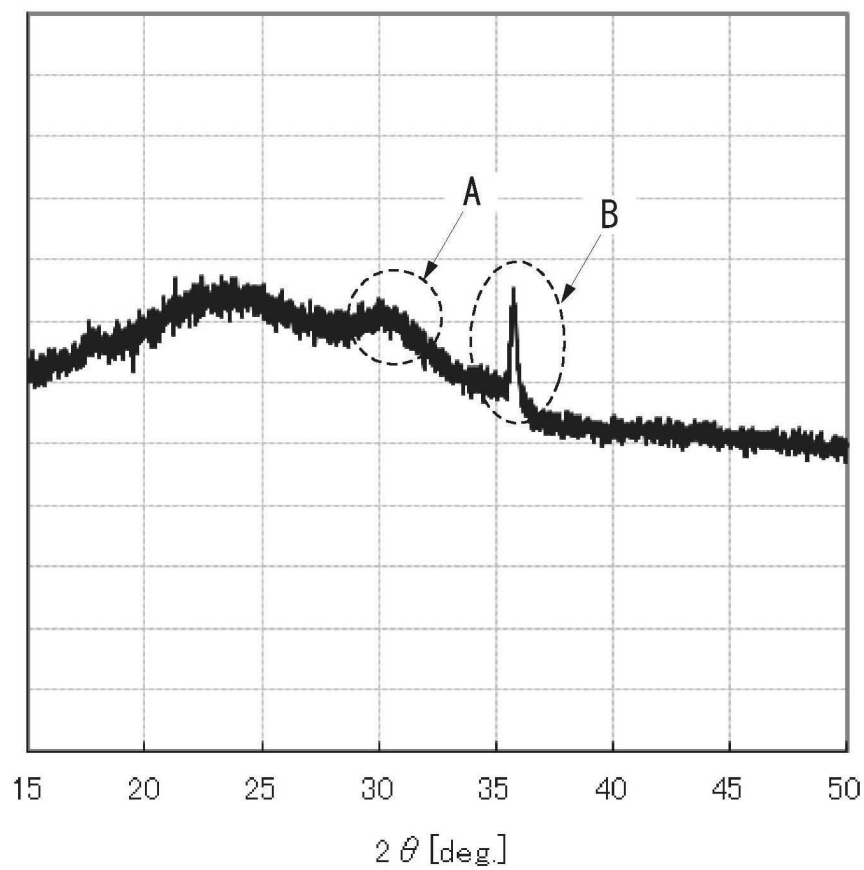


FIG. 28A

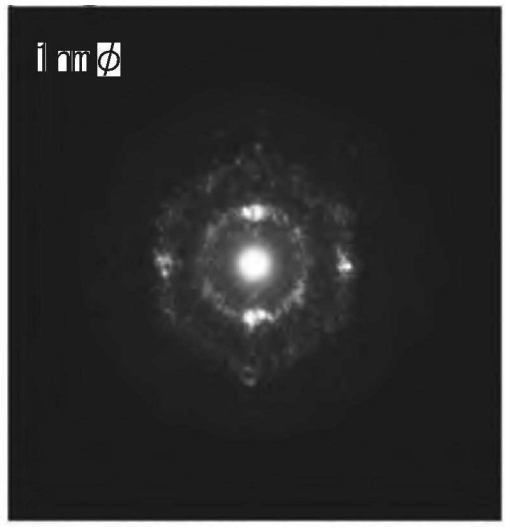


FIG. 28B

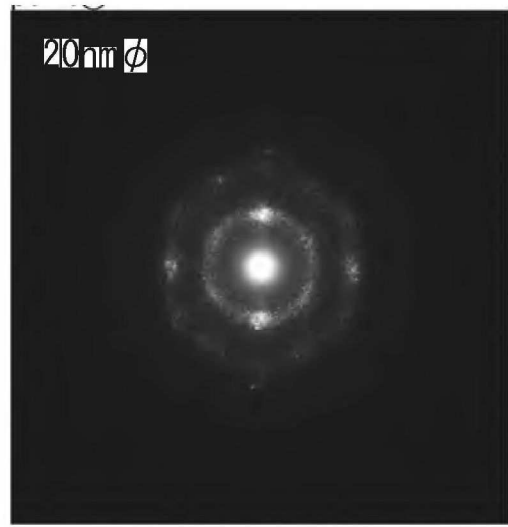


FIG. 28C

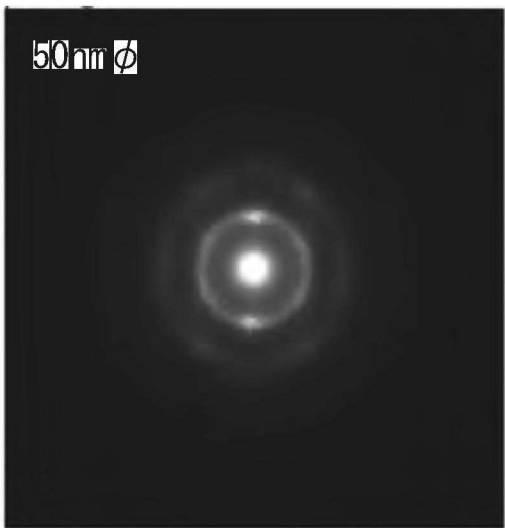


FIG. 28D

