(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 11 2013 007 567 B3** 2018.11.15

(12) # Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **11 2013 007 567.9**
(22) Anmeldetag: **30.10.2013**
(45) Veröffentlichungstag der Patenterteilung: **15.11.2018**

(51) Int Cl.: ***H01L 29/43*** (2006.01)

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

(30) Unionspriorität:

2012-245992	**08.11.2012**	**JP**
2013-016242	**30.01.2013**	**JP**
2013-056768	**19.03.2013**	**JP**

(62) Teilung aus:
11 2013 005 331.4

(73) Patentinhaber:
Semiconductor Energy Laboratory Co., Ltd., Atsugi-shi, Kanagawa-ken, JP

(74) Vertreter:
Grünecker Patent- und Rechtsanwälte PartG mbB, 80802 München, DE

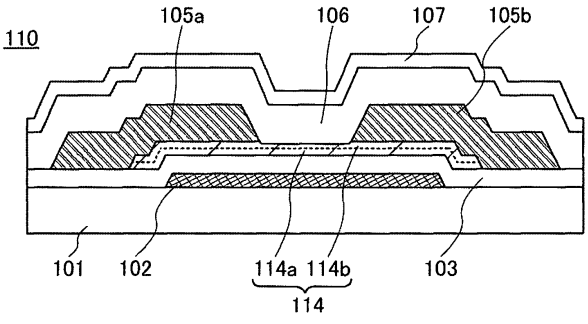
(72) Erfinder:
Takahashi, Masahiro, Atsugi-shi, Kanagawa-ken, JP; Hirohashi, Takuya, Atsugi-shi, Kanagawa-ken, JP; Tsubuku, Masashi, Atsugi-shi, Kanagawa-ken, JP; Ishihara, Noritaka, Atsugi-shi, Kanagawa-ken, JP; Oota, Masashi, Atsugi-shi, Kanagawa-ken, JP

(56) Ermittelter Stand der Technik:

US	**2002 / 0 000 593**	**A1**
US	**2008 / 0 296 568**	**A1**
US	**2012 / 0 211 745**	**A1**
JP	**2006- 165 529**	**A**

(54) Bezeichnung: **Halbleitervorrichtungen mit einem Metalloxidfilm**

(57) Hauptanspruch: Halbleitervorrichtung umfassend:
eine Gate-Elektrode (102);
einen Gate-Isolierfilm (103) über der Gate-Elektrode (102);
einen ersten Oxidhalbleiterfilm (114a) über dem Gate-Isolierfilm (103);
einen zweiten Oxidhalbleiterfilm (114b) über dem ersten Oxidhalbleiterfilm (114a);
eine Source-Elektrode (105a) und eine Drain-Elektrode (105b) über dem zweiten Oxidhalbleiterfilm (114b); und
einen Oxidisolierfilm (106) über der Source-Elektrode (105a) und der Drain-Elektrode (105b) und in Kontakt mit dem zweiten Oxidhalbleiterfilm (114b),
wobei der erste Oxidhalbleiterfilm (114a) und der zweite Oxidhalbleiterfilm (114b) jeweils Indium, Gallium und Zink umfassen,
wobei eine Zusammensetzung des zweiten Oxidhalbleiterfilms (114b) sich von einer Zusammensetzung des ersten Oxidhalbleiterfilms (114a) unterscheidet,
wobei der erste Oxidhalbleiterfilm (114a) oder der zweite Oxidhalbleiterfilm (114b) eine Vielzahl von Kristallbereichen umfasst, deren Oberflächenausrichtungen zueinander willkürlich sind,
wobei der erste Oxidhalbleiterfilm (114a) bzw. der zweite Oxidhalbleiterfilm (114b) derart ausgebildet ist, dass es keinen signifikanten Unterschied zwischen Nanostrahl-Elektronenbeugungsbildern vor und nach der Durchführung einer ersten Wärmebehandlung und einer zweiten Wärmebehandlung an dem ersten Oxidhalbleiterfilm (114a) bzw. dem zweiten Oxidhalbleiterfilm (114b) gibt, und
wobei die erste Wärmebehandlung bei 450 °C in einer Stickstoffatmosphäre für eine Stunde und die ...



Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung betrifft eine Halbleitervorrichtung mit einem Metalloxidfilm. Des Weiteren werden eine Anzeigevorrichtung, eine lichtemittierende Vorrichtung, ein Antriebsverfahren derselben oder ein Herstellungsverfahren derselben, ein Metalloxidfilm und Verfahren zur Bildung des Metalloxidfilms beschrieben.

[0002] Es sollte beachtet werden, dass eine Halbleitervorrichtung in dieser Beschreibung und dergleichen jegliche Vorrichtung betrifft, die durch die Verwendung von Halbleitereigenschaften betätigbar ist, wobei beispielsweise elektro-optische Vorrichtungen, Halbleiterschaltungen und elektronische Vorrichtungen als Halbleitervorrichtungen bezeichnet werden.

Stand der Technik

[0003] Ein Verfahren zur Bildung eines Transistors unter Verwendung eines Halbleiter-Dünnfilms, der über einem Substrat mit einer Isolierfläche gebildet ist, in den Mittelpunkt des Interesses gerückt. Ein derartiger Transistor wird in einer Vielzahl von elektronischen Vorrichtungen, wie beispielsweise einer integrierten Schaltung (IC) und einer Bildanzeigevorrichtung (der Einfachheit halber auch als Anzeigevorrichtung bezeichnet) verwendet. Als Halbleiterfilm für den Transistor ist ein Halbleitermaterial auf Siliziumbasis weitgehend bekannt; darüberhinaus fand auch ein Metalloxid mit Halbleitereigenschaften (ein Oxidhalbleiter) als ein weiteres Material Beachtung.

[0004] Das Patentdokument 1 offenbart beispielsweise ein Verfahren, bei dem ein Transistor unter Verwendung eines amorphen Oxids, das In, Zn, Ga, Sn und dergleichen umfasst, als Oxidhalbleiter hergestellt wird.

[0005] US 2012/0211745 A1 zeigt einen TFT mit einer Oxidhalbleiterschicht, die mindestens Ga, Zn oder In enthält. US 2002/0000593 A1 zeigt eine Halbleitervorrichtung mit einer Isolierschicht, in der Nanokristalle ausgebildet sind. US 2008/0296568 A1 zeigt einen TFT mit einem Kanal auf ZnO-Basis.

Zitationsliste

Patentdokument

[0006] [Patentdokument 1] Veröffentlichte japanische Patentanmeldung JP 2006- 165 529 A

Zusammenfassung der Erfindung

[0007] Es ist die Aufgabe einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, einen Metalloxidfilm mit einem Kristallbereich bereitzustellen.

[0008] Es ist eine weitere Aufgabe einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, einen Metalloxidfilm mit sehr stabilen physikalischen Eigenschaften bereitzustellen.

[0009] Es ist eine weitere Aufgabe einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, eine äußerst zuverlässige Halbleitervorrichtung, die den zuvor beschriebenen Metalloxidfilm umfasst, bereitzustellen.

[0010] Es ist eine weitere Aufgabe einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, eine neuartige Halbleitervorrichtung bereitzustellen. Es sollte beachtet werden, dass die Beschreibung dieser Aufgaben dem Vorhandensein weiterer Aufgaben nicht entgegensteht. Es sollte beachtet werden, dass es nicht notwendig ist, dass eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung alle Aufgaben löst. Es sollte beachtet werden, dass weitere Aufgabe aus der Beschreibung, den Zeichnungen, den Ansprüchen und dergleichen offensichtlicher werden, und dass weitere Aufgaben aus der Beschreibung, den Zeichnungen, den Ansprüchen und dergleichen ableitbar sind.

[0011] Die Erfindung betrifft eine Halbleitervorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1, 2 und 4. Bevorzugte Ausgestaltungen werden in den abhängigen Ansprüchen beschrieben. Die Halbleitervorrichtung kann einen Metalloxidfilm mit einem kleinen Kristallbereich umfassen, in dem die periodische Atomanordnung nicht makroskopisch beobachtbar ist oder in dem eine Fernordnung der Atomanordnung nicht makroskopisch beob-

achtbar ist. Der Metalloxidfilm kann ein Gebiet umfassen, in dem ein Halomuster, das einen amorphen Zustand kennzeichnet, in einem Elektronenbeugungsbild in einem ausgewählten Bereich der Ebene beobachtet wird. Andererseits ist das Halomuster in einem Nanostrahlelektronenbeugungsbild des Querschnitts nicht beobachtbar, und Punkte ohne Richtungsabhängigkeit, die sich von Punkten mit Gleichförmigkeit unterscheiden, die mit einer bestimmten Ebene ausgerichtete Kristallbereiche darstellen, werden beobachtet.

[0012] [0011] Der Metalloxidfilm kann ein Gebiet umfassen, in dem eine Vielzahl von in Umfangsrichtung verteilten Punkten in einem Nanostrahlelektronenbeugungsbild eines Querschnitts beobachtet wird.

[0013] Der Metalloxidfilm kann ein Gebiet umfassen, in dem eine Vielzahl von in Umfangsrichtung verteilten Punkten in einem Nanostrahlelektronenbeugungsbild eines Querschnitts beobachtet werden, und in dem ein Halomuster in einem ausgewählten Bereich des Elektronenbeugungsbildes einer Ebene beobachtet wird.

[0014] Gemäß dem Vorstehenden ist ein Messbereich des ausgewählten Bereichs der Elektronenbeugung vorzugsweise größer als oder gleich 300 nmφ.

[0015] Gemäß dem Vorstehenden ist ein Messbereich der Nanostrahlelektronenbeugung vorzugsweise größer als oder gleich 5 nmφ und kleiner als oder gleich 10 nmφ. Es sollte beachtet werden, dass die Bestrahlung mit einem Elektronenstrahl, dessen Strahldurchmesser auf 1 nmφ konvergiert, ein Nanostrahlelektronenbeugungsbild mit einem Messbereich größer als oder gleich 5 nmφ und kleiner als oder gleich 10 nmφ bilden kann.

[0016] Gemäß dem Vorstehenden weist vorzugsweise das Nanostrahlelektronenbeugungsbild eine Querschnittform einer Probe auf, die auf größer als 10 nm und kleiner als oder gleich 50 nm gedünnt wurde.

[0017] Gemäß dem Vorstehenden umfasst der Metalloxidfilm vorzugsweise den Kristallbereich, und die Größe des Kristallbereichs beträgt vorzugsweise weniger als oder gleich 10 nm. Alternativ beträgt die Größe des Kristallbereichs vorzugsweise mehr als oder gleich 1 nm und weniger als oder gleich 10 nm.

[0018] Der Metalloxidfilm kann einen Kristallbereich umfassen, der ein Gebiet mit den folgenden Merkmalen umfasst: eine Nanostrahlelektronenbeugung mit einem Messbereich größer als oder gleich 5 nmφ und weniger als gleich 10 nmφ ermöglicht die Beobachtung einer Vielzahl von in Umfangsrichtung verteilten Punkten eines Querschnitts des Metalloxidfilms, der auf mehr als 10 nm und weniger als oder gleich 50 nm gedünnt wurde, während Punkte mit Gleichförmigkeit, die mit einer bestimmten Ebene ausgerichtete Kristallbereiche darstellen, im Querschnitt des Metalloxidfilms, der auf weniger als oder gleich 10 nm gedünnt wurde, beobachtet werden.

[0019] Jeder der zuvor beschriebenen Metalloxidfilme umfasst vorzugsweise In und/oder Gallium und/oder Zink.

[0020] Ein Metalloxidfilm mit einem Gebiet, in dem eine Vielzahl von in Umfangsrichtung verteilten Punkten in einem Nanostrahlelektronenbeugungsbild eines Querschnitts beobachtet werden, kann durch ein Sputterverfahren bei Zimmertemperatur in einer Atmosphäre, die Sauerstoff enthält, unter Verwendung eines Oxid-Targets gebildet werden.

[0021] In dem zuvor beschriebenen Verfahren zur Bildung eines Metalloxidfilms beträgt der Teildruck des Sauerstoffs in der Atmosphäre vorzugsweise mehr als oder gleich 33%.

[0022] Der Metalloxidfilm kann einen Kristallbereich umfassen.

[0023] Ferner stellt eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung Halbleitervorrichtung mit einem Metalloxidfilm mit äußerst stabilen physikalischen Eigenschaften bereit. Ferner ist es möglich, unter Verwendung des Metalloxidfilms in einer Halbleitervorrichtung, eine Halbleitervorrichtung mit hoher Zuverlässigkeit auszubilden.

Figurenliste

Fig. 1A zeigt ein TEM-Bild eines Metalloxidfilms im Querschnitt gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung und **Fig. 1B** bis **Fig. 1D** zeigen Nanostrahlelektronenbeugungsbilder desselben.

Fig. 2A zeigt eine Draufsicht eines TEM-Bildes eines Metalloxidfilms einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung und **Fig. 2B** zeigt ein Elektronenbeugungsbild in einem ausgewählten Bereich davon.

Fig. 3A bis **Fig. 3C** zeigen konzeptionelle Diagramme einer Elektronenbeugungsintensitätsverteilung.

Fig. 4 zeigt ein Nanostrahlelektronenbeugungsbilder eines Quarzglassubstrats.

Fig. 5A bis **Fig. 5B** zeigen Querschnittansichten von TEM-Bildern eines Metalloxidfilms einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Fig. 6 zeigt ein Ergebnis der Röntgenstrahlenbeugungsanalyse eines Metalloxidfilms einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Fig. 7 zeigt ein Nanostrahlelektronenbeugungsbild eines Metalloxidfilms einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Fig. 8 zeigt ein Nanostrahlelektronenbeugungsbild eines Metalloxidfilms einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Fig. 9A bis **Fig. 9C** zeigen jeweils ein strukturelles Beispiel eines Transistors gemäß einer Ausführungsform.

Fig. 10A bis **Fig. 10D** zeigen ein Beispiel eines Verfahrens zur Bildung eines Transistors gemäß einer Ausführungsform.

Fig. 11A bis **Fig. 11C** zeigen jeweils ein strukturelles Beispiel eines Transistors gemäß einer Ausführungsform.

Fig. 12A bis **Fig. 12C** zeigen jeweils eine Struktur einer Anzeigetafel gemäß einer Ausführungsform.

Fig. 13 zeigt ein Blockdiagramm einer elektronischen Vorrichtung gemäß einer Ausführungsform.

Fig. 14A bis **Fig. 14D** zeigen jeweils Außenansichten einer elektronischen Vorrichtung gemäß einer Ausführungsform.

Fig. 15A zeigt eine Querschnittansicht eines TEM-Bildes eines Metalloxidfilms einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung und **Fig. 15B** bis **Fig. 15E** zeigen Nanostrahlelektronenbeugungsbilder derselben.

Fig. 16 zeigt ein konzeptionelles Diagramm, das ein Verfahren zum Dünnen einer Probe mittels Ionenfräs-Verfahren darstellt.

Fig. 17A bis **Fig. 17D** zeigen jeweils Nanostrahlelektronenbeugungsbilder eines Metalloxidfilms einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Fig. 18A und **Fig. 18B** zeigen SIMS-Analyseergebnisse des Metalloxidfilms gemäß einem Vergleichsbeispiel und gemäß einer Ausführungsform.

Fig. 19A bis **Fig. 19D** zeigen jeweils Ergebnisse der Röntgenstrahlenbeugungsanalyse von Proben, die mittels Flüssigphasenverfahren hergestellt wurden.

Fig. 20A bis **Fig. 20C** zeigen Querschnittansichten von TEM-Bildern einer Probe gemäß einem Vergleichsbeispiel.

Fig. 21A bis **Fig. 21C** zeigen Nanostrahlelektronenbeugungsbilder einer Probe gemäß einem Vergleichsbeispiel und **Fig. 21D** zeigt ein Nanostrahlelektronenbeugungsbild eines Metalloxidfilms gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Fig. 22 zeigt eine Kristallstruktur einer Oxidhalbleiterschicht, die zur Berechnung verwendet wird.

Fig. 23A bis **Fig. 23D** zeigen Berechnungsergebnisse über den Einfluss einer Wasserstoffzugabe auf einen Kristallzustand.

Fig. 24A bis **Fig. 24D** zeigen Messergebnisse der Bindungsenergie in einem Metalloxidfilm einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung und einer Probe gemäß einem Vergleichsbeispiel mittels XPS.

Bevorzugte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung

[0024] Im Nachfolgenden werden Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung in Bezug auf die begleitenden Zeichnungen detailliert beschrieben. Es sollte beachtet werden, das die vorliegende Erfindung nicht auf die nachfolgende Beschreibung beschränkt ist, und es sollte vom Fachmann verstanden werden, dass deren Ausführungsformen und Aspekte auf unterschiedliche Weise verändert werden können. Daher sollte die Erfindung nicht als auf die Beschreibung der vorliegenden Ausführungsformen beschränkt angesehen werden.

(Ausführungsform 1)

[0025] In dieser Ausführungsform wird ein Metalloxidfilm einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung mit Bezug auf die **Fig. 1A** bis **Fig. 1D**, **Fig. 2A** und **Fig. 2B**, **Fig. 3A** bis **Fig. 3C**, **Fig. 4**, **Fig. 5A** und **Fig. 5B**, **Fig. 6**, **Fig. 7**, **Fig. 15A** bis **Fig. 15E**, **Fig. 16**, **Fig. 17A** bis **Fig. 17D**, **Fig. 18A** und **Fig. 18B**, **Fig. 19A** bis **Fig. 19D**, **Fig. 20A** bis **Fig. 20C** und **Fig. 21A** bis **Fig. 21D** beschrieben.

<Kristallbereich in dem Metalloxidfilm>

[0026] Der Metalloxidfilm dieser Ausführungsform umfasst einen kleinen Kristallbereich, in dem die periodische Atomanordnung nicht makroskopisch beobachtbar ist oder in dem eine Fernordnung der Atomanordnung nicht makroskopisch beobachtbar ist. Somit werden Stellen mit Gleichförmigkeit, die einen Kristallzustand darstellt, in einigen Fällen nicht durch Elektronenbeugung beobachtet, wenn der Messbereich größer (breiter) als ein darin enthaltener Kristallbereich ist.

<<TEM-Querschnittbild und Nanostrahlelektronenbeugungsbilder>>

[0027] **Fig. 1** zeigt eine Querschnittansicht eines Transmissionselektronenmikroskop-(TEM)-Bildes des Metalloxidfilms dieser Ausführungsform. **Fig. 1B**, **Fig. 1C** und **Fig. 1D** sind Elektronenbeugungsbilder, die durch Nanostrahlelektronenbeugung jeweils an den Punkten **1**, **2** und **3** in **Fig. 1A** beobachtet werden.

[0028] Als Beispiel für den Metalloxidfilm wurde ein 50 nm dicker Oxidfilm auf In-Ga-Zn-Basis über einem Quarzglassubstrat gebildet. Der Metalloxidfilm wurde unter den folgenden Bedingungen gebildet: es wurde ein Oxid-Target, das In, Ga und Zn in einem Atomverhältnis von 1:1:1 umfasst, verwendet; es wurde eine Sauerstoffatmosphäre (Flussrate von 45 sccm) verwendet; der Druck betrug 0,4 Pa; die Gleichstromversorgung (DC) betrug 0,5 kW; und die Substrattemperatur betrug Raumtemperatur. Anschließend wurde der gebildete Metalloxidfilm auf etwa 50 nm (beispielsweise 40 nm ± 10 nm) gedünnt und eine Querschnittansicht eines TEM-Bildes und Nanostrahlelektronenbeugungsbilder wurden untersucht.

[0029] Die Querschnittansicht des TEM-Bildes des Metalloxidfilms wurde mit einem Transmissionselektronenmikroskop („H-9000NAR“ von Hitachi High-Technologies Corporation) bei einer Beschleunigungsspannung von 300 kV und einer 2.000.000-fachen Vergrößerung untersucht. Die Nanostrahlelektronenbeugung wurde mit einem Transmissionselektronenmikroskop („HF-2000“ von Hitachi High-Technologies Corporation) bei einer Beschleunigungsspannung von 200 kV und einem Strahlendurchmesser von etwa 1 nmφ durchgeführt. Es sollte beachtet werden, dass ein Messbereich der Nanostrahlelektronenbeugung größer als oder gleich 5 nmφ und weniger als oder gleich 10 nmφ war.

[0030] Wie in **Fig. 1B** gezeigt, wurden bei der Nanostrahlelektronenbeugung des Metalloxidfilms dieser Ausführungsform in Umfangsrichtung angeordnete Punkte (Lichtpunkte) beobachtet. Dies bedeutet, dass im Fall des Metalloxidfilms dieser Ausführungsform eine Vielzahl von in Umfangsrichtung verteilter Punkte beobachtet wird. Mit anderen Worten, wird eine Vielzahl von konzentrischen Kreisen durch eine Vielzahl von in Umfangsrichtung verteilten Punkten gebildet.

[0031] Ferner werden auch in **Fig. 1C**, die einen Mittelabschnitt des Metalloxidfilms in der Dickenrichtung zeigt, und in **Fig. 1D**, die die Umgebung einer Grenzfläche mit dem Quarzglassubstrat zeigt, eine Vielzahl von in Umfangsrichtung verteilten Punkten, ähnlich wie in **Fig. 1B**, beobachtet. In **Fig. 1C** liegt ein Radius eines ersten Kreises (Abstand von einem Hauptpunkt bis zum Kreisumfang) in einem Bereich von 3,88/nm bis 4,93/nm oder von 0,203 nm bis 0,257 nm, wenn dieser in einen Zwischenebenen-Abstand umgewandelt wird.

[0032] Abgesehen von einem Halomuster, das einen amorphen Zustand angibt, wird eine Vielzahl von Punkten in den in **Fig. 1B** bis **Fig. 1D** gezeigten Nanostrahlelektronenbeugungsbildern beobachtet. Dies bestätigt, dass der Metalloxidfilm dieser Ausführungsform einen Kristallbereich umfasst. Jedoch werden Punkte ohne Richtungsabhängigkeit, die keine Gleichförmigkeit, die mit einer bestimmten Ebene ausgerichtete Kristallbereiche darstellen, in den in **Fig. 1B** bis **Fig. 1D** gezeigten Nanostrahlelektronenbeugungsbildern beobachtet. Dementsprechend wird angenommen, dass der Metalloxidfilm dieser Ausführungsform eine Vielzahl von Kristallbereichen umfasst, deren Oberflächenorientierungen willkürlich sind und deren Größen sich voneinander unterscheiden.

[0033] **Fig. 5A** und **Fig. 5B** zeigen teilweise vergrößerte Ansichten der Querschnittansicht des TEM-Bildes aus **Fig. 1A**. **Fig. 5a** zeigt eine Querschnittansicht des TEM-Bildes in der Nähe des Punktes **1** (eine Oberfläche

des Metalloxidfilms) in **Fig. 1A**, das bei einer 8.000.000-fachen Beobachtungsvergrößerung untersucht wird. **Fig. 5B** zeigt eine Querschnittansicht des TEM-Bildes der Umgebung des Punkts **2** (der Mittelabschnitt des Metalloxidfilms in der Dickenrichtung) in **Fig. 1A**, das bei einer 8.000.000-fachen Beobachtungsvergrößerung untersucht wird.

[0034] In den Querschnittansichten der TEM-Bilder des Metalloxidfilms dieser Ausführungsform, die in den **Fig. 5A** und **Fig. 5B** gezeigt sind, kann die kristalline Struktur nicht klar beobachtet werden.

«TEM-Bild in der Draufsicht und Feinbereichselektronenbeugungsbilder>>

[0035] **Fig. 2A** zeigt eine Draufsicht eines TEM-Bildes des Metalloxidfilms dieser Ausführungsform. **Fig. 2B** zeigt ein Elektronenbeugungsbild eines Gebiets, das in **Fig. 2A** von einem Kreis umgeben ist, das mittels Feinbereichselektronenbeugung beobachtet wird.

[0036] Als ein Beispiel für den Metalloxidfilm wurde ein 50 nm dicker Oxidfilm auf In-Ga-Zn-Basis über einem Quarzglassubstrat gebildet. Das Metalloxidfilm wurde unter den folgenden Bedingungen gebildet: es wurde ein Oxid-Target, das In, Ga und Zn in einem Atomverhältnis von 1:1:1 enthielt, verwendet; es wurde eine Sauerstoffatmosphäre (Flussrate von 45 sccm) verwendet; der Druck betrug 0,4 Pa; es wurde ein Gleichstrom (DC)-Leistung von 0,5 kW angelegt; und die Substrattemperatur betrug Raumtemperatur. Der gebildete Metalloxidfilm wurde auf etwa 50 nm (beispielsweise 40 nm ± 10 nm) gedünnt und ein TEM-Ebenenbild und ein Feinbereichselektronenbeugungsbild wurden beobachtet.

[0037] Die Bilder in **Fig. 2A** und **Fig. 2B** wurden mit einem Transmissionselektronenmikroskop („H-9000NAR“ von Hitachi High-Technologies Corporation) bei einer Beschleunigungsspannung von 300 kV erhalten. Das in **Fig. 2A** gezeigte Bild wurde erhalten, indem eine Ebene des Metalloxidfilms bei 5.000.000-facher Beobachtungsvergrößerung beobachtet wurde. **Fig. 2B** zeigt ein Beugungsergebnis des Gebiets in dem in **Fig. 2A** gezeigten Kreis, das durch die Feinbereichselektronenbeugung erhalten wurde. Das Bild in **Fig. 2B** wurde durch Elektronenbeugung in einem ausgewählten Bereich von 300 nmφ erhalten. Angesichts der Elektronenstrahlausdehnung (in etwa einige Nanometer) beträgt ein Messbereich mehr als oder gleich 300 nmφ.

[0038] Wie in **Fig. 2B** gezeigt, wurde im Fall des Metalloxidfilms dieser Ausführungsform die Vielzahl von Punkten, die durch die Nanostrahlelektronenbeugung beobachtet wurde, nicht beobachtet und ein Halomuster wurde in einem Elektronenbeugungsbilder, das durch Feinbereichselektronenbeugung beobachtet wurde, beobachtet, wobei der Messbereich desselben breiter ist als jener der Nanostrahlelektronenbeugung. Somit betrifft der Metalloxidfilm dieser Ausführungsform einen Metalloxidfilm mit einem kleinen Kristallbereich, in dem die periodische Atomanordnung nicht makroskopisch beobachtbar ist (in dem Fall, in dem ein Messbereich größer als oder gleich 300 nmφ ist) oder in dem eine Fernordnung der Atomanordnung nicht makroskopisch beobachtbar ist.

<<Konzeptionelles Diagramm der Elektronenbeugungsintensitätsverteilung>>

[0039] **Fig. 3A** bis **Fig. 3C** zeigen konzeptionell die Beugungsintensitätsverteilung in den Elektronenbeugungsbildern der **Fig. 1B** bis **Fig. 1D** und **Fig. 2A** und **Fig. 2B**. **Fig. 3A** zeigt ein konzeptionelles Diagramm der Beugungsintensitätsverteilung in den Nanostrahlelektronenbeugungsbildern der **Fig. 1B** bis **Fig. 1D**. **Fig. 3B** zeigt konzeptionelles Diagramm der Beugungsintensitätsverteilung in dem Feinbereichselektronenbeugungsbild der **Fig. 2B**. **Fig. 3C** zeigt ein konzeptionelles Diagramm der Beugungsintensitätsverteilung in einem Elektronenbeugungsbild einer perfekten polykristallinen Struktur.

[0040] In jeder der **Fig. 3A** bis **Fig. 3C** zeigt die vertikale Achse die Elektronenbeugungsintensitätsverteilung (willkürliche Einheit) und die horizontale Achse zeigt einen Abstand von einem Hauptpunkt.

[0041] In **Fig. 3C** wird für die perfekte polykristalline Struktur ein Peak in einer bestimmten Entfernung von dem Hauptpunkt auf der Grundlage des Zwischenebenen-Abstands (d-Wert) einer Ebene, mit dem die Kristallbereiche ausgerichtet sind, beobachtet. In diesem Fall wird in dem Elektronenbeugungsbild eindeutig ein Ring mit geringer Linienbreite in der bestimmten Entfernung von dem Hauptpunkt beobachtet.

[0042] Andererseits weist, wie in **Fig. 1B** bis **Fig. 1D** gezeigt, das Umfangsgebiet, das die Vielzahl von Punkten, die in dem Nanostrahlelektronenbeugungsbild des Metalloxidfilms dieser Ausführungsform beobachtbar sind, aufweist, eine relativ große Linienbreite auf. Somit verläuft dessen Elektronenbeugungsintensitätsverteilung diskret und umfasst eine Vielzahl von Gebieten (Peakbereiche), in denen Peaks verteilt sind, wie in **Fig. 3A**

gezeigt. Es sollte beachtet werden, dass eine geringe Anzahl von Punkten zwischen der Vielzahl von den in Umfangsrichtung angeordneten Gebieten in dem Nanostrahlelektronenbeugungsbild beobachtet werden. Dies bedeutet, dass, wie in **Fig. 3A** gezeigt, Beugungspeaks zwischen zwei Peakbereichen existieren.

[0043] Andererseits verläuft die Elektronenbeugungsintensitätsverteilung in dem Feinbereichselektronenbeugungsbild des Metalloxidfilms dieser Ausführungsform, wie in **Fig. 3B** gezeigt, kontinuierlich. Da sich **Fig. 3B** dem Ergebnis, das durch eine Beobachtung der Elektronenbeugungsintensitätsverteilung in einem breiten Bereich in **Fig. 3A** erhalten wird, nähern kann, kann davon ausgegangen werden, dass der Peakbereich in **Fig. 3A** integriert und die kontinuierliche Intensitätsverteilung erhalten wird.

[0044] **Fig. 3A** bis **Fig. 3C** deuten darauf hin, dass der Metalloxidfilm dieser Ausführungsform eine Vielzahl von Kristallbereichen enthält, deren Oberflächenausrichtungen willkürlich sind und deren Größen sich voneinander unterscheiden, wobei die Kristallbereiche so klein sind, dass keine Punkte in den Feinbereichselektronenbeugungsbildern beobachtet werden.

[0045] Der Metalloxidfilm, der eine Vielzahl von Punkten in dem Nanostrahlelektronenbeugungsbild in **Fig. 1B** bis **Fig. 1D** aufweist, wird auf 50 nm gedünnt. Da ferner der Strahlendurchmesser des Elektronenstrahls auf 1 nmφ konvergiert, ist der Messbereich größer als oder gleich 5 nm und kleiner als oder gleich 10 nm. Es wird daher angenommen, dass die Größe des Kristallbereichs in dem Metalloxidfilm dieser Ausführungsform wenigstens kleiner als oder gleich 50 nm, beispielsweise kleiner als oder gleich 10 nm oder kleiner gleich oder gleich 5 nm ist.

<<Nanostrahlelektronenbeugungsbilder einer extrem dünnen Probe>>

[0046] In dem Fall, in dem die Größe des Kristallbereichs in dem Metalloxidfilm dieser Ausführungsform weniger als oder gleich 10 nm oder weniger als oder gleich 5 nm ist, ist der Messbereich in der Tiefenrichtung größer als die Größe des Kristallbereichs in der Probe, in dem der Metalloxidfilm auf etwa 50 nm gedünnt wurde; folglich werden in einigen Fällen eine Vielzahl von Kristallbereichen in dem Messbereich beobachtet. Somit wird der Metalloxidfilm, der auf weniger als oder gleich 10 nm gedünnt wurde, gebildet, wobei dessen Querschnitt durch Nanostrahlelektronenbeugung beobachtet wurde.

[0047] Als nächstes wird ein Verfahren zur Bildung der Probe beschrieben. Es wurde eine 50 nm dicker Oxidfilm auf In-Ga-Zn-Basis über einem Quarzglassubstrat gebildet. Der Film wurde unter den folgenden Bedingungen gebildet: es wurde ein Oxid-Target, das In, Ga und Zn in einem Atomverhältnis von 1:1:1 aufweist, verwendet; es wurde eine Sauerstoffatmosphäre (Durchflussrate von 45 sccm) verwendet; der Druck betrug 0, 4 Pa; die Direktstrom (DC)-Leistung betrug 0,5 kW; und die Substrattemperatur betrug Raumtemperatur. Nach der Bildung des Metalloxidfilms wurde eine erste Wärmebehandlung bei 450° C in einer Stickstoff-Atmosphäre für eine Stunde durchgeführt, und eine zweite Wärmebehandlung wurde bei 450° C in einer Stickstoff- und Sauerstoff-Atmosphäre für eine Stunde durchgeführt.

[0048] Der Metalloxidfilm, an dem die zweite Wärmebehandlung durchgeführt wurde, wurde ferner durch ein Ionenfräs-Verfahren unter Verwendung von Ar-Ionen gedünnt. Zunächst wurde das Quarzglassubstrat mit dem darüber ausgebildeten Metalloxidfilm zur Verstärkung auf einem Blindsubstrat befestigt. Dann wurde der Film durch Schneiden und Polieren auf etwa 50 μm gedünnt. Anschließend wurden, wie in **Fig. 16** gezeigt, ein auf einem Quarzglassubstrat **200** vorgesehener Metalloxidfilm **204** und ein Blindsubstrat **202** mit Argonionen in einem steilen Winkel (in etwa 3°) zur Durchführung eines Ionenfräs-Verfahrens bestrahlt, um ein Gebiet **210a**, das auf etwa 50 nm (**40** nm ± 10 nm) gedünnt wurde, und ein Gebiet **210b**, das auf weniger als oder gleich 10 nm, beispielsweise 5 nm bis 10 nm, gedünnt wurde, zu bilden. Dann wurde der Querschnitt eines jeden Gebiets untersucht.

[0049] **Fig. 15A** zeigt eine Querschnittansicht eines TEM-Bildes einer auf etwa 50 nm gedünnten Probe, die dem Gebiet **210a** entspricht. **Fig. 15B** bis **Fig. 15E** zeigen Elektronenbeugungsbilder, die durch Nanostrahlelektronenbeugung des Querschnitts in **Fig. 15A** beobachtet wurden. **Fig. 15B** zeigt ein Elektronenbeugungsbild, das unter Verwendung eines Elektronenstrahls mit einem auf 1 nmφ konvergierten Strahlendurchmesser, beobachtet wurde. **Fig. 15C** zeigt ein Elektronenbeugungsbild, das unter Verwendung eines Elektronenstrahls mit einem auf 10 nmφ konvergierten Strahldurchmesser beobachtet wurde. **Fig. 15D** zeigt ein Elektronenbeugungsbild, das unter Verwendung eines Elektronenstrahls mit einem auf 20 nmφ konvergierten Strahldurchmesser beobachtet wurde. **Fig. 15E** zeigt ein Elektronenbeugungsbild, das unter Verwendung eines Elektronenstrahls mit einem auf 30 nmφ konvergierten Strahldurchmesser beobachtet wurde.

[0050] Wie in **Fig. 15B** gezeigt, wird eine Vielzahl von in Umfangsrichtung verteilten Stellen (Lichtpunkten), die ähnlich denen in **Fig. 1B** bis **Fig. 1D** sind, auch in dem Metalloxidfilm beobachtet, der einer Wärmebehandlung unterzogen wurde. Wird der Strahldurchmesser eines Elektronenstrahls ferner zur Beobachtung eines weiteren Messbereichs erhöht, werden die Punkte allmählich unscharf, wie in den **Fig. 15C** bis **Fig. 15E** gezeigt.

[0051] **Fig. 17A** bis **Fig. 17D** zeigen Nanostrahlelektronenbeugungsbilder an vier vorgegebenen Punkten in einer Probe, die auf weniger als oder gleich 10 nm gedünnt wurde, die dem Gebiet **210b** entspricht. Die Nanostrahlelektronenbeugungsbilder werden unter Verwendung eines Elektronenstrahls mit einem auf einen nmφ konvertierten Strahldurchmesser beobachtet.

[0052] In **Fig. 17A** und **Fig. 17B** werden Punkte, die eine Regelmäßigkeit aufweisen und mit einer bestimmten Ebene ausgerichtete Kristallbereiche darstellen, beobachtet. Dies zeigt, dass der Metalloxidfilm dieser Ausführungsform zweifellos einen Kristallbereich aufweist. In **Fig. 17C** und **Fig. 17D** wird andererseits eine Vielzahl von in Umfangsrichtung verteilten Stellen (Lichtpunkten) beobachtet.

[0053] Wie zuvor beschrieben, ist die Größe des Kristallbereichs in dem Metalloxidfilm dieser Ausführungsform klein und beträgt wenigstens weniger als oder gleich 50 nm, beispielsweise weniger als oder gleich 10 nm oder weniger als oder gleich 5 nm. Somit können in dem Fall, in dem beispielsweise eine Probe auf weniger als gleich 10 nm gedünnt wird, und der Durchmesser eines Elektronenstrahl auf 1 nmφ korrigiert, um einen Messbereich zu bilden, der kleiner als die Größe eines Kristallbereichs ist, Punkte, die eine Regelmäßigkeit aufweisen und mit einer bestimmten Ebene ausgerichtete Kristallbereiche darstellen, in Abhängigkeit des gemessenen Gebiets beobachtet werden. In dem Fall, in dem eine Vielzahl von Kristallbereichen in dem beobachteten Gebiet enthalten ist, bestrahlt ein durch einen Kristallbereich geleiteter Elektronenstrahl auch einen weiteren Kristallbereich, der in der Tiefenrichtung angeordnet ist, mit dem Ergebnis, dass eine Vielzahl von Nanostrahlelektronenbeugungsbilder zu beobachten sind.

<<Nanostrahlelektronenbeugungsbilder des Quarzsubstrats>>

[0054] **Fig. 4** zeigt ein Nanostrahlelektronenbeugungsbild eines Quarzglassubstrats. Die Messbedingungen sind gleich den der in den **Fig. 1B** bis **Fig. 1D** gezeigten Oxidhalbleiterfilme.

[0055] Wie in **Fig. 4** gezeigt, wird im Falle eines Quarzglassubstrats mit einer amorphen Struktur ein Halomuster, das keinen spezifischen Punkt durch Beugung aufweist und bei dem sich die Leuchtdichte von einem Hauptpunkt aus allmählich verändert, beobachtet. Somit werden in Umfangsrichtung angeordnete Punkte, wie den im Metalloxidfilm dieser Ausführungsform beobachteten, nicht in einem Film mit einer amorphen Struktur beobachtet, selbst wenn eine Elektronenbeugung in einem kleinen Gebiet durchgeführt wird. Dies deutet darauf hin, dass die in **Fig. 1B** bis **Fig. 1D** gezeigten, in Umfangsrichtung angeordneten Punkte, nur in dem Metalloxidfilm dieser Ausführungsform beobachtet werden.

<<Elektronenbeugungsbilder nach kontinuierlicher Bestrahlung mit Nanostrahl>>

[0056] **Fig. 8** zeigt ein Elektronenbeugungsbild, das nach der Bestrahlung des Punkts **2** in **Fig. 1A** mit einem Elektronenstrahl mit einem auf 1 nmφ konvertierten Strahlendurchmesser für eine Minute beobachtet wird.

[0057] Ähnlich wie in dem Elektronenbeugungsbild in **Fig. 1C**, wird eine Vielzahl von in Umfangsrichtung verteilten Punkten in dem in **Fig. 8** gezeigten Elektronenbeugungsbild beobachtet, und es gibt keinen großen Unterschied zwischen Elektronenbeugungsbildern in **Fig. 1C** und **Fig. 8** Dies bedeutet, dass der in **Fig. 1C** gezeigte Kristallbereich zum Zeitpunkt der Bildung des Metalloxidfilms dieser Ausführungsform gebildet wird, und nicht das Ergebnis der Bestrahlung mit dem konvertierten Elektronenstrahl ist.

<<Analyse durch Röntgenstrahlenbeugung>>

[0058] Die Probe des über einem Quarzglassubstrat gebildeten Metalloxidfilms dieser Ausführungsform, die für **Fig. 1A** bis **Fig. 1D** und **Fig. 2A** und **Fig. 2B** verwendet wird, wurde mittels Röntgenstrahlbeugung (XRD) analysiert. **Fig. 6** zeigt ein XRD-Spektrum, das durch ein Out-Of-Plane-Verfahren gemessen wurde.

[0059] In **Fig. 6** 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 gemessen wurde.

[0060] Wie in **Fig. 6** gezeigt, erscheint ein Peak, der Quarz entspricht, bei 2θ = 20° bis 23°; jedoch gibt es keinen Peak, der dem Kristallbereich in dem Metalloxidfilm entspricht.

[0061] Das Ergebnis in **Fig. 6** deutet darauf hin, dass der Kristallbereich in dem Metalloxidfilm dieser Ausführungsform klein ist.

[0062] Gemäß den obigen Ergebnissen ist anzunehmen, dass der Metalloxidfilm dieser Ausführungsform ein Film ist, in dem die Kristallbereiche, deren Oberflächenausrichtungen willkürlich sind, kohärent sind.

[0063] Darüber hinaus wird angenommen, dass die Größe eines Kristallbereichs in dem Metalloxidfilm dieser Ausführungsform beispielsweise weniger als oder gleich 10 nm oder weniger als oder gleich 5 nm ist. Der Metalloxidfilm dieser Ausführungsform umfasst einen Kristallbereich (Nanokristall (nc)), dessen Größe beispielsweise größer als oder gleich 1 nm und kleiner als oder gleich 10 nm ist.

<Verfahren zur Bildung eines Metalloxidfilms>

[0064] Im Nachfolgenden wird ein Verfahren zur Bildung des Metalloxidfilms dieser Ausführungsform beschrieben. Wie zuvor beschrieben, wird der Metalloxidfilm dieser Ausführungsform durch ein Sputter-Verfahren bei Zimmertemperatur in einer Sauerstoffatmosphäre gebildet. Unter Verwendung der sauerstoffhaltigen Atmosphäre können Sauerstoffleerstellen in dem Metalloxidfilm verringert werden, und ein Film mit einem Kristallbereich gebildet werden.

<<Verringerung der Sauerstoffleerstellen>>

[0065] Eine Verringerung der Sauerstoffleerstellen in dem Metalloxidfilm dieser Ausführungsform ermöglicht die Bildung eines Films mit stabilen physikalischen Eigenschaften. Insbesondere bewirken in dem Fall, in dem eine Halbleitervorrichtung unter Verwendung eines Oxidhalbleiterfilms, wie dem Metalloxidfilm dieser Ausführungsform, gebildet wird, die Sauerstoffleerstellen in dem Oxidhalbleiterfilm die Erzeugung von Trägern; folglich ändern sich die elektrischen Eigenschaften der Halbleitervorrichtung. Somit kann eine Halbleitervorrichtung, die durch Verwendung eines Oxidhalbleiterfilms mit verringerten Sauerstoffleerstellen gebildet wird, eine hohe Zuverlässigkeit aufweisen.

[0066] Es sollte beachtet werden, dass vorzugsweise der Sauerstoffteildruck in der Abscheidungsatmosphäre erhöht wird, da die Sauerstoffleerstellen in dem Metalloxidfilm dieser Ausführungsform dadurch weiter reduziert werden können. Beispielsweise beträgt der Sauerstoffteildruck in der Abscheidungsatmosphäre vorzugsweise mehr als oder gleich 33 %.

[0067] **Fig. 7** zeigt ein Nanostrahlelektronenbeugungsbild des Metalloxidfilms dieser Ausführungsform, das bei einem Sauerstoffteildruck von 33 % gebildet wurde. Der in **Fig. 7** gezeigte Metalloxidfilm dieser Ausführungsform wurde unter ähnlichen Bedingungen wie den des in **Fig. 1A** bis **Fig. 1D** gezeigten Metalloxidfilms gebildet, mit der Ausnahme, dass ein Gemisch aus Argon und Sauerstoff (mit einer jeweiligen Flussrate von Ar und O_2 von 30 sccm und 15 sccm) als Abscheidungsatmosphäre verwendet wurde. Die Nanostrahlelektronenbeugung wurde in ähnlicher Weise wie die in **Fig. 1B** bis **Fig. 1D** beschriebene durchgeführt.

[0068] In dem Metalloxidfilm dieser Ausführungsform, der bei einem Sauerstoffteildruck von 33 % gebildet wird, werden ebenfalls in Umfangsrichtung angeordnete Punkte in dem Nanostrahlelektronenbeugungsbild der **Fig. 7** beobachtet. Dies bestätigt, dass ein Metalloxidfilm mit einem Kristallbereich gebildet wird.

<<Abscheidung durch ein Sputterverfahren>>

[0069] Ein Oxid-Target zur Bildung des Metalloxidfilms dieser Ausführungsform ist nicht auf ein Oxid auf In-Ga-Zn-Basis beschränkt; beispielsweise kann ein Oxid auf In-M-Zn-Basis (wobei M Al, Ti, Ga, Y Zr, La, Ce, Nd oder Hf umfasst) verwendet werden.