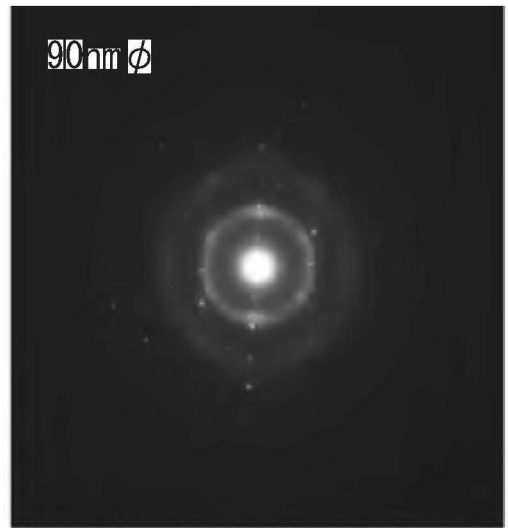


FIG. 29A

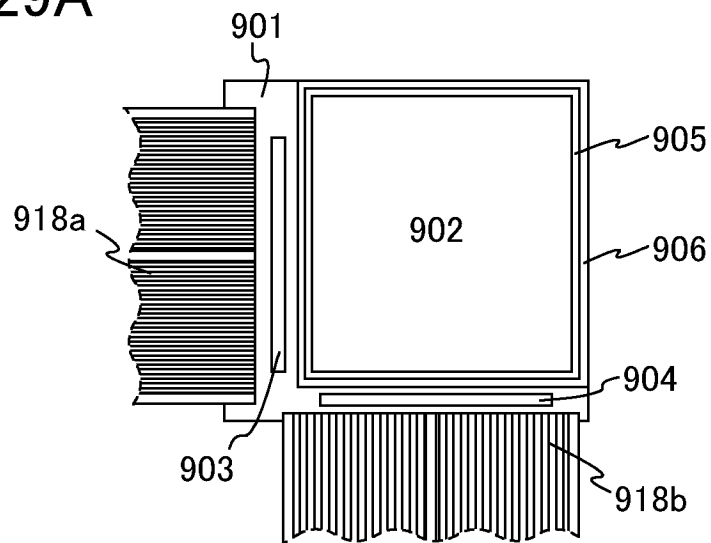


FIG. 29B

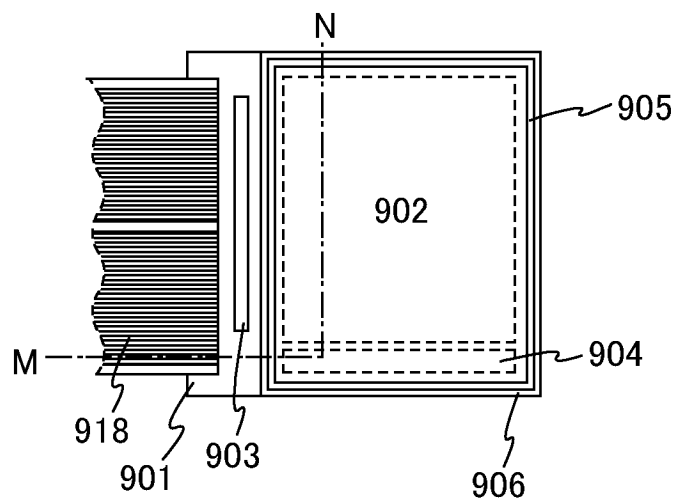


FIG. 29C

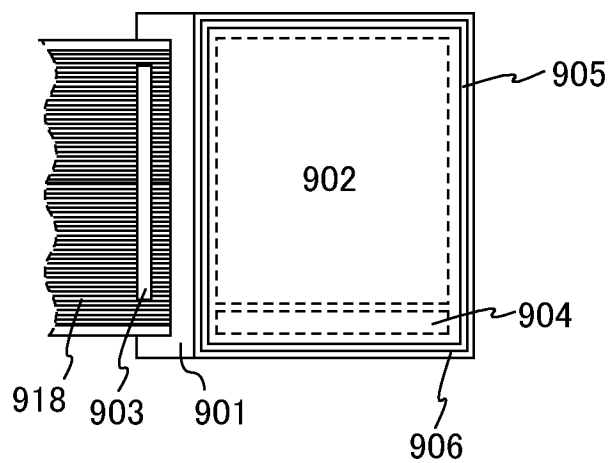


FIG. 30