[0070] Der Metalloxidfilm dieser Ausführungsform mit einem Kristallbereich wird vorzugsweise unter Verwendung eines Sputter-Targets, das ein polykristallines Oxid mit einer Vielzahl von Kristallkörnern umfasst, gebildet. Der Grund dafür ist wie folgt. In dem Fall, in dem das Sputter-Target eine Vielzahl von Kristallkörnern aufweist und Grenzflächen vorhanden sind, die sehr wahrscheinlich eine Spaltung der Kristallkörner aufgrund schwacher Bindungen zwischen der Vielzahl von Kristallkörnern verursachen, werden die Kristallkörner entlang der Grenzflächen bei der Kollision der Ionen mit dem Sputter-Target gespalten, wodurch in einigen Fällen

flache, plättchenförmige Sputter-Teilchen erhalten werden. Die erhaltenen flachen, plättchenförmigen Sputter-Teilchen werden auf einem Substrat abgeschieden; dementsprechend wird in einigen Fällen ein Metalloxidfilm mit einem Nanokristallgebiet gebildet. Es sollte beachtet werden, dass obiger Mechanismus zur Ausbildung des Metalloxidfilms dieser Ausführungsform eine Möglichkeit der Durchführung bildet.

[0071] Der zuvor beschriebene Metalloxidfilm dieser Ausführungsform umfasst eine Vielzahl von Kristallbereichen, deren Oberflächenausrichtungen willkürlich sind und deren Größen sich voneinander unterscheiden, und die Kristallbereiche sind so klein, dass keine Punkte in dem Feinbereichselektronenbeugungsbild beobachtet werden.

[0072] Ferner umfasst der Metalloxidfilm dieser Ausführungsform ein Gebiet mit einem Kristallbereich und weist stabile physikalische Eigenschaften auf. Dementsprechend kann die Halbleitervorrichtung unter Verwendung des Metalloxidfilms dieser Ausführungsform in einer Halbleitervorrichtung eine hohe Zuverlässigkeit aufweisen.

(Vergleichsbeispiel)

[0073] In diesem Vergleichsbeispiel wird die Kristallinität eines Metalloxidfilms, der durch ein Flüssigkeitsphasenverfahren gebildet wird, unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beschrieben.

[0074] Ein Verfahren zur Bildung des Metalloxidfilms dieses Vergleichsbeispiels wird im Nachfolgenden beschrieben.

[0075] Zunächst wurden die In_2O_3 (**5** Gew.-%), Ga_2O_3 (**3** Gew.-%), ZnO (**5** Gew.-%) und ein Beschichtungsmittel gemischt, so dass das Gemisch In, Ga und Zn in einem Zusammensetzungsverhältnis von 1:1:1 umfasst, und dann wurde das Gemisch auf ein Glassubstrat mittels Spin-Coating (Aufschleuderbeschichtung) aufgetragen. Die Bedingungen für das Spin-Coating waren wie folgt: Es wurde eine Schleudervorrichtung verwendet; und die Aufschleudergeschwindigkeit wurde stufenweise von 900 rpm auf 2000 rpm geändert.

[0076] Danach wurde eine erste Wärmebehandlung bei 150°C in einer Luftatmosphäre für zwei Minuten unter Verwendung einer Heizplatte durchgeführt.

[0077] Anschließend wurde eine zweite Wärmebehandlung bei 450°C in einer Luftatmosphäre für eine Stunde durchgeführt. Der Bindungszustand des Metalloxidfilms (mittels Flüssigphasenverfahren gebildet) dieses Vergleichsbeispiels, der der zweiten Wärmebehandlung unterzogen wurde, und der Bindungszustand des Metalloxidfilms (mittels Sputterverfahren gebildet) dieser Ausführungsform, der unter den gleichen Bedingungen wie jenen des Metalloxidfilms in **Fig. 7** gebildet wurde, wurden mittels Röntgenstrahlen Fotoelektronenspektroskopie (XPS) analysiert. **Fig. 24A** bis **Fig. 24D** zeigen die Analyseergebnisse.

[0078] XPS-Analyse wurde mit einem Quantera SXM von Physical Electronics, Inc., als Analysevorrichtung durchgeführt. **Fig. 24A** bis **Fig. 24D** zeigen die Spektren in den Gebieten, die dem 3d(5/2)-Orbital von In (siehe **Fig. 24A**), dem 3d-Orbital von Ga (siehe **Fig. 24B**), dem 3p-Orbital von Zn (siehe **Fig. 24C**) und dem 1s-Orbital von O (siehe **Fig. 24D**) eines jeden Metalloxidfilms entsprechen. Die durchgezogenen Linien in **Fig. 24A** bis **Fig. 24D** entsprechen den Analyseergebnissen des In-Ga-Zn-Oxidfilms dieses Vergleichsbeispiels, der mittels Flüssigphasenverfahren gebildet wurde. Die gestrichelten Linien in **Fig. 24A** bis **Fig. 24D** entsprechen den Analyseergebnissen des In-Ga-Zn-Oxidfilms dieser Ausführungsform, der mittels Sputterverfahren (Sputtern) gebildet wurde.

[0079] In **Fig. 24A** bis **Fig. 24D** weisen, obwohl es einen geringen Unterschied zwischen den Bindungsenergien gibt, der Metalloxidfilm dieses Vergleichsbeispiels, der mittels Flüssigphasenverfahren gebildet wurde und der Metalloxidfilm dieser Ausführungsform, der mittels Sputterverfahren gebildet wurde, im Wesentlichen die gleichen Spektralformen auf. Somit wurde der Metalloxidfilm dieses Vergleichsbeispiels, der mittels Flüssigphasenverfahren gebildet wurde, als ein In-Ga-Zn-Oxidfilm identifiziert.

[0080] Anschließend wurden die gebildeten Proben des Vergleichsbeispiels mittels XRD analysiert. **Fig. 19A** bis **Fig. 19D** zeigen die Ergebnisse der Analyse mittels Out-Of-Plane-Verfahren.

[0081] In der XRD-Analyse wurden die Proben des In-Ga-Zn-Oxidfilms verwendet, die der zweiten Wärmebehandlung bei 350°C, 450°C oder 550°C in einer Luftatmosphäre für eine Stunde nach der ersten Wärmebehandlung unterzogen wurden.

[0082] In **Fig. 19A** bis **Fig. 19D** bezeichnet die vertikale Achse die Röntgenbeugungsintensität (willkürliche Einheit), und die horizontale Achse bezeichnet den Beugungswinkel 2θ (Grad). Die XRD-Messungen wurden mit einem Röntgendiffraktometer, D8 ADVANCE von Bruker AXS durchgeführt.

[0083] **Fig. 19A** zeigt die Messergebnisse der Proben dieses Vergleichsbeispiels, die mittels Flüssigphasenverfahren gebildet wurden. Das XRD-Bild der Probe, die keiner Wärmebehandlung unterzogen wurde, ist das Bild mit der Bezeichnung „wie abgeschieden“. Es sollte beachtet werden, dass **Fig. 19B** bis **Fig. 19D** die Messergebnisse des Indium-Oxidfilms, Galium-Oxidfilms und Zink-Oxidfilms zeigen, die mittels Flüssigphasenverfahren gebildet und einer Wärmebehandlung bei 350°C, 450°C oder 550°C in einer Luftatmosphäre für eine Stunde unterzogen wurden.

[0084] Wie in den **Fig. 19A** bis **Fig. 19D** gezeigt, finden sich Peaks, die den In_2O_3-Kristallpeaks entsprechen, in dem XRD-Bild der Zinkoxidfilme nach der Wärmebehandlung. In den Proben dieses Vergleichsbeispiels, die eine Wärmebehandlung bei einer der Temperaturen unterzogen wurden, findet sich andererseits kein Kristallpeak wie im Falle der Indium-Oxidfilme oder ZinkOxidfilme.

[0085] Dann wurde die Filmdichte jeder der Proben, die einer zweiten Wärmebehandlung bei 450 °C in einer Luftatmosphäre für eine Stunde unterzogen wurden, mittels Röntgenstrahlenreflektometrie (XRR) gemessen.

[0086] Es sollte beachtet werden, dass das XRR-Verfahren ein Messverfahren zum Messen der Dichte eines abgeschiedenen Dünnfilms umfasst, bei dem Röntgenstrahlen auf eine Messprobe auftreffen, um die kritischen Winkel und Veränderungen in den Amplitudenwellenformen der einfallenden Röntgenstrahlen zu messen und anhand der kritischen Winkel und der Amplitudenwellenformen eine theoretische Analyse durchzuführen.

[0087] Tabelle 1 zeigt die gemessene Filmdichte

[Tabelle 1]

Probe	Kristallinität	Filmdichte (g/cm^3)	
		Beobachtet	Theoretisch
In-Ga-Zn Oxidfilm (In:Ga:Zn = 1:1:1)	Kein Peak	3,27	6,35
Indium-Oxidfilm	In_2O_3 zuordenbarer Peak	4,26	7,12
Gallium-Oxidfilm	Kein Peak	3,61	5,94
Zink-Oxidfilm	ZnO zuordenbarer Peak	4,06	5,67

[0088] Wie in Tabelle 1 gezeigt, weisen die mittels Flüssigphasenverfahren gebildeten Filme eine äußerst niedrige Dichte im Vergleich zu den theoretischen Werten, die auf der Grundlage ihrer Einkristallstrukturen berechnet wurden, auf. Es sollte beachtet werden, dass es schwierig ist, die Filmdichte mit hoher Genauigkeit zu messen, da ein mittels Flüssigphasenverfahren gebildeter Film eine hohe Rauheit aufweist.

[0089] Als Nächstes wurden die Verunreinigungskonzentrationen im Metalloxidfilm dieses Vergleichsbeispiels und im Metalloxidfilm der Ausführungsform mittels SIMS gemessen.

[0090] **Fig. 18A** zeigt die Konzentrationsprofile von Wasserstoff (^1H) in den Metalloxidfilmen des Vergleichsbeispiels und dem Metalloxidfilm dieser Ausführungsform. **Fig. 18B** zeigt die Konzentrationsprofile von Kohlenstoff (^{12}C) in den Metalloxidfilmen des Vergleichsbeispiels und dem Metalloxidfilm dieser Ausführungsform. In **Fig. 18A** und **Fig. 18B** kennzeichnet die horizontale Achse eine Tiefe (nm) und die vertikale Achse kennzeichnet die Konzentration von Wasserstoff oder Sauerstoff (Atome/cm^3).

[0091] Die Proben, die unter ähnlichen Bedingungen wie die zuvor beschriebenen mittels Flüssigphasenverfahren gebildet wurden, wurden als Metalloxidfilme des Vergleichsbeispiels in **Fig. 18A** und **Fig. 18B** verwendet. Es sollte beachtet werden, dass eine Filtration unter Verwendung eines Membranfilters (0,2 µm) am Material vor dem Spin-Coating durchgeführt wurde. Zudem wurde die zweite Wärmebehandlung bei 450 °C, 500 °C oder 550 °C in einer Luftatmosphäre für eine Stunde durchgeführt. Die anderen Bedingungen waren gleich den Bedingungen des obigen Metalloxidfilms, der mittels Flüssigphasenverfahren gebildet wurde. Eine Probe, die unter den gleichen Bedingungen wie den des Metalloxidfilms in **Fig. 7** mittels Sputterverfahren gebildet wurde, wurde für den Metalloxidfilm dieser Ausführungsform verwendet.

[0092] Wie in den **Fig. 18A** und **Fig. 18B** gezeigt, sind verglichen mit dem Metalloxidfilm dieser Ausführungsform große Mengen von Wasserstoff und Kohlenstoff gleichförmig in den Metalloxidfilmen des Vergleichsbeispiels verteilt.

[0093] Die Kohlenstoffkonzentration des Metalloxidfilms dieser Ausführungsform in **Fig. 18B** nimmt von dessen Oberfläche bis zum Inneren des Films allmählich ab. Dies deutet darauf hin, dass Kohlenstoff in dem Metalloxidfilm dieser Ausführungsform hauptsächlich aufgrund der Oberflächenkontamination auftritt.

[0094] Im Gegensatz dazu enthalten die Metalloxidfilme, die unter jeglichen Bedingungen des Vergleichsbeispiels gebildet wurden, einheitlich Wasserstoff mit einer Dichte von 1×10^{22} (Atome/cm^3) oder mehr und Kohlenstoff mit einer Dichte von 4×10^{21} (Atome/cm^3) oder mehr. Es wird angenommen, dass Kohlenstoff in den Metalloxidfilmen des Vergleichsbeispiels aufgrund eines organischen Säuresalzes, das ein Rohmaterial eines Spin-Coatingmaterials ist, auftritt.

[0095] Als Nächstes werden die TEM-Bilder in Querschnittansicht der Proben dieses Vergleichsbeispiels, die der zweiten Wärmebehandlung bei 450 °C in einer Luftatmosphäre für eine Stunde unterzogen wurden, unter Bezugnahme auf die **Fig. 20A** bis **Fig. 20C** beschrieben. Der Querschnitt wurde mit einem Transmissionselektronenmikroskop („H-9000NAR“ von Hitachi High-Technologies Corporation) mit einer Beschleunigungsspannung von 300 kV beobachtet. **Fig. 20A** zeigt ein Querschnittsbild mit einer 500.000-fachen Vergrößerung. **Fig. 20B** zeigt ein Querschnittsbild mit einer 2.000.000-fachen Vergrößerung. **Fig. 20C** zeigt ein Querschnittsbild mit einer 8.000.000-fachen Vergrößerung.

[0096] Wie in den **Fig. 20A** und **Fig. 20 B** gezeigt, wird ein großer Bereich der Probe dieses Vergleichsbeispiels, das mittels Flüssigphasenverfahren gebildet wird, durch ein amorphes Gebiet besetzt. Zudem kann eine Grauschattierung (eine Änderung der Helligkeit) aufgrund der Filmdichtedifferenz beobachtet werden.

[0097] In einem Gebiet a in dem TEM-Bild in Querschnittansicht der **Fig. 20C** ist die Helligkeit hoch, was bedeutet, dass das Gebiet a eine niedrige Filmdichte aufweist. In einem Gebiet b in dem TEM-Bild in Querschnittansicht in **Fig. 20C** ist die Helligkeit niedrig, was bedeutet, dass das Gebiet b eine hohe Dichte aufweist.

[0098] Die Gebiete a und b in **Fig. 20C** wurden mittels Nanostrahlelektronenbeugung beobachtet. **Fig. 21A** bis **Fig. 21C** zeigen Nanostrahlelektronenbeugungsbilder.

[0099] Die Nanostrahlelektronenbeugung wurde mit einem Transmissionselektronenmikroskop („HF-2000“ von Hitachi High-Technologies Corporation) bei einer Beschleunigungsspannung von 200 kV und einem Strahldurchmesser von etwa 1 nmφ durchgeführt. **Fig. 21A** zeigt ein Nanostrahlelektronenbeugungsbild des Gebiets a in **Fig. 20C**. **Fig. 21B** und **Fig. 21C** zeigen Nanostrahlelektronenbeugungsbilder von zwei unterschiedlichen Gebieten (mit b1 und b2 gekennzeichnet) in dem Gebiet b in **Fig. 20C**.

[0100] **Fig. 21D** zeigt ein Nanostrahlelektronenbeugungsbild des Metalloxidfilms einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, das unter denselben Bedingungen wie der Metalloxidfilm in **Fig. 7** gebildet und beobachtet wurde.

[0101] Wie in den **Fig. 21A** bis **Fig. 21C** gezeigt, wurde ein Bild, das sich von den in Umfangsrichtung angeordneten Punkten (Lichtpunkten), die in dem Metalloxidfilm eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung in **Fig. 21D** beobachtet werden, unterscheidet, in jedem Gebiet in dem Metalloxidfilm dieses Vergleichsbeispiels, der mittels Flüssigphasenverfahren gebildet wurde, beobachtet.

[0102] Das Nanostrahlelektronenbeugungsbild des Gebiets a in **Fig. 21A** ist ähnlich einem Halomuster, das einen amorphen Zustand angibt. Das Vorhandensein eines Gebiets mit einer derartig niedrigen Kristallinität kann auf die geringe Dichte und die hohe Verunreinigungskonzentration des Films zurückzuführen sein.

[0103] Wie in den **Fig. 21B** und **Fig. 21C** gezeigt, werden Punkte (mit 1 bis 3 in **Fig. 21B** und **Fig. 21C** gekennzeichnet), die eine Regelmäßigkeit aufweisen und mit einer speziellen Ebene ausgerichtete Kristallbereiche darstellen, in den Nanostrahlelektronenbeugungsbildern des Gebiets b beobachtet. Die Analyseergebnisse der Beugungsbilder dieser Punkte sind in der nachfolgenden Tabelle 2 gezeigt.

[Tabelle 2]

Gebiet	Punkt	h	k	l	d-Wert (mm)	
					Theoretisch	Beobachtet
b1	1	1	0	4	0,261	0,263
	2	2	2	4	0,139	0,138
	3	1	2	0	0,165	0,165
b2	1	0	0	9	0,290	0,288
	2	1	0	14	0,156	0,155
	3	1	0	5	0,250	0,250

[0104] Gemäß Tabelle 2 sind die beobachteten d-Werte, die von den in **Fig. 21B** oder **Fig. 21B** oder **Fig. 21C** gezeigten Punkten ermittelt werden, fast gleich den theoretischen d-Werten einer Vielzahl von Ebenenausrichtungen in $InGaZnO_4$, was bedeutet, dass der In-Ga-Zn-Oxidfilm dieses Vergleichsbeispiels, der mittels Flüssigphasenverfahren gebildet wird, ein Kristallgebiet aufgrund von $InZnGaO_4$ aufweist.

[0105] Somit koexistieren ein Gebiet, das eine periodische Atomanordnung aufgrund von $InZnGaO_4$ aufweist, und ein Gebiet, das eine äußerst niedrige Kristallinität aufweist und sich beinahe in einem amorphen Zustand befindet, in dem $InZnGaO_4$-Film, der mittels Flüssigphasenverfahren gebildet wird, trotz dem Vorhandensein einer Verunreinigung.

[0106] Anschließend wurde der Einfluss der Verunreinigungen, wie beispielsweise Wasserstoff und Kohlenstoff in dem Metalloxidfilm des Vergleichsbeispiels auf die Kristallinität des Metalloxidfilms mittels Berechnung ermittelt.

[0107] In der Nachfolgenden Berechnung wurde der Einfluss von Wasserstoff auf die Kristallisierung des Metalloxidfilms durch die First-Principles-Berechnung untersucht. Insbesondere wurde eine Energiedifferenz zwischen einem amorphen und einem kristallinen Zustand sowohl in dem Fall, in dem $InGaZnO_4$ nicht Wasserstoff enthält, als auch in dem Fall, in dem $InGaZnO_4$ Wasserstoff mit 6,67 Atom% enthält, gemessen. Eine Atomdichte eines In-Ga-Zn-O-Kristalls von $8{,}54 \times 10^{22}$ Atome/cm^3 und die SIMS-Analyseergebnisse, die in **Fig. 18A** und **Fig. 18B** gezeigt sind, weisen darauf hin, dass diese Wasserstoffkonzentration gleich der Wasserstoffkonzentration des Metalloxidfilms des Vergleichsbeispiels ist. Es sollte beachtet werden, dass ein In-Ga-Zn Oxidfilm, der In, Ga und Zn in einem Atomverhältnis von 1:1:1 enthält, als ein Beispiel des Metalloxidfilms für die Berechnung verwendet wurde.

[0108] **Fig. 22** zeigt eine Gitterstruktur eines In-Ga-Zn-O-Kristalls mit 112 Atomen, der für die Berechnung verwendet wurde.

[0109] Für die Berechnung wurde eine Struktur, in der kein H-Atom der in **Fig. 22** dargestellten Struktur hinzugefügt wurde, und eine Struktur, in der acht H-Atome der in **Fig. 22** gezeigten Struktur hinzugefügt wurden, gebildet, und die Strukturen wurden optimiert. Danach wurde die Energie berechnet. Darüber hinaus wurden amorphe Strukturen auf der Grundlage der optimierten Strukturen anhand der nachfolgenden Schritte gebildet.

(1) Molekulardynamikberechnung mit einem NVT-Ensemble bei 3000 K.

(2) Molekulardynamikberechnung mit einem NVT-Ensemble bei 1000 K für 2 ps.

(3) Optimierung der Strukturen.

[0110] Es sollte beachtet werden, dass durch die obige Berechnung (**1**) für 5 psec, 5,5 psec oder 6 psec drei Strukturen erhalten wurden, die dann der Berechnung (**2**) und der Optimierung (**3**) unterzogen wurden, um drei amorphe Strukturen für jede der drei Strukturen zu bilden. Anschließend wurden Energiedurchschnittswerte erhalten. Für die Berechnung wurde die First-Principles-Berechnungssoftware „Vienna Ab initio Simulation Package (VASP)“ verwendet. Die Berechnungsbedingungen sind in Tabelle 3 gezeigt.

[Tabelle 3]

Schritte	Funktional	Cutoff-Energie (eV)	K-Punkte
(1)	GGA-PBE	500	1 × 1 × 1
(2)	GGA-PBE	300	1 × 1 × 1
(3)	GGA-PBE	500	2 × 2 × 3

[0111] **Fig. 23A** bis **Fig. 23D** zeigen einen Teil jeder der Strukturen, die durch die Berechnung erhalten wurden. Tabelle 4 zeigt die Berechnungsergebnisse der Energiedifferenz. **Fig. 23A** zeigt eine Struktur, in der kein H-Atom (0 Atom%) einem Einkristall In-Ga-Zn-Oxidfilm zugesetzt wurde. **Fig. 23B** zeigt eine Struktur, in der acht H-Atome (6,67 Atom%) einem Einkristall-In-Ga-Zn-Oxidfilm zugesetzt wurden. **Fig. 23B** zeigt eine Struktur, in den kein H-Atom (0 Atom%) einem amorphen In-Ga-Zn-Oxidfilm zugesetzt wurde. **Fig. 23D** zeigt eine Struktur, in der acht H-Atome (6,67 Atom%) einem amorphen In-Ga-Zn-Oxidfilm zugesetzt wurden.

[Tabelle 4]

Wasserstoffkonzentration (Atom%)	Dichte (g/cm^3)	Energiedifferenz (amorpher Einkristall)
0	6,12	1,23
6,67	5,82	0,54

[0112] Gemäß Tabelle 4 nimmt die Energie des In-Ga-Zn-Oxidfilms stark ab, wenn der Film kristallisiert wird. Ferner nimmt die Stabilisierungsenergie aufgrund der Kristallisierung, wenn dem Film H-Atome hinzugefügt werden, ab. Es wird daher angenommen, dass die Beobachtung des Nanostrahlelektronenbeugungsbildes, ähnlich einem Halomuster, zusätzlich zu den Punkte enthaltenden Bild, das die periodische Atomanordnung in dem Metalloxidfilm des Vergleichsbeispiels angibt, das mittels Flüssigphasenverfahren gebildet wird, auf die Destabilisierung der Kristallstruktur durch Wasserstoff zurückzuführen ist.