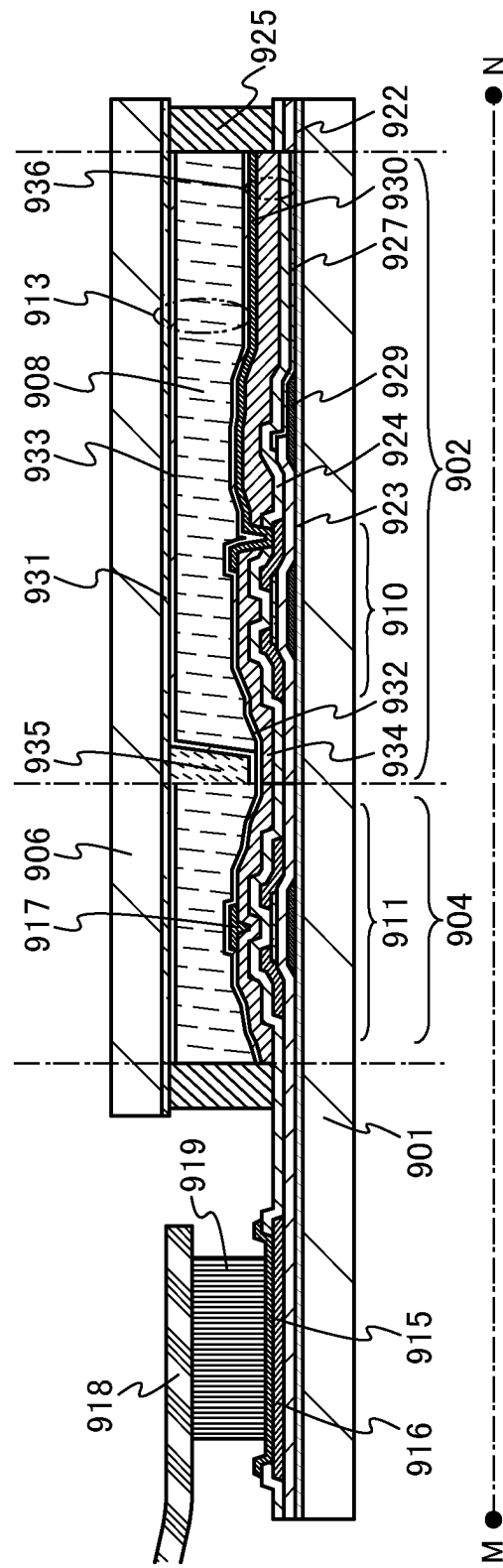


FIG. 31A

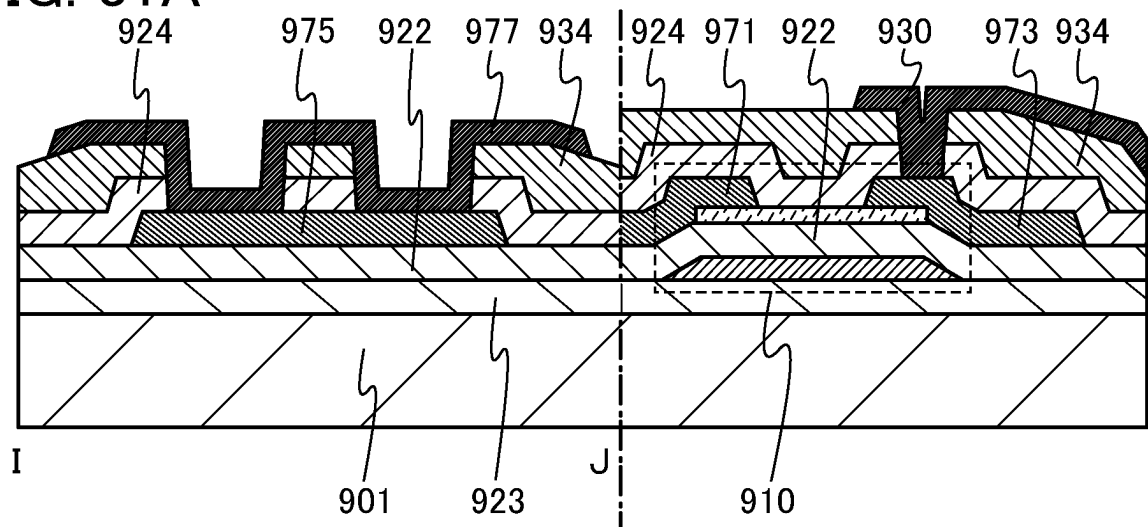


FIG. 31B

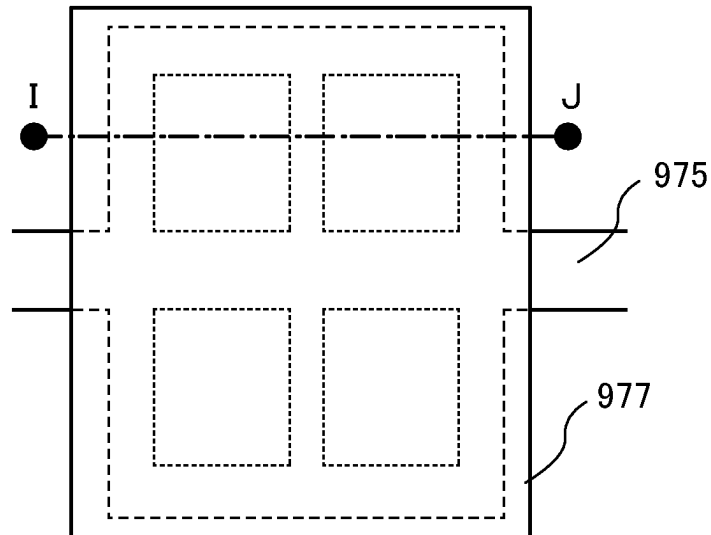


FIG. 31C

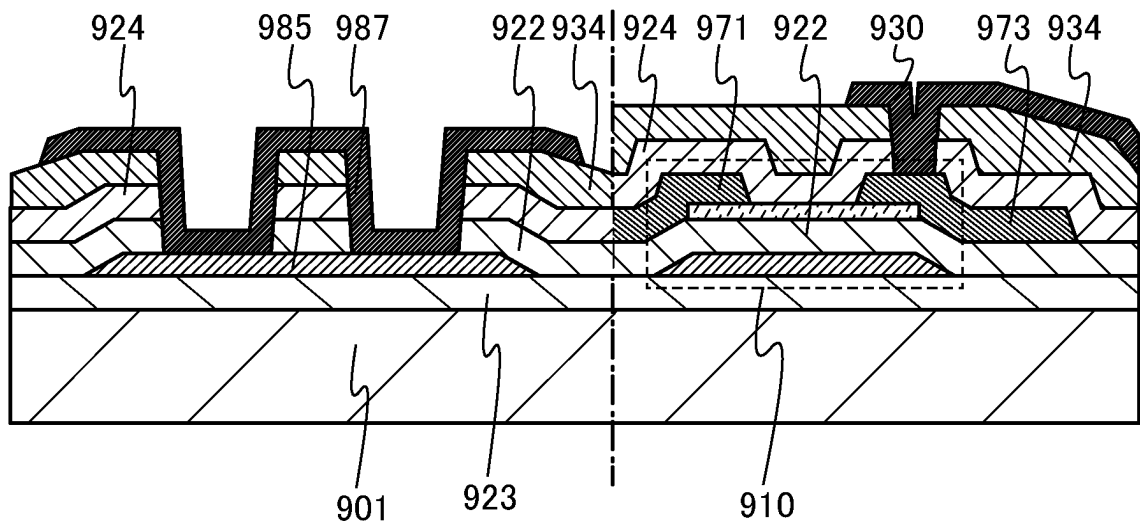