[0113] Wie zuvor beschrieben, verringert sich die Stabilität des Kristalls, wenn der Metalloxidfilm Wasserstoff als Verunreinigungen enthält. Diese Berechnungsergebnisse stimmen mit der hohen Konzentration der Verunreinigung, wie beispielsweise Wasserstoff und Kohlenstoff, in dem Metalloxidfilm des Vergleichsbeispiels überein, das, verglichen mit dem Metalloxidfilm dieser Ausführungsform, ein Nanostrahlelektronenbeugungsbild ähnlich einem Halomuster zeigt.

[0114] Diese Ausführungsform kann gegebenenfalls in Kombination mit einer Ausführungsform, die in dieser Beschreibung beschrieben ist, verwendet werden.

(Ausführungsform 2)

[0115] In dieser Ausführungsform wird ein Strukturbeispiel eines Transistors mit einem Metalloxidfilm, der als ein Beispiel in Ausführungsform 1 beschrieben wird und Halbleitereigenschaften aufweist (ein Oxidhalbleiterfilm) anhand der Zeichnungen beschrieben.

<Strukturbeispiel des Transistors>

[0116] **Fig. 9A** zeigt eine schematische Querschnittansicht eines Transistors **100**, der im Nachfolgenden als ein Beispiel beschrieben wird. Der Transistor **100** ist ein Bottom-Gate-Transistor.

[0117] Der Transistor **100** weist eine Gateelektrode **102** über einem Substrat **101**, eine Isolierschicht **103** über dem Substrat **101** und der Gateelektrode **102**, eine Oxidhalbleiterschicht **104** über der Isolierschicht **103**, um mit der Gateelektrode **102** zu überlappen, und ein Paar von Elektroden **105a** und **105b** in Kontakt mit der oberen Fläche der Oxidhalbleiterschicht **104** auf. Ferner wird eine Isolierschicht **106** vorgesehen, um die Isolierschicht **103**, die Oxidhalbleiterschicht **104** und das Elektrodenpaar **105a** und **105b** zu bedecken, und eine Isolierschicht **107** ist über der Isolierschicht **106** vorgesehen.

[0118] Der Oxidhalbleiterfilm einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann auf der Oxidhalbleiterschicht **104** in dem Transistor **101** aufgetragen werden.

<<Substrat 101>>

[0119] Es gibt keine bestimmten Einschränkungen hinsichtlich der Eigenschaft eines Materials und dergleichen für das Substrat **101**, solange das Material eine Hitzebeständigkeit aufweist, die hoch genug ist, wenigstens einer später beschriebenen Wärmebehandlung zu widerstehen. Beispielsweise kann ein Glassubstrat, ein Keramiksubstrat, ein Quarzsubstrat, ein Saphirsubstrat oder ein Yttrium-dotiertes Zirkoniumdioxid (YSZ) -Substrat als das Substrat **101** verwendet werden. Alternativ kann ein Einkristall-Halbleitersubstrat oder ein polykristallines Halbleitersubstrat aus Silizium, Siliziumkarbid oder dergleichen, ein Verbundhalbleitersubstrat aus Siliziumgermanium oder dergleichen, ein SOI-Substrat oder dergleichen als das Substrat **101** verwendet werden. Als weitere Alternative kann jedes dieser Substrate, das mit einem Halbleiterelement versehen ist, als das Substrat **101** verwendet werden.

[0120] Als weitere Alternative kann ein flexibles Substrat, wie beispielsweise ein Plastiksubstrat, als das Substrat **101** verwendet werden, und der Transistor **100** kann direkt auf dem flexiblen Substrat gebildet werden. Als weitere Alternative kann eine Trennschicht zwischen dem Substrat **101** und dem Transistor **100** vorgesehen sein. Die Trennschicht kann verwendet werden, wenn ein Teil des oder der gesamte Transistor, der über der Trennschicht gebildet ist, auf dem Substrat **101** gebildet und davon getrennt wird und anschließend auf ein anderes Substrat übertragen wird. Somit kann der Transistor **100** auf ein Substrat mit geringer Wärmebeständigkeit oder auf ein flexibles Substrat übertragen werden.

<<Gateelektrode 102>>

[0121] Die Gateelektrode **102** kann unter Verwendung eines Metalls, das aus Aluminium, Chrom, Kupfer, Tantal, Titan, Molybdän und Wolfram; aus einer dieser Metalle als Komponente enthaltende Legierung; aus einer diese Metalle in Kombination enthaltende Legierung oder dergleichen gebildet werden. Ferner können ein oder mehr Metalle, die aus Mangan und Zirkon auswählbar sind, verwendet werden. Ferner kann die Gateelektrode **102** eine Einzelschichtstruktur oder eine Stapelschichtstruktur aus zwei oder mehr Schichten umfassen. Beispielsweise können eine Einschichtstruktur aus einem Aluminiumfilm, der Silizium aufweist, eine zweischichtige Struktur, in der ein Titanfilm über einem Aluminiumfilm gestapelt ist, eine zweischichtige Struktur, in der ein Titanfilm über einem Titannitridfilm gestapelt ist, eine zweischichtige Struktur, in der ein Wolframfilm über einem Titannitridfilm gestapelt ist, eine zweischichtige Struktur, in der ein Wolframfilm über einem Tantalnitridfilm oder einem Wolframnitridfilm gestapelt ist, eine dreischichtige Struktur, in der ein Titanfilm, ein Aluminiumfilm und ein Titanfilm in dieser Reihenfolge gestapelt sind, und dergleichen verwendet werden. Alternativ kann eine Legierungsschicht, die Aluminium und eines oder mehrere Metalle, die aus der Gruppe, umfassend Titan, Tantal, Wolfram, Molbydän, Chrom, Neodym und Scandium auswählbar sind, umfasst; oder ein Nitridfilm der Legierungsschicht verwendet werden.

[0122] Die Gateelektrode **102** kann auch mit einem lichtdurchlässigen leitenden Material, wie beispielsweise Indiumzinnoxid, Wolframoxid aufweisendes Indiumoxid, Wolframoxid aufweisendes Indiumzinkoxid, Titanoxid aufweisendes Indiumoxid, Titanoxid aufweisendes Indiumzinnoxid, Indiumzinkoxid oder Indiumzinnoxid, dem Siliziumoxid hinzugefügt ist, gebildet werden. Zudem ist es auch möglich, eine Stapelschichtstruktur unter Verwendung des obigen lichtdurchlässigen leitenden Materials und des obigen Metalls zu bilden.

[0123] Ferner kann in dem Oxynitridhalbleiterfilm auf In-Ga-Zn-Basis ein Oxynitridhalbleiterfilm auf In-Sn-Basis, ein Oxynitridhalbleiterfilm auf In-Ga-Basis, ein Oxynitridhalbleiterfilm auf In-Zn-Basis, ein Oxynitridhalbleiterfilm auf Sn-Basis, ein Oxynitridhalbleiterfilm auf In-Basis, ein Film aus Metallnitrid (wie beispielsweise InN oder ZnN) oder dergleichen zwischen der Gateelektrode **102** und der Isolierschicht **103** vorgesehen werden. Jeder dieser Filme weist eine Arbeitsenergie höher als oder gleich 5 eV oder höher als oder gleich 5,5 eV auf, die höher ist als die Elektronenaffinität des Oxidhalbleiters. Somit kann die Schwellenwertspannung des Transistors mit einem Oxidhalbleiter in die positive Richtung verschoben und ein sogenanntes selbstsperrendes Schaltelement gebildet werden. Beispielsweise wird ein Oxynitridhalbleiterfilm auf In-Ga-Zn-Basis mit einer höheren Stickstoffkonzentration als zumindest die Oxidhalbleiterschicht **104**, insbesondere ein Oxynitridhalbleiterfilm auf In-Ga-Zn-Basis mit einer Stickstoffkonzentration von 7 Atom% oder mehr, verwendet.

<<Isolierschicht 103>>

[0124] Die Isolierschicht **103** dient als eine Gate-Isolierschicht. Die Isolierschicht **103**, die in Kontakt mit der Bodenfläche der Oxidhalbleiterschicht **104** ist, umfasst vorzugsweise einen amorphen Film.

[0125] Die Isolierschicht **103** kann als eine einschichtige Struktur oder als eine Stapelstruktur unter Verwendung von beispielsweise einem oder mehr von Siliziumoxid, Siliziumoxynitrid, Siliziumnitridoxid, Siliziumnitrid, Aluminiumoxid, Hafniumoxid, Galliumoxid, ein Metalloxid auf Ga-Zn-Basis, Siliziumnitrid und dergleichen ausgebildet sein.

[0126] Die Isolierschicht **103** kann unter Verwendung eines Materials mit hohem k, wie beispielsweise Hafniumsilikat ($HfSiO_x$), Hafniumsilikat mit zugesetztem Stickstoff ($HfSi_xO_yN_z$), Hafniumaluminat mit zugesetztem Stickstoff ($HfAl_xO_yN_z$), Hafniumoxid oder Yttriumoxid gebildet werden, um den Gateleckstrom des Transistors zu verringern.

<<Elektrodenpaar 105a und 105b>>

[0127] Das Elektrodenpaar **105a** und **105b** dient als eine Sourceelektrode und eine Drainelektrode des Transistors.

[0128] Das Elektrodenpaar **105a** und **105b** kann als eine einschichtige Struktur oder eine Stapelstruktur ausgebildet sein, indem als leitendes Material eines der Metalle, wie beispielsweise Aluminium, Titan, Chrom, Nickel, Kupfer, Yttrium, Zirkon, Molybdän, Silber, Tantal, Wolfram oder eine diese Metalle enthaltende Legierung verwendet wird. Beispielsweise umfasst eine einschichtige Struktur einen siliziumhaltigen Aluminiumfilm, eine zweischichtige Struktur einen Titanfilm, der über einen Aluminiumfilm gestapelt ist, eine zweischichtige Struktur einen Titanfilm, der über einem Wolframfilm gestapelt ist, eine zweischichtige Struktur einen Kupferfilm, der über einem Kupfer-Magnesium-Aluminium-Legierungsfilm gestapelt ist, eine dreischichtige Struktur einen Titanfilm oder einen Titannitridfilm, einen Aluminiumfilm oder einen Kupferfilm, und einen Titanfilm oder einen Titannitridfilm, die in dieser Reihenfolge gestapelt sind, eine dreischichtige Struktur einen Molybdänfilm oder einen Molybdännitridfilm, einen Aluminiumfilm oder einen Kupferfilm, und einen Molybdänfilm oder einen Molybdännitridfilm, die in dieser Reihenfolge gestapelt sind, und dergleichen. Es sollte beachtet werden, dass ein transparentes leitfähiges Material, das Indiumoxid, Zinnoxid oder Zinkoxid umfasst, verwendet werden kann.

<<Isolierschicht 106, 107>>

[0129] Die Isolierschicht **106** wird vorzugsweise unter Verwendung eines Oxidisolierfilms mit einem höheren Anteil an Sauerstoff als Sauerstoff in der stöchiometrischen Zusammensetzung gebildet. Ein derartiger Oxidisolierfilm setzt bei der Erwärmung Sauerstoff frei. Wird beispielsweise ein derartiger Oxidisolierfilm auf eine Temperatur erhitzt, die gleich oder höher als die Wärmebehandlungstemperatur in einem Herstellungsverfahren eines Transistors ist, beträgt die freigesetzte Sauerstoffmenge, die in Sauerstoffatome umgewandelt wird, mehr als oder gleich $1{,}0 \times 10^{18}$ Atome/cm^3, vorzugsweise mehr als oder gleich $3{,}0 \times 10^{20}$ Atome/cm^3 in der thermischen Desorptionsspektroskopie-(TDS)-Analyse.

[0130] Als die Isolierschicht **106** kann ein Siliziumoxidfilm, ein Siliziumoxynitridfilm oder dergleichen ausgebildet werden.

[0131] Es sollte beachtet werden, dass die Isolierschicht **106** auch als ein Film dient, der einer Beschädigung der Oxidhalbleiterschicht **104** zum Zeitpunkt der Bildung der Isolierschicht **107** später entgegenwirkt.

[0132] Ein sauerstoffübertragender Oxidfilm kann zwischen der Isolierschicht **106** und der Oxidhalbleiterschicht **104** vorgesehen sein.

[0133] Als sauerstoffübertragender Oxidfilm kann ein Siliziumoxidfilm, ein Siliziumoxynitridfilm oder dergleichen gebildet werden. Es sollte beachtet werden, dass sich in dieser Beschreibung ein „Siliziumoxynitridfilm“ auf einen Film bezieht, der einen höheren Sauerstoffanteil als Stickstoff umfasst, und ein „Siliziumnitridoxidfilm“ sich auf einen Film bezieht, der einen höheren Stickstoffanteil als Sauerstoff umfasst.

[0134] Die Isolierschicht **107** kann unter Verwendung eines Isolierfilms mit einem Abschirmungseffekt gegen Sauerstoff, Wasserstoff, Wasser und dergleichen gebildet werden. Durch Vorsehen der Isolierschicht **107** über der Isolierschicht **106** ist es möglich, ein Ausdiffundieren von Sauerstoff aus der Oxidhalbleiterschicht **104** und ein Eindringen von Wasserstoff, Wasser oder dergleichen in die Oxidhalbleiterschicht **104** von außen zu verhindern. Beispiele für einen derartigen Isolierfilm umfassen einen Siliziumnitridfilm, einen Siliziumnitridoxidfilm, einen Aluminiumoxidfilm, einen Aluminiumoxynitridfilm, einen Galliumoxidfilm, einen Galliumoxynitridfilm, einen Yttriumoxidfilm, einen Yttriumoxynitridfilm, einen Hafniumoxidfilm und einen Hafniumoxynitridfilm.

<Beispiel für ein Herstellungsverfahren des Transistors>

[0135] Im Nachfolgenden wird ein Beispiel für ein Herstellungsverfahren des Transistors **100**, der in **Fig. 9A** bis **Fig. 9C** dargestellt ist, beschrieben.

[0136] Wie in **Fig. 10A** gezeigt, wird zunächst die Gateelektrode **102** über dem Substrat **101** gebildet, und die Isolierschicht **103** wird über der Gateelektrode **102** gebildet.

[0137] Hierin wird ein Glassubstrat als das Substrat **101** verwendet.

<<Bildung der Gateelektrode>>

[0138] Im Nachfolgenden wird ein Ausbildungsverfahren der Gateelektrode **102** beschrieben. Zunächst wird ein leitender Film mittels Sputterverfahren, CVD-Verfahren, Verdampfungsverfahren oder dergleichen gebildet, und anschließend wird eine Resistmaske über den leitfähigen Film unter Verwendung einer ersten Fotomaske mittels Fotolithografieverfahren gebildet. Dann wird ein Teil des leitfähigen Films unter Verwendung der Resistmaske geätzt, um die Gateelektrode **102** zu bilden. Im Anschluss daran wird die Resistmaske entfernt.

[0139] Es sollte beachtet werden, dass anstelle des zuvor beschriebenen Ausbildungsverfahrens die Gateelektrode **102** auch mittels elektrolytischem Plattierungsverfahren, Druckverfahren, Tintenstrahlverfahren oder dergleichen gebildet werden kann.

<<Bildung der Gateisolierschicht>>

[0140] Die Isolierschicht **103** wird mittels Sputterverfahren, CVD-Verfahren, Verdampfungsverfahren oder dergleichen gebildet.

[0141] Im Falle der Bildung der Isolierschicht **103** unter Verwendung eines Siliziumoxidfilms, eines Siliziumoxynitridfilms oder eines Siliziumnitridoxidfilms, werden vorzugsweise ein siliziumhaltiges Abscheidungsgas und ein Oxidationsgas als Quellengas verwendet. Typische Beispiele für ein siliziumhaltiges Abscheidungsgas umfassen Silan, Disilan, Trisilan und Silanfluorid. Beispiele für das Oxidationsgas umfassen Sauerstoff, Ozon, Distickstoffmonoxid und Stickstoffdioxid.

[0142] Im Falle der Bildung eines Siliziumnitridfilms als die Isolierschicht **103** wird vorzugsweise ein zweistufiges Ausbildungsverfahren verwendet. Zunächst wird ein erster Siliziumnitridfilm mit einer geringen Anzahl von Defekten mittels Plasma-CVD-Verfahren, das ein Gasgemisch aus Silan, Stickstoff und Ammoniak als ein Quellengas verwendet, gebildet. Dann wird ein zweiter Siliziumnitridfilm, in dem die Wasserstoffkonzentration gering ist und Wasserstoff abgeschirmt werden kann, durch Ändern des Quellengases in ein Gasgemisch aus Silan und Stickstoff gebildet. Ein derartiges Ausbildungsverfahren ermöglicht die Bildung eines Siliziumnitridfilms mit einer geringen Anzahl von Defekten und einer Abschirmungseigenschaft gegen Wasserstoff als die Isolierschicht **103**.

[0143] Darüber hinaus kann im Falle der Ausbildung eines Galliumoxidfilms als die Isolierschicht **103** ein metallorganisches chemisches Dampfabscheidungsverfahren (MOCFC-Verfahren) verwendet werden.

<<Bildung der Oxidhalbleiterschicht>>

[0144] Als nächstes wird, wie in **Fig. 10B** gezeigt, die Oxidhalbleiterschicht **104** über der Isolierschicht **103** ausgebildet.

[0145] Im Nachfolgenden wird ein Ausbildungsverfahren der Oxidhalbleiterschicht **104** beschrieben. Zunächst wird ein Oxidhalbleiterfilm unter Verwendung des in Ausführungsform **1** beschriebenen Verfahrens gebildet. Dann wird eine Resistmaske über dem Oxidhalbleiterfilm unter Verwendung einer zweiten Fotomaske mittels Fotolithografieverfahren gebildet. Anschließend wird ein Teil des Oxidhalbleiterfilms unter Verwendung der Resistmaske geätzt, um die Oxidhalbleiterschicht **104** zu bilden. Im Anschluss daran wird die Resistmaske entfernt.

[0146] Dann wird eine Wärmebehandlung durchgeführt. In diesem Fall wird die Wärmebehandlung vorzugsweise in einer sauerstoffhaltigen Atmosphäre durchgeführt.

<<Bildung des Elektrodenpaars>>

[0147] Anschließend wird, wie in **Fig. 10C** gezeigt, das Elektrodenpaar **105a** und **105b** gebildet.

[0148] Im Nachfolgenden wird ein Ausbildungsverfahren des Elektrodenpaars **105a** und **105b** beschrieben. Zunächst wird ein leitfähiger Film mittels Sputterverfahren, CVD-Verfahren, Verdampfungsverfahren oder dergleichen gebildet. Dann wird eine Resistmaske über dem leitfähigen Film unter Verwendung einer dritten Fotomaske mittels Fotolithografieverfahren gebildet. Dann wird ein Teil des leitfähigen Films unter Verwendung der Resistmaske geätzt, um das Elektrodenpaar **105a** und **105b** zu bilden. Im Anschluss daran wird die Resistmaske entfernt.

[0149] Es sollte beachtet werden, dass ein oberer Teil der Oxidhalbleiterschicht **104**, wie in **Fig. 10B** gezeigt, in einigen Fällen teilweise geätzt und durch das Ätzen des leitfähigen Films gedünnt wird. Aus diesem Grund wird die Oxidhalbleiterschicht **104** vorzugsweise dick ausgebildet.

<<Bildung der Isolierschicht>>

[0150] Anschließend wird, wie in **Fig. 10D** gezeigt, die Isolierschicht **106** über der Oxidhalbleiterschicht **104** und dem Elektrodenpaar **105a** und **105b** gebildet, und die Isolierschicht **107** wird nachfolgend über der Isolierschicht **106** gebildet.

[0151] Im Falle der Ausbildung der Isolierschicht **106** unter Verwendung eines Siliziumoxidfilms oder eines Siliziumoxynitridfilms, werden vorzugsweise ein siliziumhaltiges Abscheidungsgas und ein Oxidationsgas als ein Quellengas verwendet. Typische Beispiele des Silizium enthaltenden Abscheidungsgases umfassen Silan, Disilan, Trisilan und Silanfluorid. Als das Oxidationsgas können beispielsweise Sauerstoff, Ozon, Distickstoffmonoxid und Stickstoffdioxid verwendet werden.

[0152] Beispielsweise wird ein Siliziumoxidfilm oder ein Siliziumoxynitridfilm unter den folgenden Bedingungen gebildet: Das in einer vakuumevakuierten Behandlungskammer einer Plasma-CVD-Vorrichtung angeordnete Substrat wird bei einer Temperatur höher als oder gleich 180 °C und niedriger als oder gleich 260 °C, vorzugsweise höher als oder gleich 200 °C und niedriger als oder gleich 240 °C gehalten, ein Quellengas wird in die Behandlungskammer bei einem Druck größer als oder gleich 100 Pa und kleiner als oder gleich 250 Pa, vorzugsweise größer als oder gleich 100 Pa und kleiner als oder gleich 200 Pa eingeführt, und eine Hochfrequenzleistung höher als oder gleich 0,17 W/cm^2 und niedriger als oder gleich 0,5 W/cm^2, vorzugsweise höher als oder gleich 0,25 W/cm^2 und niedriger als oder gleich 0,35 W/m^2 wird einer in der Behandlungskammer vorgesehenen Elektrode zugeführt.

[0153] Durch Anwenden der Hochfrequenzleistung wird die Zerfallseffizienz des Quellengases erhöht, die Sauerstoffradikale nehmen zu und die Oxidation des Quellengases wird begünstigt; somit ist der Sauerstoffgehalt in dem Oxidisolierfilm höher als der Stauerstoff in der stöchiometrischen Zusammensetzung. Jedoch setzen die bei der zuvor erwähnten Substrattemperatur gebildeten Filme bei der in späteren Prozessen durchgeführten Erwärmung einen Teil des Sauerstoffs darin frei. Somit ist es möglich, einen Oxidisolierfilm zu bilden, der einen höheren Sauerstoffgehalt als Sauerstoff in der stöchiometrischen Zusammensetzung aufweist und aus dem ein Sauerstoffanteil freigesetzt wird.

[0154] Ferner dient im Falle des Ausbildens eines Oxidisolierfilms zwischen der Oxidhalbleiterschicht **104** und der Isolierschicht **106** der Oxidisolierfilm bei der Bildung der Isolierschicht **106** als ein Schutzfilm der Oxidhalbleiterschicht **104**. Somit kann die Isolierschicht **106** unter Verwendung der Hochfrequenzleistung mit hoher Leistungsdichte gebildet werden, während eine Beschädigung der Oxidhalbleiterschicht **104** verringert wird.