FIG. 32

Informationsprozessor 600

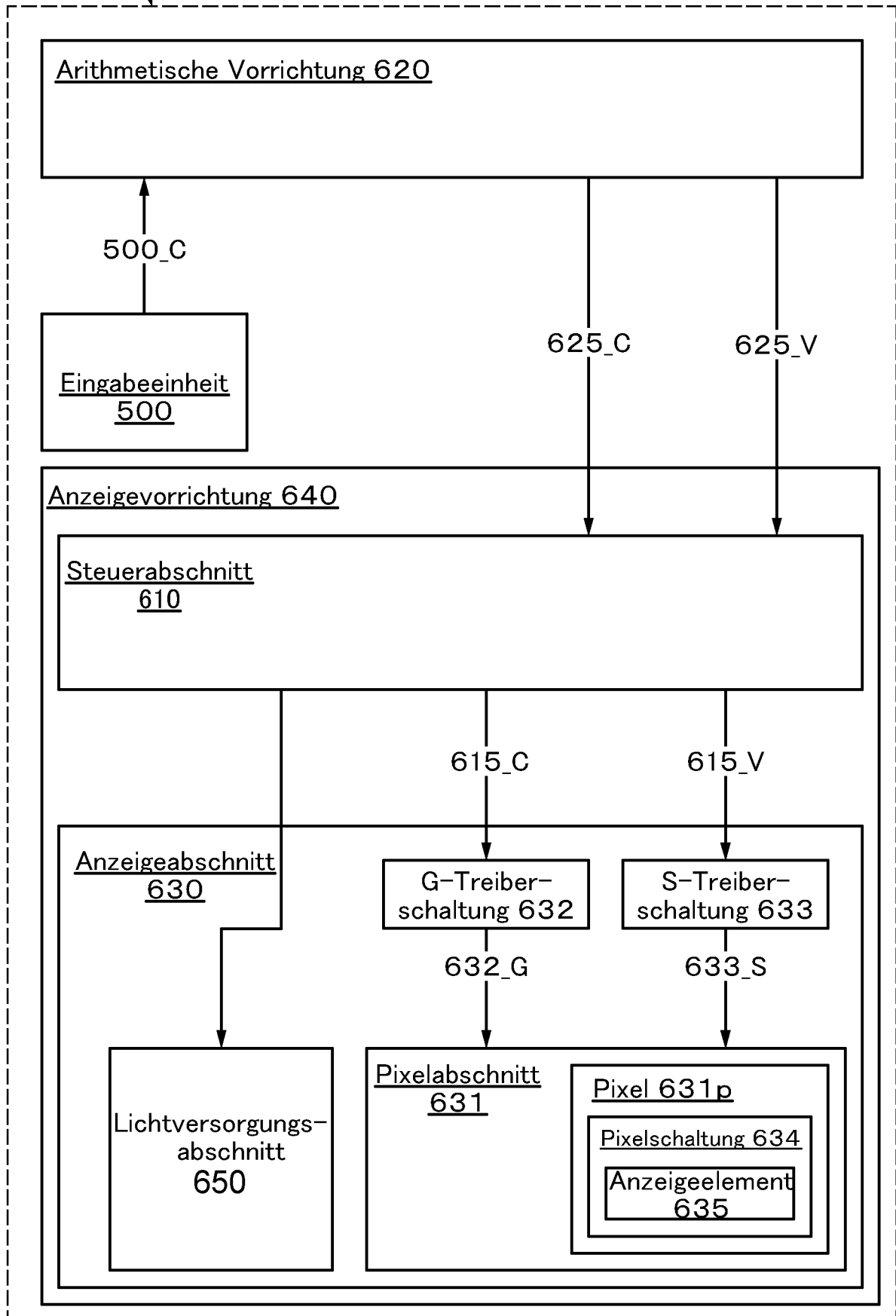


FIG. 33A1

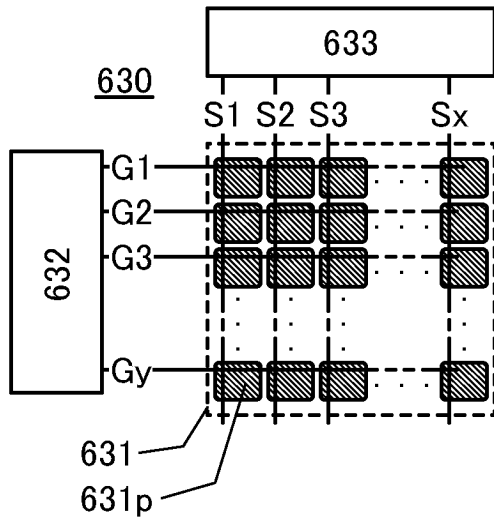


FIG. 33A2

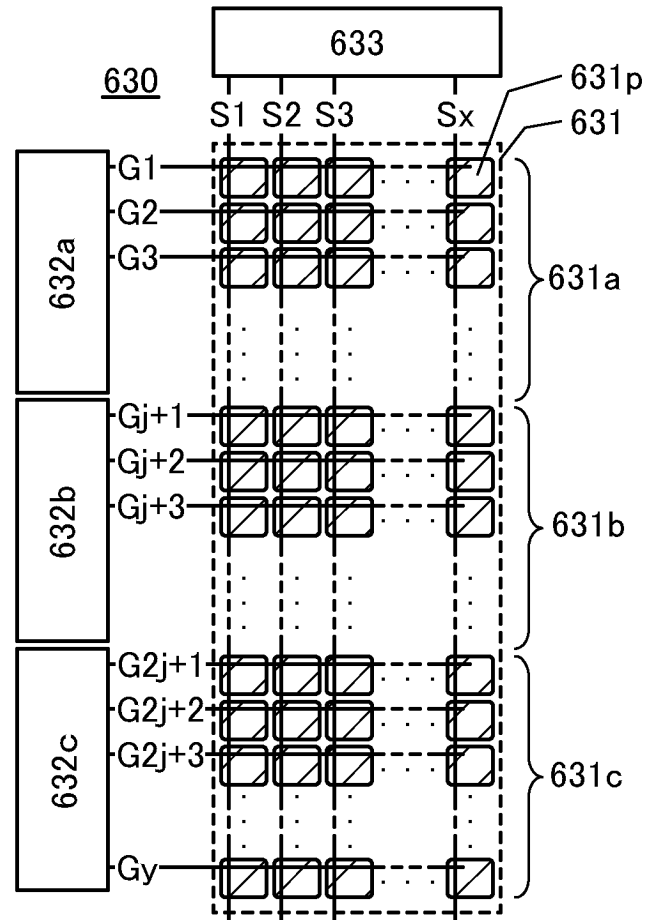


FIG. 33B1