[0155] Beispielsweise können ein Siliziumoxidfilm oder ein Siliziumoxynitridfilm als der Oxidisolierfilm unter den folgenden Bedingungen gebildet werden: Ein in einer vakuumevakuierten Behandlungskammer einer Plasma-CVD-Vorrichtung angeordnetes Substrat wird bei einer Temperatur höher als oder gleich 180 °C und niedriger als oder gleich 400 °C, vorzugsweise höher als oder gleich 200 °C und niedriger als oder gleich 370 °C gehalten, ein Quellengas bei einem Druck größer als oder gleich 20 Pa und weniger als oder gleich 250 Pa, vorzugsweise größer als oder gleich 100 Pa und weniger als oder gleich 250 Pa der Behandlungskammer zugeführt, und eine Hochfrequenzleistung einer in der Behandlungskammer vorgesehenen Elektrode zugeführt. Ist ferner der Druck in der Behandlungskammer größer als oder gleich 100 Pa und weniger als oder gleich 250 Pa, kann eine Beschädigung der Oxidhalbleiterschicht **104** verringert werden.

[0156] Ein Silizium enthaltendes Abscheidungsgas und ein Oxidationsgas werden vorzugsweise als ein Quellengas des Oxidisolierfilms verwendet. Typische Beispiele des siliziumhaltigen Abscheidungsgases umfassen Silan, Disilan, Trisilan und Silanfluorid. Beispiele des Oxidationsgases umfassen Sauerstoff, Ozon, Distickstoffmonoxid und Stickstoffdioxid.

[0157] Die Isolierschicht **107** kann mittels Sputterverfahren, CVD-Verfahren oder dergleichen gebildet werden.

[0158] In dem Fall, in dem die Isolierschicht **107** unter Verwendung eines Siliziumnitridfilms oder eines Siliziumnitridoxidfilms gebildet wird, werden vorzugsweise ein siliziumhaltiges Abscheidungsgas, ein Oxidationsgas und ein stickstoffhaltiges Gas als ein Quellengas verwendet. Typische Beispiele des siliziumhaltigen Abscheidungsgases umfassen Silan, Disilan, Trisilan und Silanfluorid. Beispiele des Oxidationsgases umfassen Sauerstoff, Ozon, Distickstoffmonoxid und Stickstoffdioxid. Beispiele des stickstoffhaltigen Gases umfassen Stickstoff und Ammoniak.

[0159] Durch den obigen Prozess kann der Transistor **100** gebildet werden.

<Modifikationsbeispiel des Transistors 100>

[0160] Im Nachfolgenden wird ein Strukturbeispiel eines Transistors, der sich teilweise von dem Transistor **100** unterscheidet, beschrieben.

<<Modifikationsbeispiel 1>>

[0161] **Fig. 9B** zeigt eine schematische Querschnittansicht eines Transistors **110**, der im Nachfolgenden als Beispiel beschrieben wird. Der Transistor **110** unterscheidet sich von dem Transistor **100** hinsichtlich der Struktur einer Oxidhalbleiterschicht. Es sollte beachtet werden, dass die Beschreibung jener Komponenten, die ähnliche Strukturen oder Funktionen wie jene der anderen Strukturbeispiele aufweisen und die mit den gleichen Bezugszeichen versehen sind, im Folgenden ausgelassen wird.

[0162] In einer in dem Transistor **110** enthaltenen Oxidhalbleiterschicht **114** werden eine Oxidhalbleiterschicht **114a** und eine Oxidhalbleiterschicht **114b** gestapelt.

[0163] Das sich eine Grenze zwischen der Oxidhalbleiterschicht **114a** und der Oxidhalbleiterschicht **114b** in einigen Fällen nicht klar erfassen lässt, wird die Grenze durch eine gestrichelte Linie in **Fig. 9B** und dergleichen gezeigt.

[0164] Der Oxidhalbleiterfilm einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann auf eine oder beide der Oxidhalbleiterschichten **114a** und **114b** aufgebracht werden.

[0165] Typische Beispiele eines Materials, das für die Oxidhalbleiterschicht **114a** verwendet werden kann, umfassen ein In-Ga-Oxid, ein In-Zn-Oxid und ein In-M-Zn-Oxid (M umfasst Al, Ti, Ga, Y, Zr, La, Ce, Nd oder Hf). Wird ein In-M-Zn-Oxid für die Oxidhalbleiterschicht **114a** verwendet, sind unter der Annahme, dass die Summe von In und M 100 Atom% ergibt und Zn und Sauerstoff unberücksichtigt bleiben, die jeweiligen Anteile von In und M vorzugsweise größer als oder gleich 25 Atom% und weniger als 75 Atom%, noch bevorzugter größer als oder gleich 34 Atom% und weniger als 66 Atom%. Ferner wird zum Beispiel ein Material mit einer Energielücke von 2 eV oder mehr, vorzugsweise 2,5 eV oder mehr, noch weiter bevorzugt 3 eV oder mehr für die Oxidhalbleiterschicht **114a** verwendet.

[0166] Beispielsweise umfasst die Oxidhalbleiterschicht **114a** In oder Ga und insbesondere umfasst sie ein In-Ga-Oxid, ein In-Zn-Oxid oder ein In-M-Zn-Oxid (M umfasst Al, Ti, Ga, Y, Zr, La, Ce, Nd oder Hf). Darüber hinaus ist das Energieniveau des Leitungsbandminimums der Oxidhalbleiterschicht **114b** näher an einem Vakuumniveau als das der Oxidhalbleiterschicht **114a**. Die Differenz zwischen dem Energieniveau des Leitungsbandminimums der Oxidhalbleiterschicht **114b** und dem Energieniveau des Leitungsbandminimums der Oxidhalbleiterschicht **114a** beträgt vorzugsweise 0,05 eV oder mehr, 0,07 eV oder mehr, 0,1 eV oder mehr, oder 0,15 eV oder mehr und 2 eV oder weniger, 1 eV oder weniger, 0,5 eV oder weniger oder 0,4 eV oder weniger.

[0167] Wird zum Beispiel ein In-M-Zn-Oxid als die Oxidhalbleiterschicht **114b** verwendet, beträgt das Atomverhältnis zwischen In und M vorzugsweise wie folgt: Der Atomprozentsatz von In beträgt weniger als 50 Atom % und der Atomprozentsatz von M ist größer als oder gleich 50 Atom%; noch bevorzugter beträgt der Atomprozentsatz von In weniger als 25 Atom% und der Atomprozentsatz von M größer als oder gleich 75 Atom

%, wobei angenommen wird, dass die Summe von In und M 100 Atom% ergibt und Zn und Sauerstoff unberücksichtigt bleiben.

[0168] Für die Oxidhalbleiterschicht **114a** wird beispielsweise ein In-Ga-Zn-Oxid verwendet, das In, Ga und Zn in einem Atomverhältnis von 1:1:1 oder 3:1:2 enthält. Ferner kann für die Oxidhalbleiterschicht **114b** ein In-Ga-Zn-Oxid verwendet werden, das In, Ga und Zn in einem Atomverhältnis von 1:3:2, 1:6:4 oder 1:9:6 enthält. Es sollte beachtet werden, dass sich die Atomverhältnisse der Oxidhalbleiterschichten **114a** und **114b** in einigen Fällen von jenen der Targets unterscheiden können, und dass zwischen ihnen ein Unterschied von ±% liegen kann.

[0169] Wird ein Oxid mit einem hohen Anteil an Ga, das als ein Stabilisator dient, für die Oxidhalbleiterschicht **114b** verwendet, die über der Oxidhalbleiterschicht **114a** vorgesehen ist, kann verhindert werden, dass Sauerstoff aus den Oxidhalbleiterschichten **114a** und **114b** freigesetzt wird.

[0170] Es sollte beachtet werden, dass ohne Einschränkung auf die zuvor beschriebenen Zusammensetzungen und Materialien ein Material mit einer geeigneten Zusammensetzung in Abhängigkeit der benötigten Halbleitereigenschaften und elektrischen Eigenschaften (beispielsweise Feldeffektmobilität und Schwellenwertspannung) eines Transistors verwendet werden kann. Ferner werden für den Erhalt der erforderlichen Halbleitereigenschaften eines Transistors die Trägerdichte, die Verunreinigungskonzentration, die Defektdichte, das Atomverhältnis eines Metallelements zu Sauerstoff, der zwischenatomare Abstand, die Dichte und dergleichen der Oxidhalbleiterschichten **114a** und **114b** entsprechend eingestellt.

[0171] Obwohl zuvor als Beispiel der Oxidhalbleiterschicht **114** eine Struktur mit gestapelten Oxidhalbleiterschichten beschrieben wurde, kann auch eine Struktur, in der drei oder mehr Oxidhalbleiterschichten gestapelt sind, verwendet werden.

<<Modifikationsbeispiel 2>>

[0172] **Fig. 9C** zeigt eine schematische Querschnittansicht eines Transistors **120**, der im Nachfolgenden als Beispiel beschrieben wird. Der Transistor **120** unterscheidet sich hinsichtlich der Struktur einer Oxidhalbleiterschicht von dem Transistor **100** und dem Transistor **110**.

[0173] In einer Oxidhalbleiterschicht **124**, die in dem Transistor **120** enthalten ist, werden eine Oxidhalbleiterschicht **124a**, eine Oxidhalbleiterschicht **124b** und eine Oxidhalbleiterschicht **124c** in dieser Reihenfolge gestapelt.

[0174] Die Oxidhalbleiterschichten **124a** und **124b** werden über der Isolierschicht **103** gestapelt. Die Oxidhalbleiterschicht **124c** wird in Kontakt mit der oberen Fläche der Oxidhalbleiterschicht **124b** und den oberen Flächen und Seitenflächen der Elektrodenpaare **105a** und **105b** ausgebildet.

[0175] Der Oxidhalbleiterfilm einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann auf wenigstens einer der Oxidhalbleiterschichten **124a**, **124b** und **124c** aufgebracht werden.

[0176] Die Oxidhalbleiterschicht **124b** kann beispielsweise eine ähnliche Struktur wie jene der Oxidhalbleiterschicht **114a**, die als Beispiel des Modifikationsbeispiels **1** beschrieben wurde, umfassen. Ferner können die Oxidhalbleiterschichten **124a** und **124c** beispielsweise eine ähnliche Struktur wie jene der Oxidhalbleiterschicht **114b**, die als Beispiel des Modifikationsbeispiels **1** beschrieben wurde, umfassen.

[0177] Wird ein Oxid mit einem hohen Anteil an Ga, das als Stabilisator dient, für beispielsweise die Oxidhalbleiterschicht **124a** und die Oxidhalbleiterschicht **124c** verwendet, kann verhindert werden, dass Sauerstoff aus der Oxidhalbleiterschicht **124a**, der Oxidhalbleiterschicht **124b** und der Oxidhalbleiterschicht **124c** freigesetzt wird.

[0178] In dem Fall, in dem ein Kanal z. B. hauptsächlich in der Oxidhalbleiterschicht **124b** ausgebildet ist, kann ein Oxid mit einem hohen Anteil an In für die Oxidhalbleiterschicht **124b** verwendet werden, und das Elektrodenpaar **105a** und **105b** wird in Kontakt mit der Oxidhalbleiterschicht **124b** ausgebildet; somit kann der On-State-Strom des Transistors **120** erhöht werden.

<Weiteres Strukturbeispiel des Transistors>

[0179] Im Nachfolgenden wird ein Strukturbeispiel eines Top-Gate-Transistors beschrieben, der den Oxidhalbleiterfilm einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet.

<<Strukturbeispiel>>

[0180] **Fig. 11A** zeigt eine schematische Querschnittansicht eines Top-Gate-Transistors **150**, der im Nachfolgenden als Beispiel beschrieben wird.

[0181] Der Transistor **150** umfasst die Oxidhalbleiterschicht **104**, die über dem Substrat **101**, auf dem die Isolierschicht **151** ausgebildet ist, vorgesehen ist, das Elektrodenpaar **105a** und **105b**, das in Kontakt mit der oberen Fläche der Oxidhalbleiterschicht **104** ist, die Isolierschicht **103**, die über der Oxidhalbleiterschicht **104** und dem Elektrodenpaar **105a** und **105b** vorgesehen ist, und die Gateelektrode **102**, die über der Isolierschicht **103** ausgebildet ist, um die Oxidhalbleiterschicht **104** zu überlappen. Ferner ist eine Isolierschicht **152** vorgesehen, um die Isolierschicht **103** und die Gateelektrode **102** zu bedecken.

[0182] Der Oxidhalbleiterfilm einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann auf die Oxidhalbleiterschicht **104** im Transistor **150** aufgebracht werden.

[0183] Die Isolierschicht **151** dient dazu, eine Diffusion der Verunreinigungen aus dem Substrat **101** in die Oxidhalbleiterschicht **104** zu unterdrücken. Beispielsweise kann eine ähnliche Struktur wie die Isolierschicht **107** verwendet werden. Es sollte beachtet werden, dass die Isolierschicht **151** nicht vorgesehen sein muss.

[0184] Die Isolierschicht **152** kann unter Verwendung eines Isolierfilms mit einem Abschirmungseffekt gegen Sauerstoff, Wasserstoff, Wasser und dergleichen, ähnlich wie die Isolierschicht **107**, ausgebildet werden. Es sollte beachtet werden, dass die Isolierschicht **107** nicht vorgesehen werden muss.

<<Modifikationsbeispiel>>

[0185] Im Nachfolgenden wird ein Strukturbeispiel eines Transistors beschrieben, der sich teilweise von dem Transistor **150** unterscheidet.

[0186] **Fig. 11B** zeigt eine schematische Querschnittansicht eines Transistors **160**, der im Nachfolgenden als Beispiel beschreiben wird. Die Struktur einer Oxidhalbleiterschicht in dem Transistor **160** unterscheidet sich von jener des Transistors **150**.

[0187] In der im Transistor **160** enthaltenen Oxidhalbleiterschicht **164** werden eine Oxidhalbleiterschicht **164a**, eine Oxidhalbleiterschicht **164b** und eine Oxidhalbleiterschicht **164c** in dieser Reihenfolge gestapelt.

[0188] Der Oxidhalbleiterfilm einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann auf wenigstens einer der Oxidhalbleiterschicht **164a**, der Oxidhalbleiterschicht **164b** und der Oxidhalbleiterschicht **164c** aufgebracht werden.

[0189] Die Oxidhalbleiterschicht **164b** kann beispielsweise eine ähnliche Struktur wie die Oxidhalbleiterschicht **114a**, die als Beispiel in dem Modifikationsbeispiel 1 beschrieben wurde, aufweisen. Ferner können die Oxidhalbleiterschichten **164a** und **164c** beispielsweise eine ähnliche Struktur wie die Oxidhalbleiterschicht **114b**, die als Beispiel des Modifikationsbeispiels **1** beschrieben wurde, umfassen.

[0190] Ein Oxid mit einem hohen Anteil an Ga, das als Stabilisator dient, kann für die Oxidhalbleiterschicht **164a** und die Oxidhalbleiterschicht **164c** verwendet werden; somit kann verhindert werden, dass Sauerstoff aus der Oxidhalbleiterschicht **164a**, der Oxidhalbleiterschicht **164b** und der Oxidhalbleiterschicht **164c** freigesetzt wird.

[0191] Die Oxidhalbleiterschicht **164** kann auf folgende Art und Weise gebildet werden: die Oxidhalbleiterschicht **164c** und die Oxidhalbleiterschicht **164b** werden durch Ätzen erhalten, so dass ein Oxidhalbleiterfilm, der die Oxidhalbleiterschicht **164a** bilden soll, freigelegt wird; und der Oxidhalbleiterfilm wird mittels Trockenätzverfahren bearbeitet, um die Oxidhalbleiterschicht **164a** zu bilden. In diesem Fall wird ein Reaktionsprodukt des Oxidhalbleiterfilms an Seitenflächen der Oxidhalbleiterschichten **164b** und **164c** angebracht, um in einigen

Fällen Seitenwandschutzschichten (die auch als Hasenohren bezeichnet werden) zu bilden. Es sollte beachtet werden, dass das Reaktionsprodukt durch Sputtern oder zum Zeitpunkt der Trockenätzung aufgebracht wird.

[0192] **Fig. 11C** zeigt eine schematische Querschnittansicht eines Transistors **161**, in dem eine Seitenwandschutzschicht **164d** als eine Seitenfläche der Oxidhalbleiterschicht **164** in der oben beschriebenen Weise gebildet wird. Es sollte beachtet werden, dass die anderen Komponenten des Transistors **161** die gleichen wie die des Transistors **160** sind.

[0193] Die Seitenwandschutzschicht **164d** umfasst hauptsächlich das gleiche Material wie die Oxidhalbleiterschicht **164a**. In einigen Fällen umfasst die Seitenwandschutzschicht **164d** den Bestandteil (beispielsweise Silizium) einer Schicht, die unter der Oxidhalbleiterschicht **164a** (in diesem Fall die Isolierschicht **151**) vorgesehen ist.

[0194] Mit einer Struktur, bei der eine Seitenfläche der Oxidhalbleiterschicht **164b** mit der Seitenwandschutzschicht **164d** bedeckt ist, um das Elektrodenpaar **105a** und **105b**, wie in **Fig. 11C** gezeigt, nicht zu berühren, kann ein unerwünschter Leckstrom des Transistors in gesperrtem Zustand insbesondere dann verringert werden, wenn ein Kanal hauptsächlich in der Oxidhalbleiterschicht **164b** ausgebildet ist; somit kann ein Transistor mit vorzugsweise Sperrzustandseigenschaften hergestellt werden. Wird ferner ein Material mit einem hohen Anteil an Ga, das als Stabilisator dient, für die Seitenwandschutzschicht **164b** verwendet, kann die Freisetzung von Sauerstoff aus der Seitenfläche der Oxidhalbleiterschicht **164b** wirksam verhindert werden; somit kann ein Transistor mit hervorragender Stabilität hinsichtlich der elektrischen Eigenschaften hergestellt werden.

[0195] Diese Ausführungsform kann gegebenenfalls in Kombination mit der Ausführungsform dieser Beschreibung verwendet werden.

(Ausführungsform 3)

[0196] In dieser Ausführungsform wird eine Struktur einer Anzeigetafel einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung mit Bezugnahme auf die **Fig. 12A** bis **Fig. 12C** beschrieben.

[0197] **Fig. 12A** zeigt eine Draufsicht der Anzeigetafel einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. **Fig. 12B** zeigt eine Pixelschaltung, die im Falle der Verwendung eines Flüssigkristallelements in einem Pixel in der Anzeigetafel einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet werden kann. **Fig. 12C** zeigt eine Pixelschaltung, die im Falle der Verwendung eines organischen EL-Elements in einem Pixel der Anzeigetafel einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet werden kann.

[0198] Der Transistor in dem Pixelabschnitt kann gemäß Ausführungsform 2 gebildet werden. Ferner kann der Transistor auf einfache Weise als n-Kanaltransistor ausgebildet werden, und somit kann ein Teil einer Treiberschaltung, die unter Verwendung eines n-Kanaltransistors gebildet wird, über dem gleichen Substrat wie der Transistor des Pixelabschnitts ausgebildet werden. Durch Verwenden des in Ausführungsform 2 beschriebenen Transistors für den Pixelabschnitt oder die Treiberschaltung in dieser Weise, kann eine hochzuverlässige Anzeigevorrichtung gebildet werden.

[0199] **Fig. 12A** zeigt ein Beispiel eines Blockdiagramms einer Aktivmatrix-Anzeigevorrichtung. Ein Pixelabschnitt **501**, eine erste Abtastleitung-Treiberschaltung **502**, eine zweite Abtastleitung-Treiberschaltung **503** und eine Signalleitung-Treiberschaltung **504** sind über einem Substrat **500** in der Anzeigevorrichtung vorgesehen. In dem Pixelabschnitt **501** sind mehrere sich aus der Signalleitung-Treiberschaltung **504** erstreckende Signalleitungen und mehrere sich aus der ersten Abtastleitung-Treiberschaltung **502** und der zweiten Abtastleitung-Treiberschaltung **503** erstreckende Abtastleitungen angeordnet. Es sollte beachtet werden, dass Pixel mit Anzeigeelementen in den entsprechenden Gebieten, in denen sich die Abtastleitungen und die Signalleitungen miteinander schneiden, in einer Matrix vorgesehen sind. Das Substrat **500** der Anzeigevorrichtung ist mit einer Zeitsteuerschaltung (auch als eine Steuerung oder eine Steuerungs-IC bezeichnet) über einen Verbindungsabschnitt, wie beispielsweise eine flexible Leiterplatte (FPC), verbunden.

[0200] In **Fig. 12A** sind die erste Abtastleitung-Treiberschaltung **502**, die zweite Abtastleitung-Treiberschaltung **503** und die Signalleitung-Treiberschaltung **504** über dem gleichen Substrat **500** wie der Pixelabschnitt **501** ausgebildet. Somit kann die Anzahl der Komponenten, die außerhalb vorgesehen sind, wie beispielsweise eine Treiberschaltung, verringert werden, so dass eine Verringerung der Kosten erzielt werden kann. Ferner würden sich im Falle des Ausbildens der Treiberschaltung außerhalb des Substrats **500** die Verdrahtungen verlängern und die Anzahl der Verbindungen der Verdrahtungen erhöhen, aber da die Treiberschaltung über

dem Substrat **500** angeordnet ist, kann die Anzahl der Verdrahtungsverbindungen verringert werden. Folglich kann eine Verbesserung der Zuverlässigkeit und Ausbeute erreicht werden.

<Flüssigkristallanzeige>

[0201] **Fig. 12B** zeigt ein Beispiel eines Pixelschaltungsaufbaus. In der Figur ist eine Pixelschaltung gezeigt, die auf ein Pixel einer VA-Flüssigkristallanzeigetafel anwendbar ist.

[0202] Die Pixelschaltung kann für eine Struktur mit einem Pixel, das eine Vielzahl von Pixelelektrodenschichten umfasst, verwendet werden. Die Pixelelektrodenschichten sind mit unterschiedlichen Transistoren verbunden, und die Transistoren können mittels unterschiedlicher Gatesignale angetrieben werden. Somit können die auf einzelne Pixelelektrodenschichten in einem Multi-Domän-Pixel angewendeten Signale unabhängig voneinander gesteuert werden.

[0203] Eine Gateverdrahtung **512** eines Transistors **516** und eine Gateverdrahtung **513** eines Transistors **517** sind getrennt ausgebildet, so dass unterschiedliche Gatesignale zugeführt werden können. Im Gegensatz dazu teilen sich die Transistoren **516** und **517** eine Source- oder Drainelektrode **514**, die als eine Datenleitung dient. Der in Ausführungsform **2** beschriebene Transistor kann gegebenenfalls für jeden der Transistoren **516** und **517** verwendet werden. Somit kann eine sehr zuverlässige Flüssigkristallanzeigetafel bereitgestellt werden.