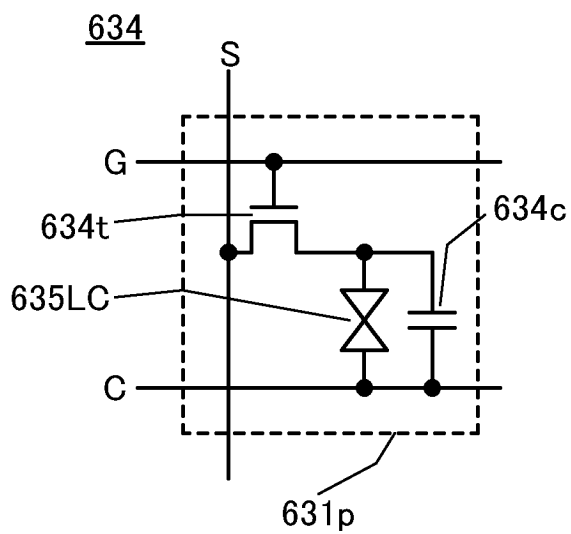


FIG. 33B2

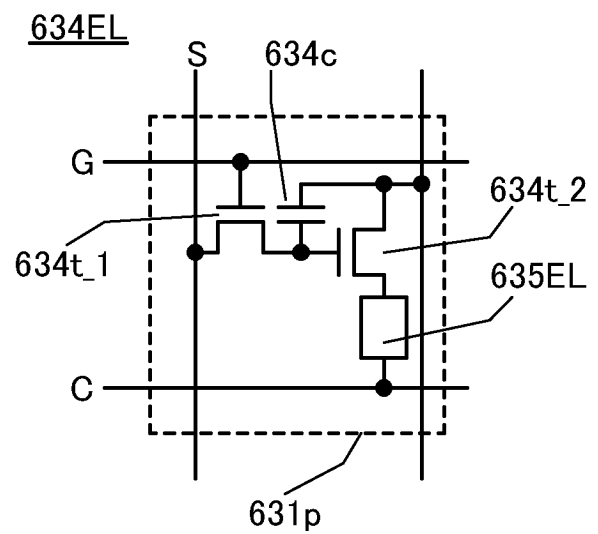


FIG. 34A

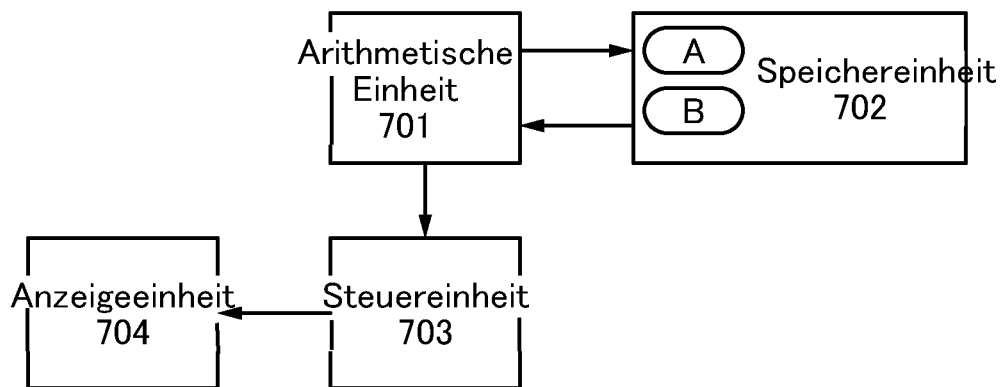


FIG. 34B

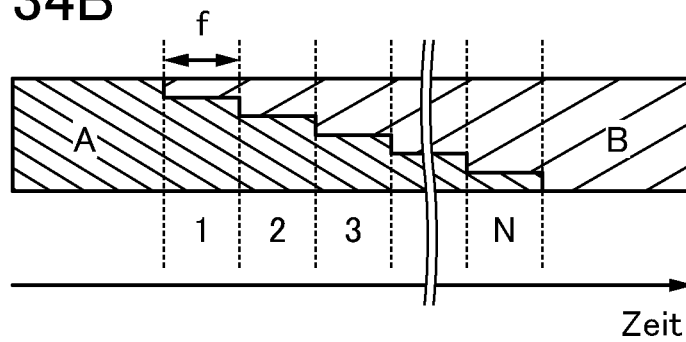


FIG. 35A1

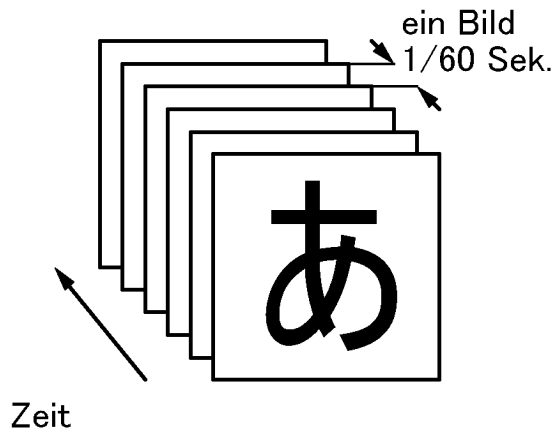


FIG. 35A2

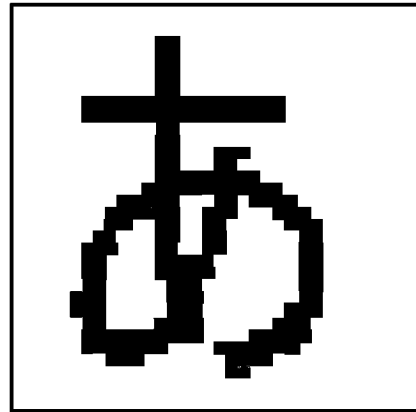


FIG. 35B1

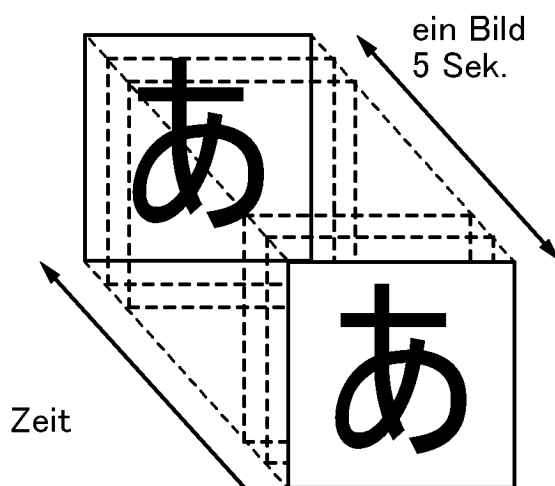


FIG. 35B2

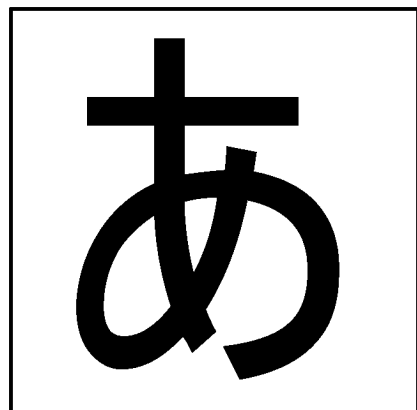


FIG. 36