[0204] Im Folgenden werden die Formen einer elektrisch mit dem Transistor **516** verbundenen ersten Pixelelektrodenschicht und eine elektrisch mit dem Transistor **517** verbundenen zweiten Pixelelektrodenschicht beschrieben. Die erste Pixelelektrodenschicht und die zweite Pixelelektrodenschicht sind durch einen Spalt getrennt. Di erste Pixelelektrodenschicht weist eine V-Form auf und die zweite Pixelelektrodenschicht ist derart ausgebildet, dass sie die erste Pixelelektrodenschicht umgibt.

[0205] Eine Gateelektrode des Transistors **516** ist mit der Gateverdrahtung **512** verbunden, und eine Gateelektrode des Transistors **517** ist mit der Gateverdrahtung **513** verbunden. Wenn unterschiedliche Gatesignale der Gateverdrahtung **512** und der Gateverdrahtung **513** zugeführt, können die Betriebszeiten des Transistors **516** und des Transistors **517** variiert werden. Folglich kann die Ausrichtung der Flüssigkristalle gesteuert werden.

[0206] Ferner kann ein Speicherkondensator unter Verwendung einer Kondensatorverdrahtung **510**, eines als Dielektrikum dienenden Gateisolierfilm und einer elektrisch mit der ersten Pixelelektrodenschicht oder der zweiten Pixelelektrodenschicht verbundenen Kondensatorelektrode ausgebildet werden.

[0207] Das Multi-Domän-Pixel umfasst ein erstes Flüssigkristallelement **518** und ein zweites Flüssigkristallelement **519**. Das Flüssigkristallelement **518** umfasst die erste Pixelelektrodenschicht, eine Gegenelektrodenschicht und eine dazwischen angeordnete Flüssigkristallschicht. Das zweite Flüssigkristallelement **519** umfasst die zweite Pixelelektrodenschicht, eine Gegenelektrodenschicht und eine dazwischen angeordnete Flüssigkristallschicht.

[0208] Es sollte beachtet werden, dass eine Pixelschaltung der vorliegenden Erfindung nicht auf die in **Fig. 12B** gezeigte beschränkt ist. Beispielsweise kann ein Schalter, ein Widerstand, ein Kondensator, ein Transistor, ein Sensor, eine Logikschaltung oder dergleichen, dem in **Fig. 12B** dargestellten Pixel hinzugefügt werden.

<Organische EL Tafel>

[0209] **Fig. 12C** zeigt ein weiteres Beispiel eines Schaltungsaufbaus des Pixelabschnitts. In der Figur ist eine Pixelstruktur einer Anzeigetafel, die ein organisches EL-Element verwendet, gezeigt.

[0210] Durch Anlegen einer Spannung an ein lichtemittierendes Element werden in einem organischen EL-Element Elektronen von einem eines Elektrodenpaars und Löcher von dem anderen des Elektrodenpaars in eine Schicht mit einer lichtemittierenden organischen Verbindung injiziert; dadurch fließt Strom. Die Elektronen und Löcher rekombinieren, wodurch die lichtemittierende organische Verbindung angeregt wird. Die lichtemittierende organische Verbindung kehrt von dem angeregten Zustand in den Grundzustand zurück, wodurch Licht emittiert wird. Durch diesen Mechanismus wird dieses lichtemittierende Element auch als lichtemittierendes Stromerregungselement bezeichnet.

[0211] **Fig. 12C** zeigt eine Anwendung einer Pixelschaltung. In der Figur umfasst ein Pixel zwei n-Kanaltransistoren. Es sollte beachtet werden, dass ein Metalloxidfilm einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung für die kanalbildungsgebiete der n-Kanaltransistoren verwendet werden kann. Ferner kann ein digitaler Graustufenantrieb für die Pixelschaltung verwendet werden.

[0212] Der Aufbau der entsprechenden Pixelschaltung und der Betrieb eines Pixels, das den digitalen Graustufenantrieb verwendet, wird im Nachfolgenden beschrieben.

[0213] Ein Pixel **520** umfasst einen Schalttranssistor **521**, einen Treibertransistor **522**, ein lichtemittierendes Element **524** und einen Kondensator **523**. Eine Gateelektrodenschicht des Schalttransistors **521** ist mit einer Abtastleitung **526** verbunden, eine erste Elektrode (eine Sourceelektrodenschicht oder eine Drainelektrodenschicht) des Schalttransistors **521** ist mit einer Signalleitung **525** verbunden und eine zweite Elektrode (die andere der Sourceelektrodenschicht oder der Drainelektrodenschicht) des Schalttransistors **521** ist mit einer Gateelektrodenschicht des Treibertransistors **522** verbunden. Die Gateelektrodenschicht des Treibertransistors **522** ist mit einer Stromversorgungsleitung **527** über den Kondensator **523** verbunden, eine erste Elektrode des Treibertransistors **522** ist mit einer Leistungsversorgungsschaltung **527** verbunden, und eine zweite Elektrode des Treibertransistors **522** ist mit einer ersten Elektrode (einer Pixelelektrode) des lichtemittierenden Elements **524** verbunden. Eine zweite Elektrode des lichtemittierenden Elements **524** entspricht einer gemeinsamen Elektrode **528**. Die gemeinsame Elektrode **528** ist mit einer über dem gleichen Substrat vorgesehenen gemeinsamen Potenzialleitung elektrisch verbunden.

[0214] Für den Schalttransistor **521** und den Antriebstransistor **522** kann gegebenenfalls der in Ausführungsform **2** beschriebene Transistor verwendet werden. Auf diese Weise kann eine sehr zuverlässige organische EL-Anzeigetafel gebildet werden.

[0215] Das Potenzial der zweiten Elektrode (der gemeinsamen Elektrode **528**) des lichtemittierenden Elements **524** ist auf niedriges Spannungsversorgungspotenzial eingestellt. Es sollte beachtet werden, dass das niedrige Spannungsversorgungspotenzial niedriger ist als das hohe Spannungsversorgungspotenzial, das der Stromversorgungsleitung **527** zugeführt wird. Beispielsweise kann das niedrige Spannungsversorgungspotenzial GND, 0 V, oder Ähnliches umfassen. Das hohe Spannungsversorgungspotenzial und das niedrige Spannungsversorgungspotenzial werden höher als oder gleich der Vorwärtsschwellenspannung des lichtemittierenden Elements **524** gesetzt, und die Potenzialdifferenz wird an das lichtemittierende Element **524** angelegt, wodurch Strom dem lichtemittierenden Element **524** zugeführt wird, wodurch eine Lichtemission auftritt. Die Vorwärtsspannung des lichtemittierenden Elements **524** betrifft eine Spannung, bei der eine gewünschte Leuchtdichte erhalten wird, und die zumindest höher als die Vorwärtsschwellenspannung ist.

[0216] Es sollte beachtet werden, dass die Gatekapazität des Treibertransistors **522** als Ersatz für den Kondensator **523** verwendbar ist, so dass der Kondensator **523** weg gelassen werden kann. Die Gatekapazität des Treibertransistors **522** kann zwischen dem Kanalbildungsgebiet und der Gateelektrodenschicht ausgebildet werden.

[0217] Im Nachfolgenden wird eine Signaleingabe in den Treibertransistor **522** beschrieben. Im Falle eines Spannungseingangs in einem Spannungstreiberverfahren wird ein Videosignal zum Ein- oder Ausschalten des Treibertransistors **522** unweigerlich in den Treibertransistor **522** eingegeben. Zum Betreiben des Treibertransistors **522** in einem linearen Gebiet wird eine höhere Spannung als die Spannung der Stromversorgungsleitung **527** an die Gateelektrodenschicht des Treibertransistors **522** angelegt. Es sollte beachtet werden, dass eine Spannung, die höher als oder gleich der Spannung ist, die sich aus der Summe der Stromversorgungsleitungsspannung und der Schwellenspannung Vth des Treibertransistors **522** ergibt, an die Signalleitung **525** angelegt wird.

[0218] Im Falle des Durchführens eines analogen Graustufenantriebs wird eine Spannung, die größer als oder gleich einer Spannung ist, die sich aus der Summe der Vorwärtsspannung des lichtemittierenden Elements **524** und der Schwellenspannung Vth des Antriebstransistors **522** ergibt, an die Gateelektrodenschicht des Treibertransistors **522** angelegt. Es wird ein Videosignal, durch das der Treibertransistor **522** in einem Sättigungsbereich betreibbar ist, eingegeben, so dass dem lichtemittierenden Element **524** Strom zugeführt wird. Für den Betrieb des Treibertransistors **522** in einem Sättigungsbereich wird das Potenzial der Stromversorgungsleitung **527** höher als das Gatepotenzial des Treibertransistors **522** eingestellt. Wird ein analoges Videosignal verwendet, ist es möglich, dem lichtemittierenden Element **524** in Übereinstimmung mit dem Videosignal Strom zuzuführen und einen analogen Graustufenantrieb durchzuführen.

[0219] Es sollte beachtet werden, dass der Aufbau der Pixelschaltung der vorliegenden Erfindung nicht auf den in **Fig. 12C** gezeigten beschränkt ist. Beispielsweise kann ein Schalter, ein Widerstand, ein Kondensator, ein Sensor, ein Transistor, eine Logikschaltung oder dergleichen der Pixelschaltung in **Fig. 12C** hinzugefügt werden.

(Ausführungsform 4)

[0220] In dieser Ausführungsform werden Strukturen einer Halbleitervorrichtung mit dem Metalloxidfilm einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung und elektronische Vorrichtungen unter Bezugnahme auf **Fig. 13** und **Fig. 14A** bis **Fig. 14D** beschrieben.

[0221] **Fig. 13** zeigt ein Blockdiagramm einer elektronischen Vorrichtung mit der Halbleitervorrichtung, die den Metalloxidfilm einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet.

[0222] **Fig. 14A** bis **Fig. 14D** zeigen Außenansichten der elektronischen Vorrichtungen, die jeweils die Halbleitervorrichtung aufweisen, die den Metalloxidfilm einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet.

[0223] Eine in **Fig. 13** gezeigte elektronische Vorrichtung umfasst eine HF-Schaltung **901**, eine analoge Basisbandschaltung **902**, eine digitale Basisbandschaltung **903**, eine Batterie **904**, eine Stromversorgungsschaltung **905**, einen Anwendungsprozessor **906**, einen Flashspeicher **910**, eine Anzeigesteuerung **911**, eine Speicherschaltung **912**, eine Anzeige **913**, einen Berührungssensor **919**, eine Audioschaltung **917**, eine Tastatur **918** und dergleichen.

[0224] Der Anwendungsprozess **906** umfasst eine CPU **907**, eine DSP **908** und ein Interface (IF) **909**. Darüber hinaus kann die Speicherschaltung **912** einen SRAM oder einen DRAM umfassen.

[0225] Der in Ausführungsform **2** beschriebene Transistor wird mit der Speicherschaltung **912** verwendet, wodurch eine sehr zuverlässige elektronische Vorrichtung zum Lesen und Schreiben von Daten ausgebildet werden kann.

[0226] Der in Ausführungsform 2 beschriebene Transistor wird mit einem Register oder dergleichen, die in der CPU **907** oder der DSP **908** enthalten ist, verwendet, wodurch eine sehr zuverlässige elektronische Vorrichtung zum Lesen und Schreiben von Daten ausgebildet werden kann.

[0227] Es sollte beachtet werden, dass im Falle eines äußerst niedrigen Sperrleckstroms des in Ausführungsform **2** beschriebenen Transistors die Speicherschaltung **912** Daten über einen langen Zeitraum speichern kann und einen hinreichend reduzierten Stromverbrauch aufweist. Darüber hinaus kann die CPU **907** oder die DSP **908** den Zustand vor der Leistungsansteuerung in einem Register oder dergleichen während der Durchführung der Leistungsansteuerung speichern.

[0228] Ferner umfasst die Anzeige **913** einen Anzeigeabschnitt **914**, einen Sourcetreiber **915** und einen Gatetreiber **916**.

[0229] Der Anzeigeabschnitt **914** umfasst eine Vielzahl von in einer Matrix angeordneten Pixeln. Das Pixel umfasst eine Pixelschaltung, und die Pixelschaltung ist mit dem Gatetreiber **916** elektrisch verbunden.

[0230] Der in Ausführungsform 2 beschriebene Transistor kann gegebenenfalls in der Pixelschaltung oder dem Gatetreiber **916** verwendet werden. Dadurch kann eine sehr zuverlässige Anzeige ausgebildet werden.

[0231] Beispiele für elektronische Vorrichtungen umfassen ein Fernsehgerät (auch als Fernseher oder Fernsehempfänger bezeichnet), einen Monitor eines Computers oder dergleichen, eine Kamera, wie beispielsweise eine Digitalkamera oder eine digitale Videokamera, einen digitalen Fotorahmen, einen mobilen Telefonhörer (auch als ein Mobiltelefon oder als Mobiltelefonvorrichtung bezeichnet), ein tragbares Spielgerät, ein tragbares Informationsendgerät, ein Audiowiedergabegerät, ein großformatiges Spielgerät, wie beispielsweise einen Pachinko-Spielautomat und dergleichen.

[0232] **Fig. 14A** zeigt ein tragbares Informationsendgerät mit einem Hauptkörper **101**, einem Gehäuse **1002**, einen Anzeigeabschnitt **1003a**, einen Anzeigeabschnitt **1003b** und dergleichen. Der Anzeigeabschnitt **1003b** umfasst ein Berührungsfeld. Durch Berühren einer Tastaturtaste **1004**, die auf dem Anzeigeabschnitt **1003b** angezeigt wird, kann eine Bildschirmbedienung durchgeführt und ein Text eingegeben werden. Es versteht

sich von selbst, dass der Anzeigeabschnitt **1003a** als Berührungsfeld dienen kann. Eine Flüssigkristalltafel oder eine organische lichtemittierende Tafel wird unter Verwendung des in Ausführungsform 2 beschriebenen Transistors als Schaltelement hergestellt und für den Anzeigeabschnitt **1003a** oder **1003b** verwendet, wodurch ein sehr zuverlässiges tragbares Informationsendgerät ausgebildet werden kann.

[0233] Das in **Fig. 14A** gezeigte tragbare Informationsendgerät kann eine Funktion zum Anzeigen einer Vielzahl unterschiedlicher Daten (beispielsweise ein Standbild, ein bewegtes Bild und ein Textbild), eine Funktion zum Anzeigen eines Kalenders, eines Datums, der Zeit oder dergleichen auf einem Anzeigeabschnitt, eine Funktion zum Bedienen oder Bearbeiten von Daten, die auf dem Anzeigeabschnitt angezeigt werden, eine Funktion zum Steuern der Verarbeitung unterschiedlicher Software (Programme) und dergleichen umfassen. Ferner kann ein externer Verbindungsanschluss (ein Kopfhöreranschluss, ein USB-Anschluss oder dergleichen) ein Aufzeichnungsmedium-Einführungsabschnitt oder dergleichen auf der Rückfläche oder der Seitenfläche des Gehäuses vorgesehen sein.

[0234] Das in **Fig. 14A** gezeigte tragbare Informationsendgerät kann Daten drahtlos übermitteln und empfangen. Durch die drahtlose Kommunikation können gewünschte Buchdaten oder dergleichen von einem elektronischen Buch-Server gekauft und heruntergeladen werden.

[0235] **Fig. 14B** zeigt ein tragbares Musikspielgerät mit einem Hauptkörper **1021**, einem Anzeigeabschnitt **1023**, einem Befestigungsabschnitt **1022**, mit dem das tragbare Musikspielgerät am Ohr getragen werden kann, einen Lautsprecher, einen Bedienungsknopf **1024**, einen externen Speichersteckplatz **1025** und dergleichen. Eine Flüssigkristallanzeige oder eine organische lichtemittierende Anzeige wird unter Verwendung des in Ausführungsform **2** beschriebenen Transistors als ein Schaltelement hergestellt und in dem Anzeigeabschnitt **1023** verwendet, wodurch ein sehr zuverlässiges tragbares Musikspielgerät bereitgestellt werden kann.

[0236] Wenn das portable Musikspielgerät in **Fig. 14B** zudem eine Antenne, eine Mikrofonfunktion oder eine Drahtloskommunikationsfunktion aufweist und zusammen mit einem Mobiltelefon verwendet wird, kann ein Benutzer während des Autofahrens oder dergleichen drahtlos wie bei einer Freisprechanlage telefonieren.

[0237] **Fig. 14C** zeigt ein Mobiltelefon, das zwei Gehäuse, ein Gehäuse **1030** und ein Gehäuse **1031**, umfasst. Das Gehäuse **1031** umfasst eine Anzeigetafel **1032**, einen Lautsprecher **1033**, ein Mikrofon **1034**, einen Cursor **1036**, ein Kameraobjektiv **1037**, einen externen Verbindungsanschluss **1038** und dergleichen. Das Gehäuse **1030** ist mit einer Solarzelle **1040** zum Laden des Mobiltelefons, mit einem externen Speichersteckplatz **1041** und dergleichen ausgebildet. Darüber hinaus ist eine Antenne in dem Gehäuse **1031** eingebaut. Der in Ausführungsform **2** beschriebene Transistor wird mit der Anzeigetafel **1032** verwendet, wodurch ein sehr zuverlässiges Mobiltelefon ausgebildet werden kann.

[0238] Ferner umfasst die Anzeigetafel **1032** ein Berührungsfeld. Mehrere Bedienungstasten **1035**, die als Bilder angezeigt werden, sind durch die Punktlinien in **Fig. 14C** dargestellt. Es sollte beachtet werden, dass eine Verstärkerschaltung, durch die eine Spannungsausgabe aus der Solarzelle **1040** erhöht wird, um hinreichend hoch für jede Schaltung zu sein, ebenfalls enthalten ist.

[0239] Beispielsweise kann ein für eine Leistungsversorgungsschaltung, wie beispielsweise eine Verstärkerschaltung, verwendeter Leistungstransistor auch dann ausgebildet werden, wenn der Metalloxidfilm des in Ausführungsform 2 beschriebenen Transistors eine Dicke von größer als oder gleich 2 μm und weniger als oder gleich 50 μm aufweist.

[0240] In der Anzeigetafel **1032** wird die Anzeigerichtung in geeigneter Weise je nach Anwendungsart geändert. Ferner ist das Mobiltelefon mit einem Kameraobjektiv **1037** auf der gleichen Oberfläche wie die Anzeigetafel **1032** ausgebildet, wodurch es als Videotelefon verwendbar ist. Der Lautsprecher **1033** und das Mikrofon **1034** können für Videotelefongespräche, Aufzeichnen und Abspielen von Ton und dergleichen sowie für Sprachanrufe verwendet werden. Ferner können die Gehäuse **1030** und **1031** in dem in **Fig. 14C** dargestellten Zustand durch Verschieben derart verschoben werden, dass sie einander überlappen. Dadurch kann die Größe des Mobiltelefons verringert werden, wodurch das Mobiltelefon einfach getragen werden kann.

[0241] Der externe Verbindungsanschluss **1038** kann mit einem Netzteil und mehreren Kabeln, wie beispielsweise einem USB-Kabel, verbunden werden, wodurch das Laden und die Datenkommunikation mit einem PC oder dergleichen möglich werden. Ferner wird durch Einfügen eines Aufzeichnungsmediums in den externen Speichersteckplatz **1041** eine große Datenmenge gespeichert und bewegt.

[0242] Zusätzlich zu den oben erwähnten Funktionen können ferner eine Infrarotkommunikationsfunktion, eine Fernsehempfangsfunktion oder dergleichen vorgesehen sein.

[0243] **Fig. 14D** zeigt ein Beispiel eines Fernsehgeräts. In einem Fernsehgerät **1050** ist ein Anzeigeabschnitt **1053** in einem Gehäuse **1051** eingebaut. Auf dem Anzeigeabschnitt **1053** können Bilder angezeigt werden. Zudem ist eine CPU in einem Fuß **1055** zur Stützung des Gehäuses **1051** eingebaut. Der in der Ausführungsform **2** beschriebene Transistor wird mit dem Anzeigeabschnitt **1053** und der CPU verwendet, wodurch ein sehr zuverlässiges Fernsehgerät **1050** ausgebildet werden kann.

[0244] Das Fernsehgerät **1050** kann mit einem Betriebsschalter des Gehäuses **1051** oder mittels separater Fernsteuerung bedient werden. Ferner kann die Fernsteuerung mit einem Anzeigeabschnitt zum Anzeigen von Daten, die aus der Fernsteuerung ausgegeben werden, ausgebildet sein.

[0245] Es sollte beachtet werden, dass das Fernsehgerät **1050** mit einem Empfänger, einem Modem und dergleichen ausgebildet ist. Durch Verwenden des Empfängers kann das Fernsehgerät **1050** allgemeine Fernsehsendungen empfangen. Wird darüber hinaus das Fernsehgerät **1050** über das Modem mit einem Kommunikationsnetzwerk mit oder ohne Kabel verbunden, kann eine einseitige (von einem Sender zu einem Empfänger) oder eine zweiseitige (zwischen einem Sender und einem Empfänger oder zwischen Empfängern) Informationskommunikation durchgeführt werden.

[0246] Ferner ist das Fernsehgerät **1050** mit einem externen Verbindungsanschluss **1054**, einem Speichermediumaufnahme- und Wiedergabeabschnitt **1052** und einem externen Speichersteckplatz versehen. Der externe Verbindungsanschluss **1054** kann mit unterschiedlichen Kabeln, wie beispielsweise einem USB-Kabel, verbunden werden, wodurch die Datenkommunikation mit einem PC oder dergleichen möglich ist. Ein Plattenspeichermedium wird in dem Speichermedienaufnahme- und Wiedergabeabschnitt **1052** eingeführt, wodurch das Lesen von im Speichermedium gespeicherten Daten und das Schreiben von im Speichermedium gespeicherter Daten durchgeführt werden kann. Zudem kann eine Bild, ein Video oder dergleichen, das in Form von Daten in einem externen Speicher **1056**, der in den externen Speichersteckplatz eingeführt wird, auf dem Anzeigeabschnitt **1053** angezeigt werden.

[0247] Ferner kann das Fernsehgerät **1050**, im Falle eines äußerst niedrigen Sperrleckstroms des in Ausführungsform 2 beschriebenen Transistors, wenn der Transistor mit dem externen Speicher **1056** oder der CPU verwendet wird, eine hohe Zuverlässigkeit und einen hinreichend verringerten Stromverbrauch aufweisen.

Bezugszeichenliste

100: Transistor, 101: Substrat 102: Gate-Elektrode, 103: Isolierschicht, 104: Oxid-Halbleiterschicht 105a: Elektrode, 105b: Elektrode, 106: Isolierschicht, 107: Isolierschicht, 110: Transistor, 114: Oxid-Halbleiterschicht 114a: Oxid-Halbleiterschicht, 114b: Oxid-Halbleiterschicht 120: Transistor, 124: Oxid-Halbleiterschicht 124a: Oxid-Halbleiterschicht, 124b: Oxid-Halbleiterschicht, 124c: Oxid-Halbleiterschicht 150: Transistor, 151: Isolierschicht, 152: Isolierschicht, 160: Transistor, 161: Transistor, 164: Oxid-Halbleiterschicht 164a: Oxid-Halbleiterschicht, 164b: Oxid-Halbleiterschicht, 164c: Oxid-Halbleiterschicht, 164d: Seitenwandschutzschicht 200: Quarzglas-Substrat, 202: Blindsubstrat, 204: Metalloxidfilm, 210a: Gebiet, 210b: Gebiet, 500: Substrat 501: Pixelabschnitt, 502: Abtastleitung-Ansteuerungsschaltung, 503: Abtastleitung-Ansteuerungsschaltung, 504: Signalleitungstreiberschaltung, 510: Kondensatorverdrahtung, 512: Gate-Verdrahtung, 513: Gate-Verdrahtung, 514: Drain-Elektrode, 516: Transistor, 517: Transistor, 518: Flüssigkristallelement, 519: Flüssigkristallelement, 520: Pixel, 521: Schalttransistor, 522: Treibertransistor, 523: Kondensator, 524: Licht emittierendes Element, 525: Signalleitung, 526: Abtastzeile, 527: Stromversorgungsleitung, 528: gemeinsame Elektrode, 901: HF-Schaltung, 902: Analog-Basisbandschaltung, 903: Digital-Basisbandschaltung, 904: Batterie, 905: Stromversorgungsschaltung, 906: Anwendungsprozessor, 907: CPU, 908: DSP, 910: Flash-Speicher, 911: Anzeigensteuerung, 912: Speicherschaltung, 913: Anzeige, 914: Anzeigebereich, 915 : Source-Treiber, 916: Gate-Treiber, 917: Audio-Schaltung, 918: Tastatur, 919: Berührungssensor, 1001: Grundkörper, 1002: Gehäuse, 1003a: Anzeigebereich, 1003b: Anzeigebereich, 1004: Tastatur-Taste, 1021: Grundkörper, 1022: Befestigungsabschnitt, 1023: Anzeigebereich, 1024: Betriebstaste, 1025: externer Speichersteck- platz, 1030: Gehäuse, 1031: Gehäuse, 1032: Anzeigetafel, 1033: Lautsprecher, 1034: Mikrofon, 1035: Betriebstaste, 1036: Cursor, 1037: Kameraobjektiv, 1038: externer Verbindungsanschluss, 1040: Solarzelle, 1041: externer Speichersteckplatz, 1050: TV-Anlage, 1051: Gehäuse, 1052: Aufzeichnungs- und Wiedergabeabschnitt für ein Speichermedium, 1053: Anzeigebereich, 1054: externer Verbindungsanschluss, 1055: Fuß, und 1056: externer Speicher.

[0249] Diese Anmeldung beruht auf der am 8. November **2012** beim Japanischen Patentamt eingereichten japanischen Patentanmeldung mit der Seriennummer **2012-245992**, der am **30**. Januar **2013** beim Japanischen Patentamt eingereichten japanische Patentanmeldung mit der Seriennummer **2013-016242** und der am 19. März **2013** beim Japanischen Patentamt eingereichten japanischen Patentanmeldung mit der Seriennummer **2013-056768**.

Patentansprüche

1. Halbleitervorrichtung umfassend:
eine Gate-Elektrode (102);
einen Gate-Isolierfilm (103) über der Gate-Elektrode (102);
einen ersten Oxidhalbleiterfilm (114a) über dem Gate-Isolierfilm (103);
einen zweiten Oxidhalbleiterfilm (114b) über dem ersten Oxidhalbleiterfilm (114a);
eine Source-Elektrode (105a) und eine Drain-Elektrode (105b) über dem zweiten Oxidhalbleiterfilm (114b); und
einen Oxidisolierfilm (106) über der Source-Elektrode (105a) und der Drain-Elektrode (105b) und in Kontakt mit dem zweiten Oxidhalbleiterfilm (114b),
wobei der erste Oxidhalbleiterfilm (114a) und der zweite Oxidhalbleiterfilm (114b) jeweils Indium, Gallium und Zink umfassen,
wobei eine Zusammensetzung des zweiten Oxidhalbleiterfilms (114b) sich von einer Zusammensetzung des ersten Oxidhalbleiterfilms (114a) unterscheidet,
wobei der erste Oxidhalbleiterfilm (114a) oder der zweite Oxidhalbleiterfilm (114b) eine Vielzahl von Kristallbereichen umfasst, deren Oberflächenausrichtungen zueinander willkürlich sind,
wobei der erste Oxidhalbleiterfilm (114a) bzw. der zweite Oxidhalbleiterfilm (114b) derart ausgebildet ist, dass es keinen signifikanten Unterschied zwischen Nanostrahl-Elektronenbeugungsbildern vor und nach der Durchführung einer ersten Wärmebehandlung und einer zweiten Wärmebehandlung an dem ersten Oxidhalbleiterfilm (114a) bzw. dem zweiten Oxidhalbleiterfilm (114b) gibt, und
wobei die erste Wärmebehandlung bei 450 °C in einer Stickstoffatmosphäre für eine Stunde und die zweite Wärmebehandlung bei 450 °C in einer Stickstoff und Sauerstoff enthaltenden Atmosphäre für eine Stunde durchgeführt wird.

2. Halbleitervorrichtung umfassend:
eine Gate-Elektrode (102);
einen Gate-Isolierfilm (103) über der Gate-Elektrode (102);
einen ersten Oxidhalbleiterfilm (114a) über dem Gate-Isolierfilm (103);
einen zweiten Oxidhalbleiterfilm (114b) über dem ersten Oxidhalbleiterfilm (114a);
eine Source-Elektrode (105a) und eine Drain-Elektrode (105b) über dem zweiten Oxidhalbleiterfilm (114b); und
einen Oxidisolierfilm (106) über der Source-Elektrode (105a) und der Drain-Elektrode (105b) und in Kontakt mit dem zweiten Oxidhalbleiterfilm (114b),
wobei der erste Oxidhalbleiterfilm (114a) und der zweite Oxidhalbleiterfilm (114b) jeweils Indium, Gallium und Zink umfassen,
wobei eine Zusammensetzung des zweiten Oxidhalbleiterfilms (114b) sich von einer Zusammensetzung des ersten Oxidhalbleiterfilms (114a) unterscheidet,
wobei der erste Oxidhalbleiterfilm (114a) oder der zweite Oxidhalbleiterfilm (114b) einen Kristallbereich umfasst,
wobei Punkte ausgebildet sind, ohne Ausrichtung in einem Nanostrahl-Elektronenbeugungsbild des Kristallbereichs beobachtet zu werden,
wobei das Nanostrahl-Elektronenbeugungsbild ausgebildet ist, bei einer Beschleunigungsspannung von 200 kV und unter Verwendung eines Elektronenstrahls, dessen Strahlendurchmesser auf 1 nmφ konvergiert, erhalten zu werden,
wobei der erste Oxidhalbleiterfilm (114a) bzw. der zweite Oxidhalbleiterfilm (114b) derart ausgebildet ist, dass es keinen signifikanten Unterschied zwischen Nanostrahl-Elektronenbeugungsbildern vor und nach der Durchführung einer ersten Wärmebehandlung und einer zweiten Wärmebehandlung an dem ersten Oxidhalbleiterfilm (114a) bzw. dem zweiten Oxidhalbleiterfilm (114b) gibt, und
wobei die erste Wärmebehandlung bei 450 °C in einer Stickstoffatmosphäre für eine Stunde und die zweite Wärmebehandlung bei 450 °C in einer Stickstoff und Sauerstoff enthaltenden Atmosphäre für eine Stunde durchgeführt wird.

3. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 2, wobei ein Messbereich des Nanostrahl-Elektronenbeugungsbildes größer als oder gleich 5 nmφ und kleiner als oder gleich 10 nmφ ist.

4. Halbleitervorrichtung umfassend:
eine Gate-Elektrode (102);
einen Gate-Isolierfilm (103) über der Gate-Elektrode (102);
einen ersten Oxidhalbleiterfilm (114a) über dem Gate-Isolierfilm (103);
einen zweiten Oxidhalbleiterfilm (114b) über dem ersten Oxidhalbleiterfilm (114a);
eine Source-Elektrode (105a) und eine Drain-Elektrode (105b) über dem zweiten Oxidhalbleiterfilm (114b); und
einen Oxidisolierfilm (106) über der Source-Elektrode (105a) und der Drain-Elektrode (105b) und in Kontakt mit dem zweiten Oxidhalbleiterfilm (114b),
wobei der erste Oxidhalbleiterfilm (114a) und der zweite Oxidhalbleiterfilm (114b) jeweils Indium, Gallium und Zink umfassen,
wobei eine Zusammensetzung des zweiten Oxidhalbleiterfilms (114b) sich von einer Zusammensetzung des ersten Oxidhalbleiterfilms (114a) unterscheidet,
wobei der erste Oxidhalbleiterfilm (114a) oder der zweite Oxidhalbleiterfilm (114b) einen Kristallbereich umfasst,
wobei der erste Oxidhalbleiterfilm (114a) bzw. der zweite Oxidhalbleiterfilm (114b) einen Bereich aufweist, für den in einem Feinbereichselektronenbeugungsbild ein Halomuster beobachtet wird,
wobei der erste Oxidhalbleiterfilm (114a) bzw. der zweite Oxidhalbleiterfilm (114b) derart ausgebildet ist, dass es keinen signifikanten Unterschied zwischen Nanostrahl-Elektronenbeugungsbildern vor und nach der Durchführung einer ersten Wärmebehandlung und einer zweiten Wärmebehandlung an dem ersten Oxidhalbleiterfilms (114a) bzw. dem zweiten Oxidhalbleiterfilm (114b) gibt, und
wobei die erste Wärmebehandlung bei 450 °C in einer Stickstoffatmosphäre für eine Stunde und die zweite Wärmebehandlung bei 450 °C in einer Stickstoff und Sauerstoff enthaltenden Atmosphäre für eine Stunde durchgeführt wird.

5. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 4, wobei ein Messbereich des Feinbereichselektronenbeugungsbildes größer als oder gleich 300 nmφ ist.

6. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 4, wobei ein Messbereich des Nanostrahl-Elektronenbeugungsbildes größer als oder gleich 5 nmφ und kleiner als oder gleich 10 nmφ ist.

7. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 4, wobei das Nanostrahl-Elektronenbeugungsbild ausgebildet ist, bei einer Beschleunigungsspannung von 200 kV und unter Verwendung eines Elektronenstrahls, dessen Strahlendurchmesser auf 1 nmφ konvergiert, erhalten zu werden.