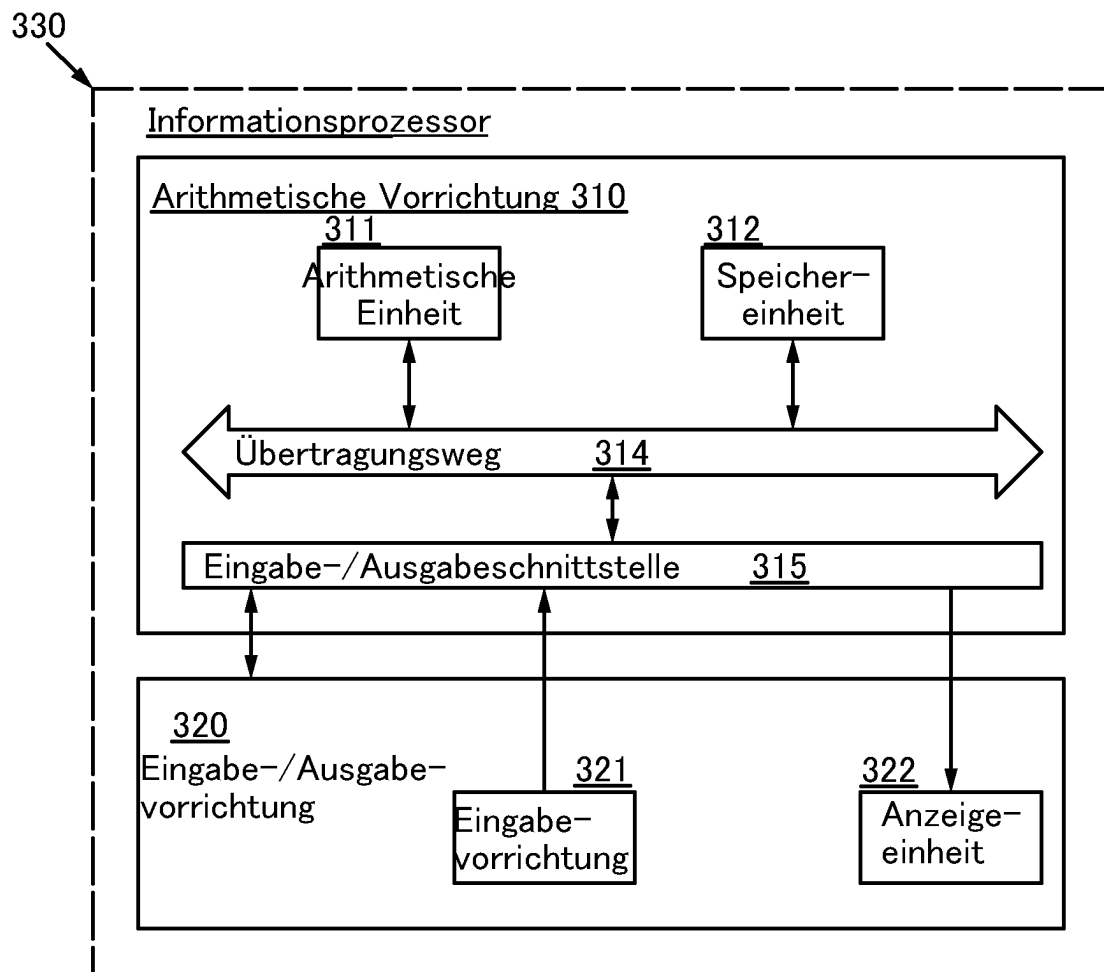


FIG. 37A

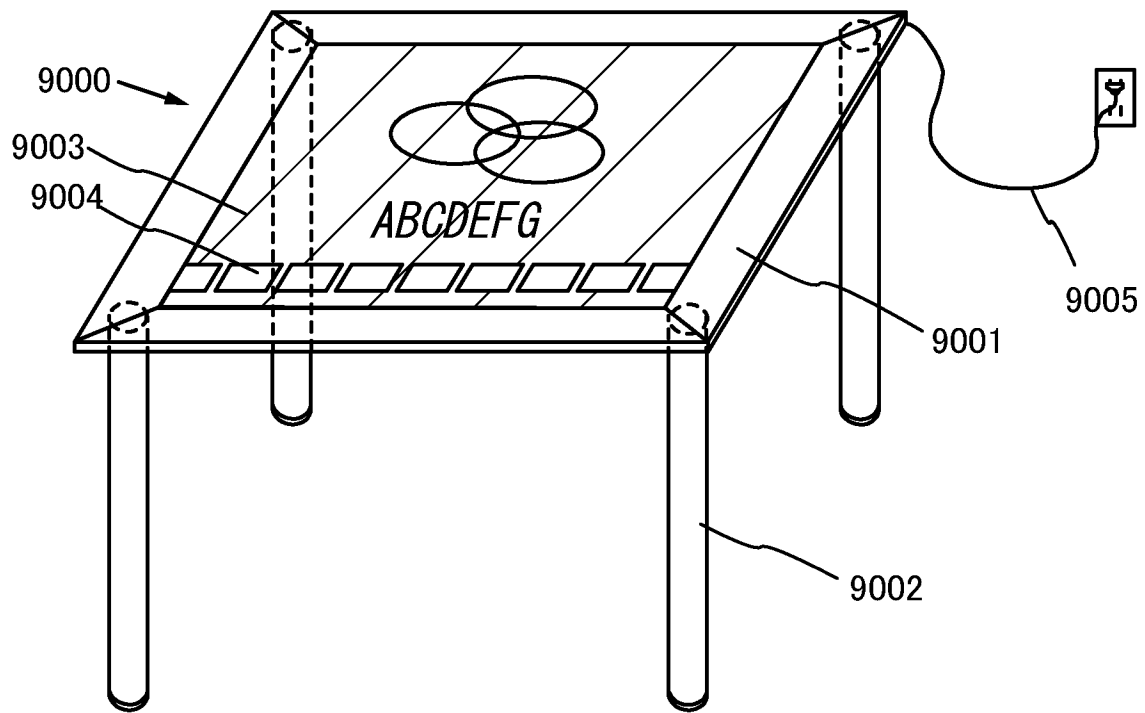


FIG. 37B

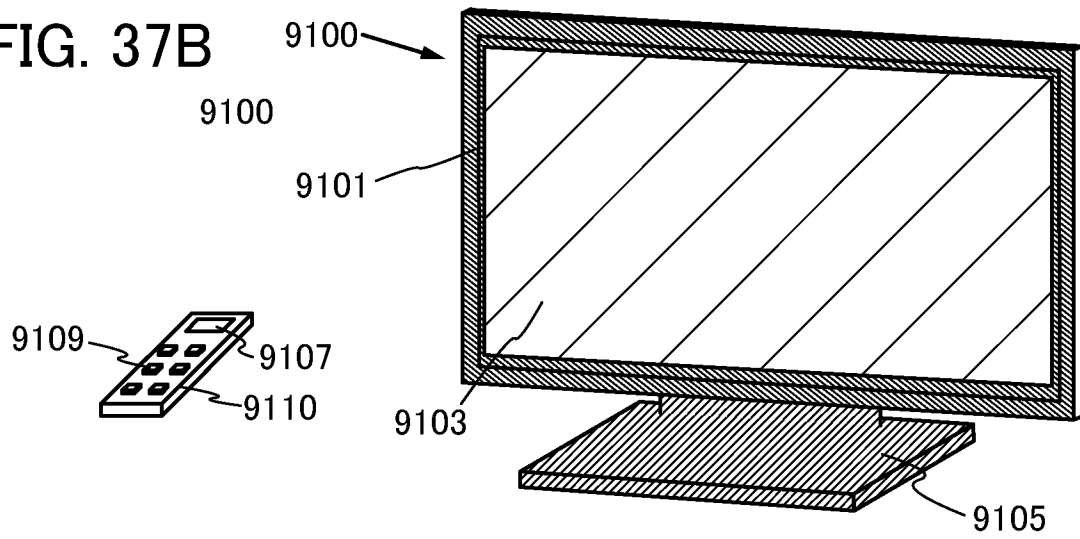


FIG. 37C

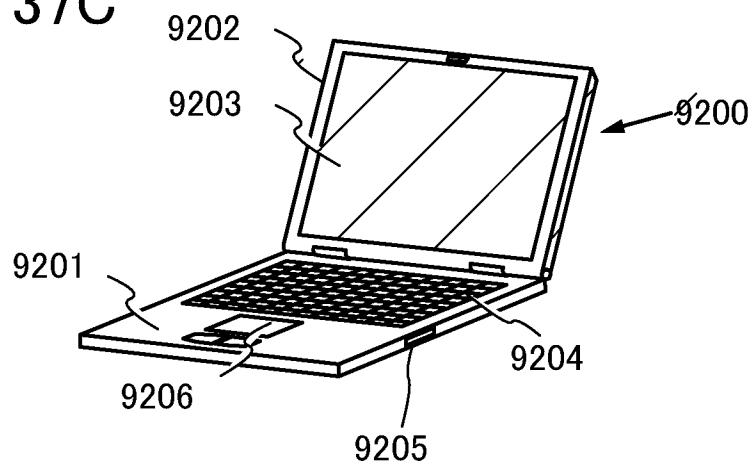


FIG. 38A

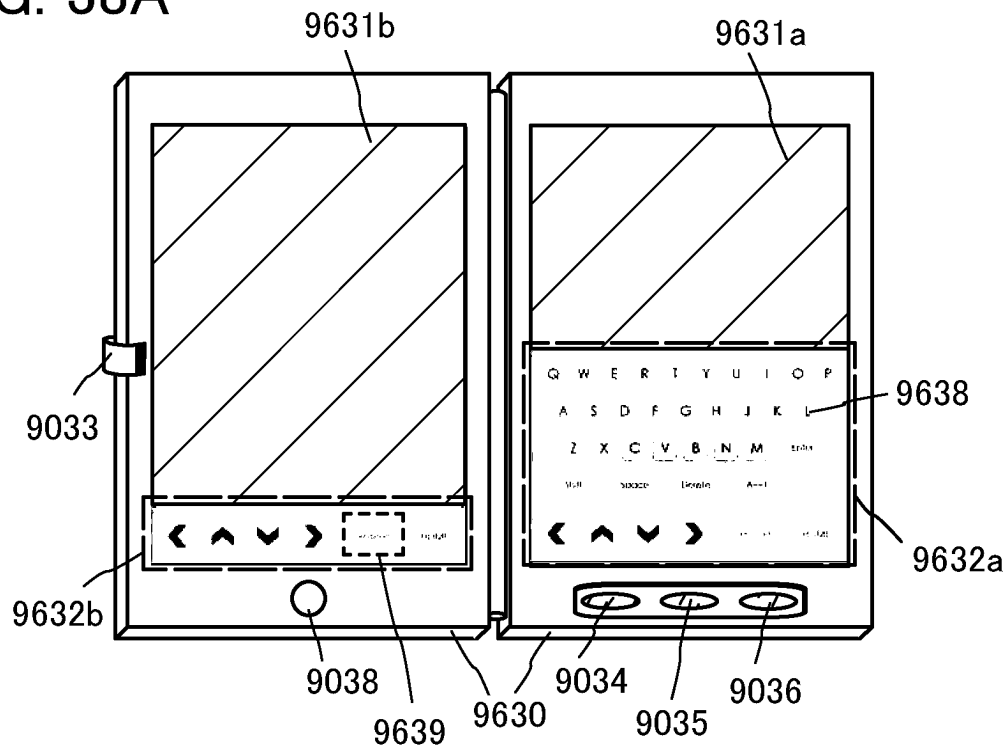


FIG. 38B

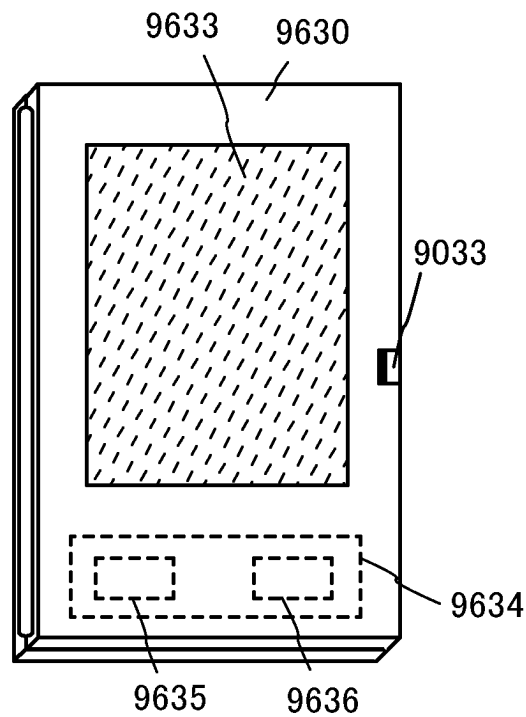


FIG. 39A

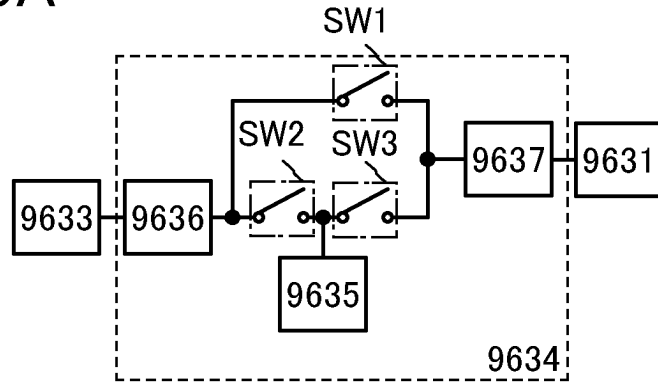


FIG. 39B

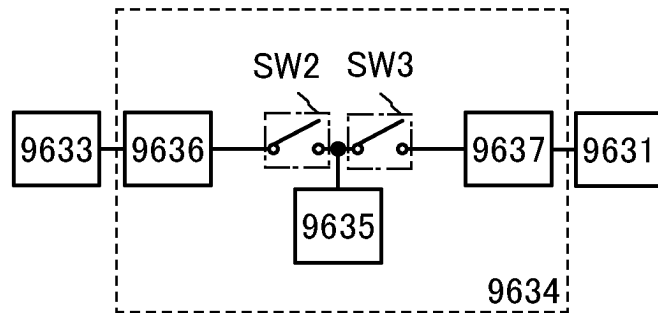


FIG. 39C