Es folgen 24 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1A

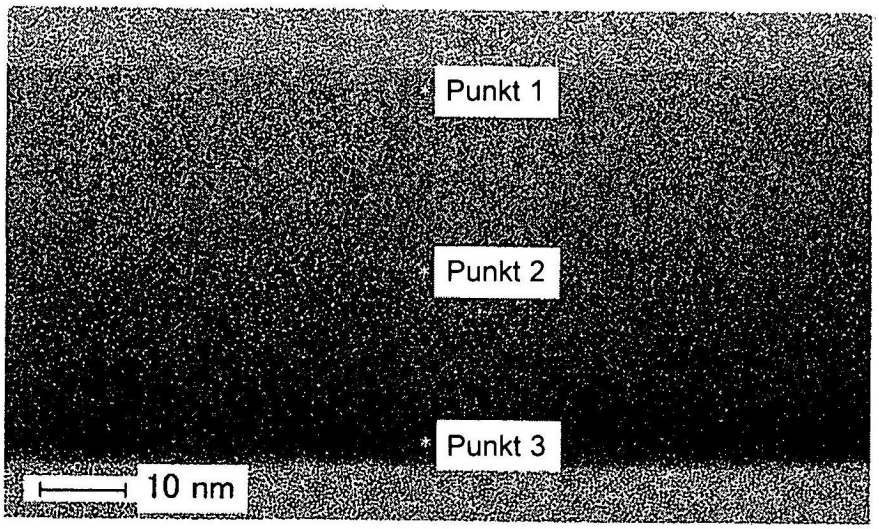


FIG. 1B

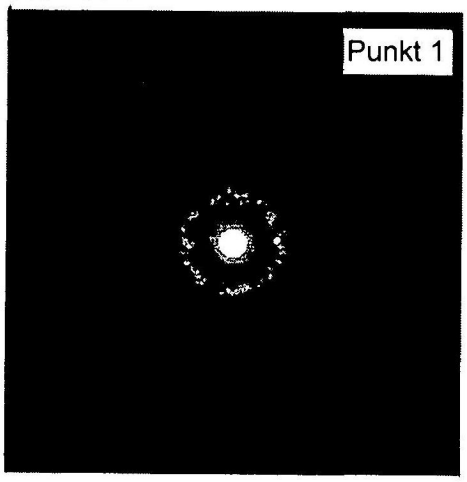


FIG. 1C

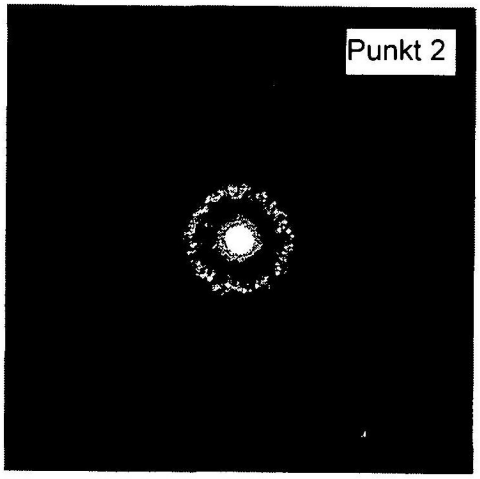


FIG. 1D

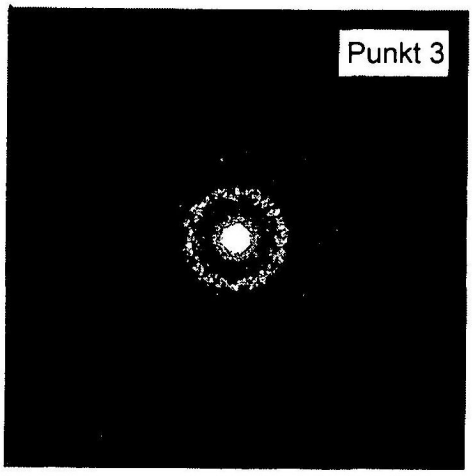


FIG. 2A

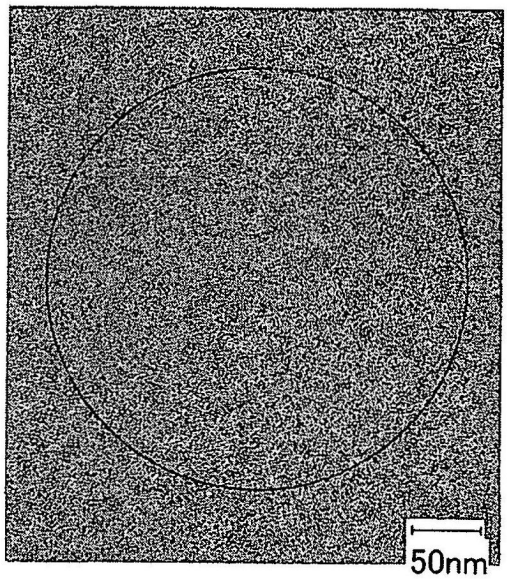


FIG. 2B



FIG. 3A

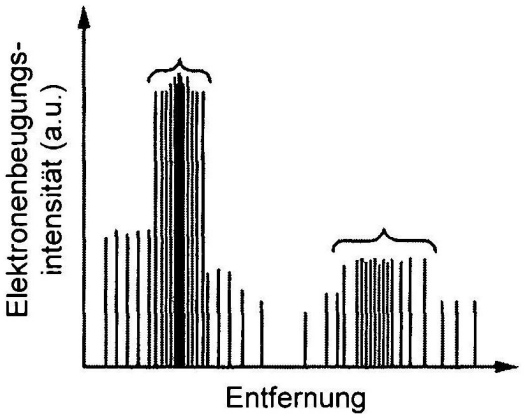


FIG. 3B

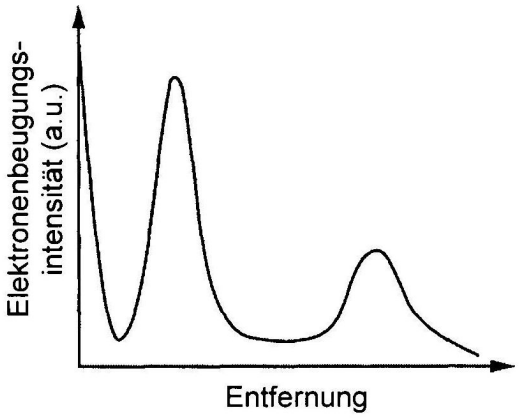


FIG. 3C

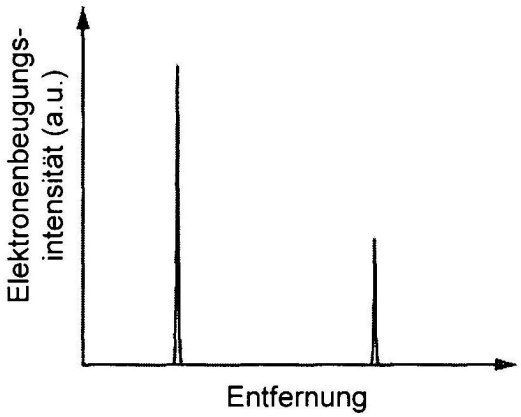


FIG. 4

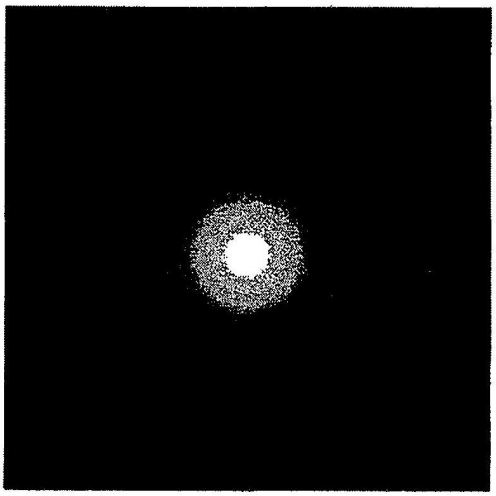


FIG. 5A

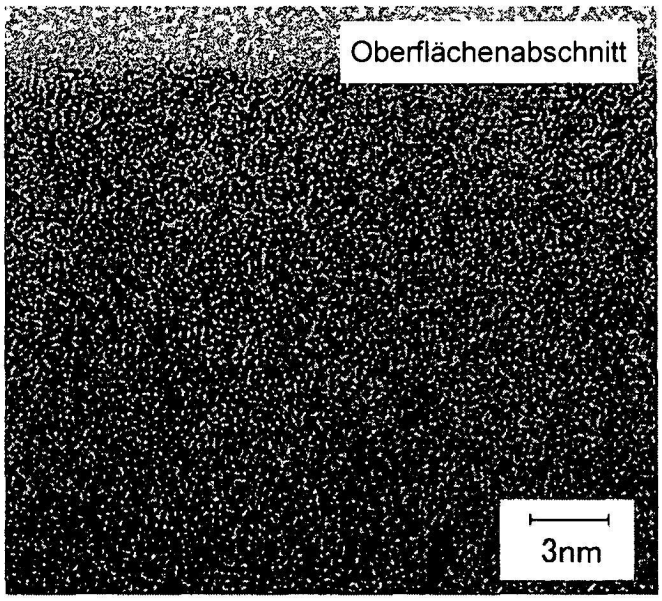


FIG. 5B

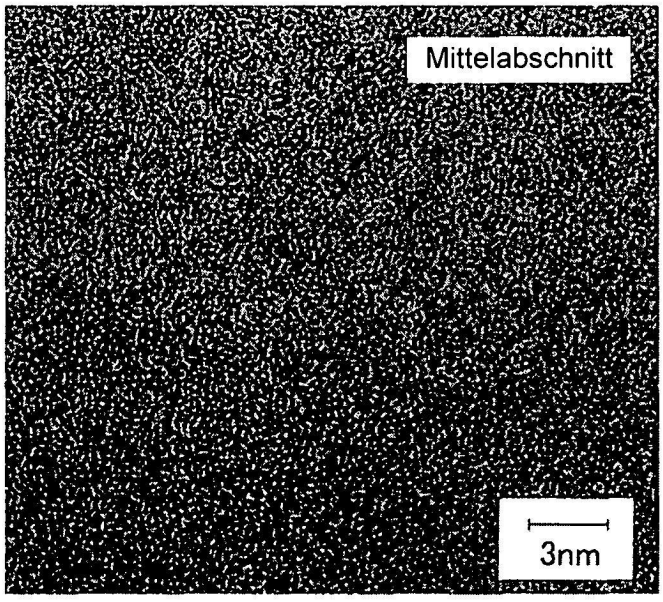


FIG. 6

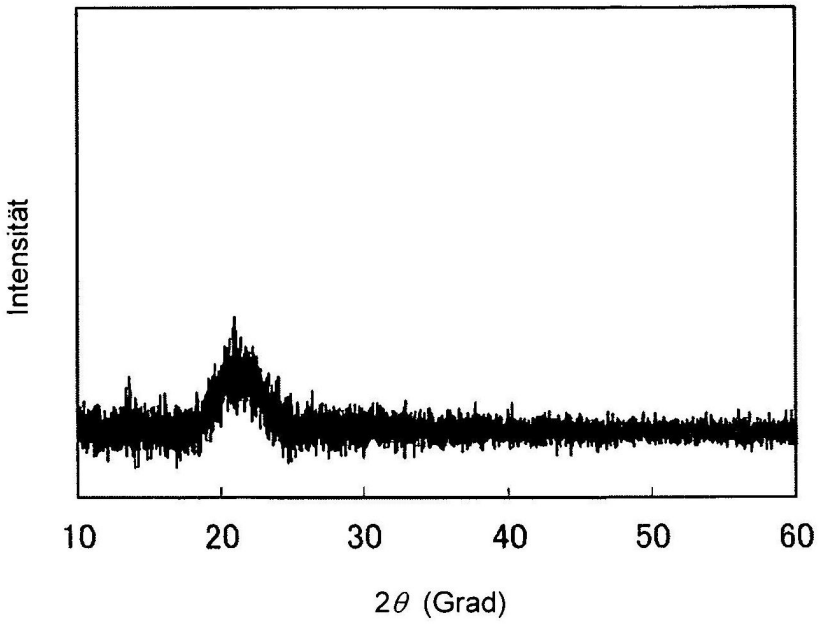


FIG. 7

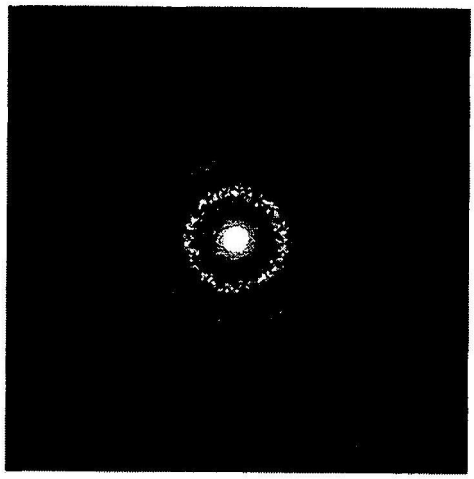


FIG. 8

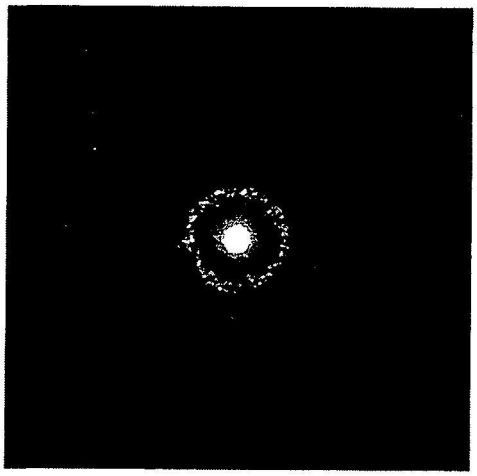


FIG. 9A

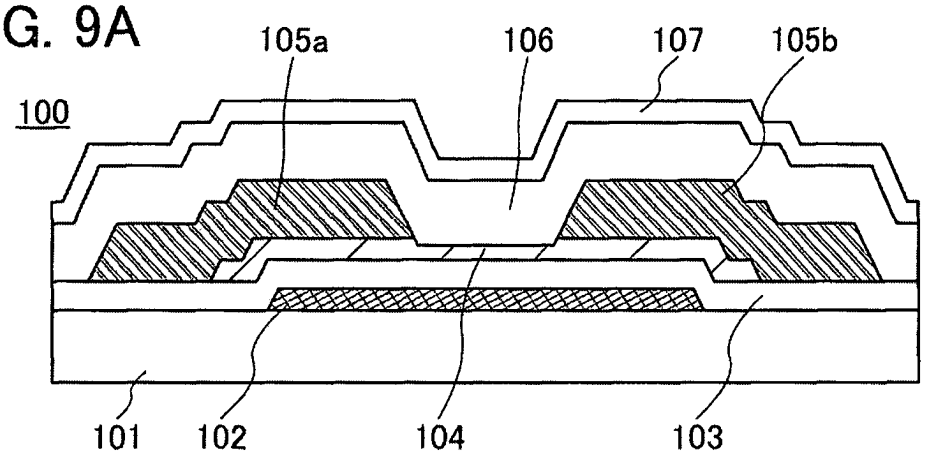


FIG. 9B

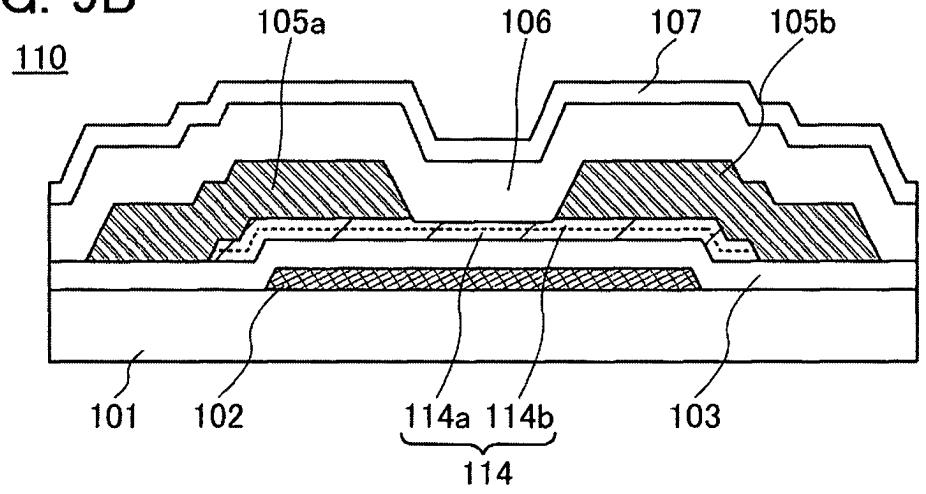


FIG. 9C

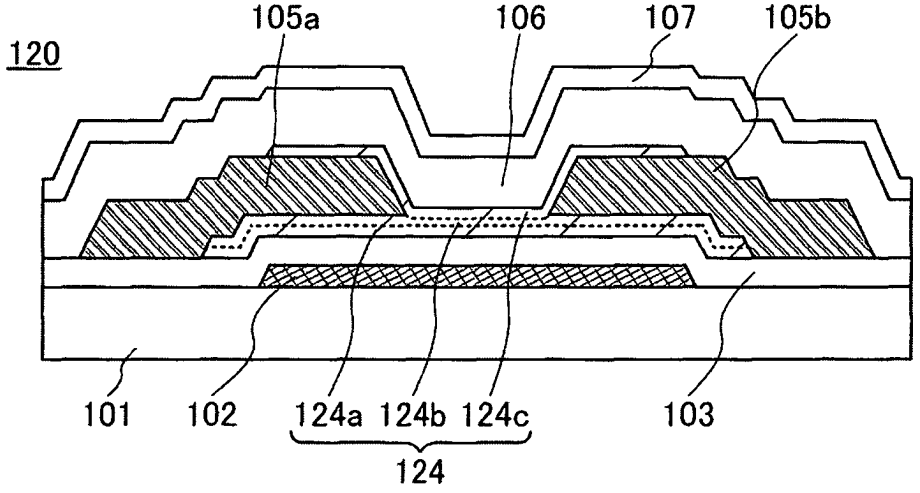


FIG. 10A

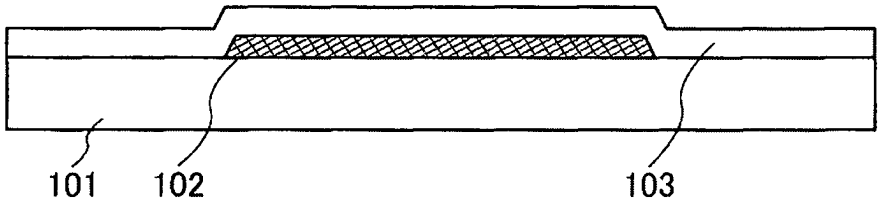


FIG. 10B

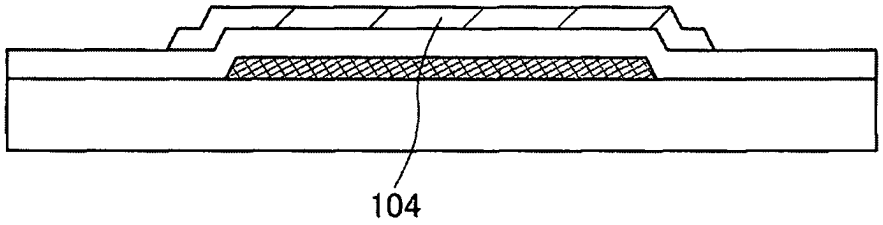


FIG. 10C

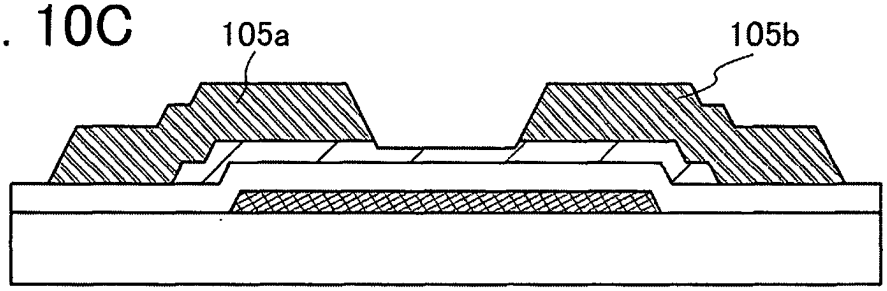


FIG. 10D

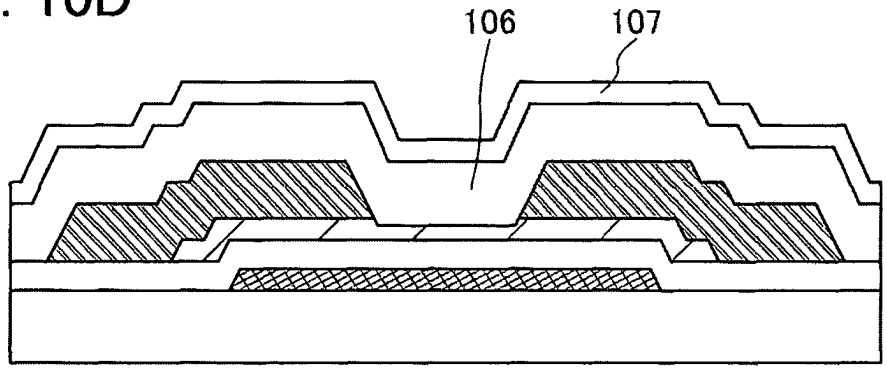


FIG. 11A

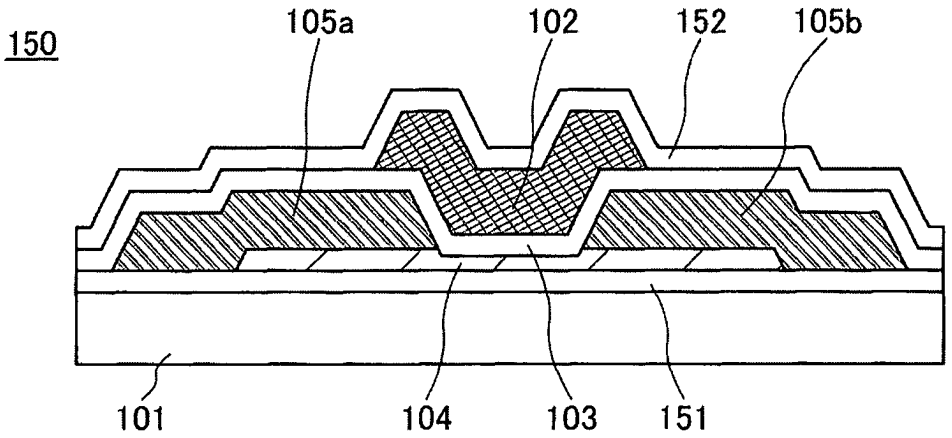


FIG. 11B

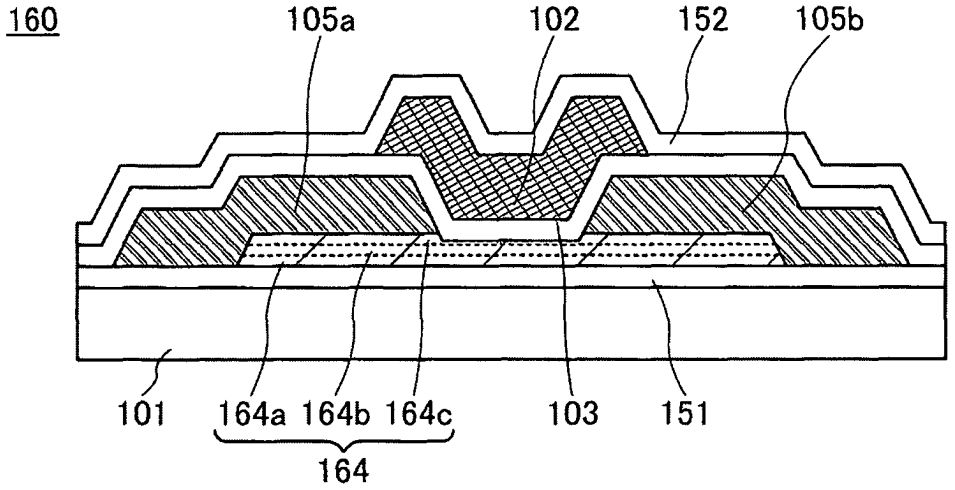


FIG. 11C

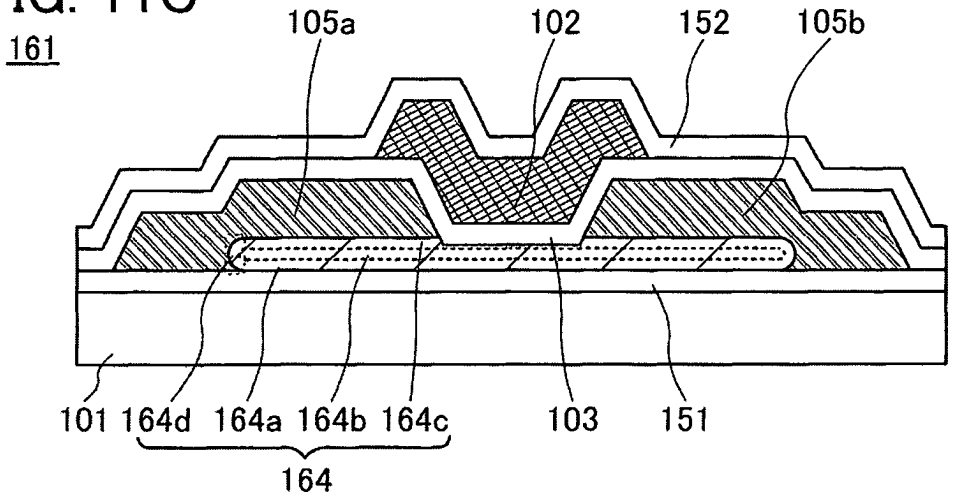


FIG. 12A

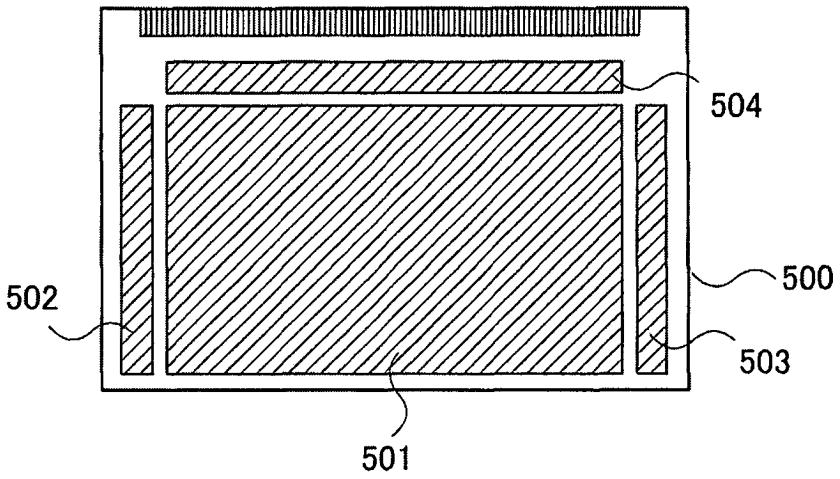


FIG. 12B

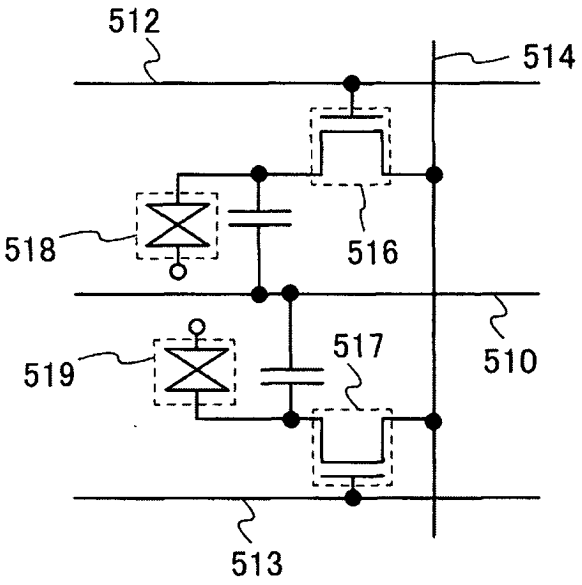


FIG. 12C

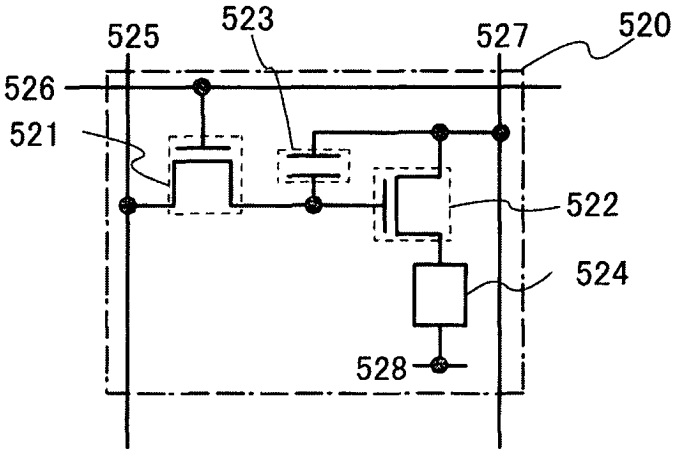


FIG. 13

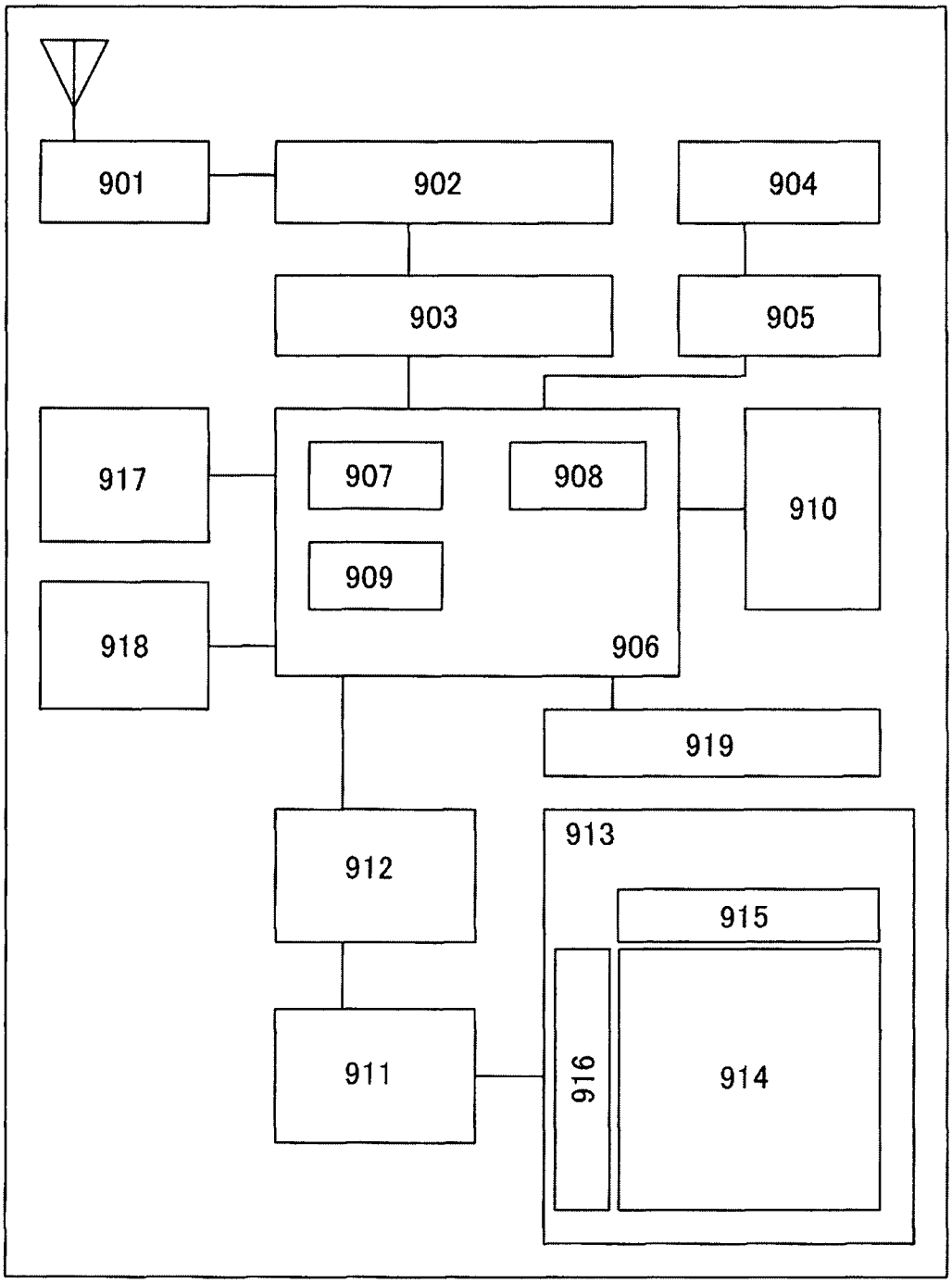

901
902
904
903
905
917
907
908
910
909
918
906
919
912
913
915
916
914
911

FIG. 14A

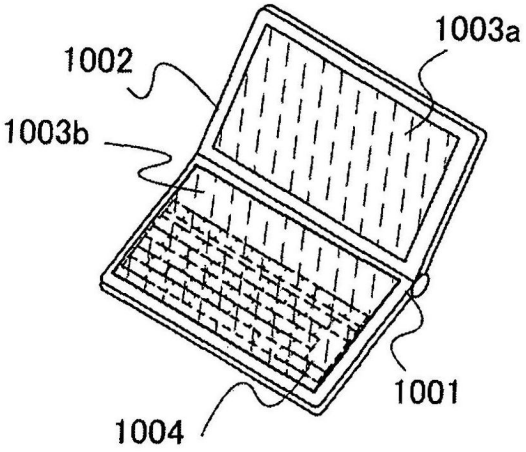


FIG. 14B

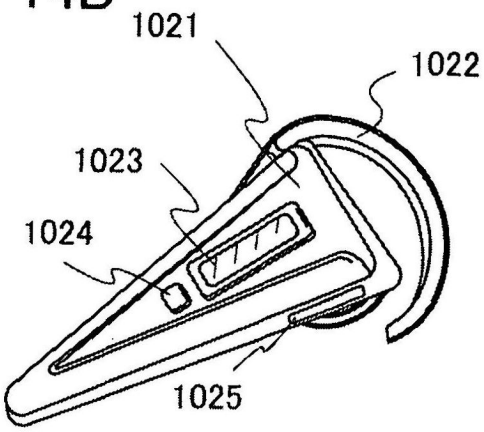


FIG. 14C

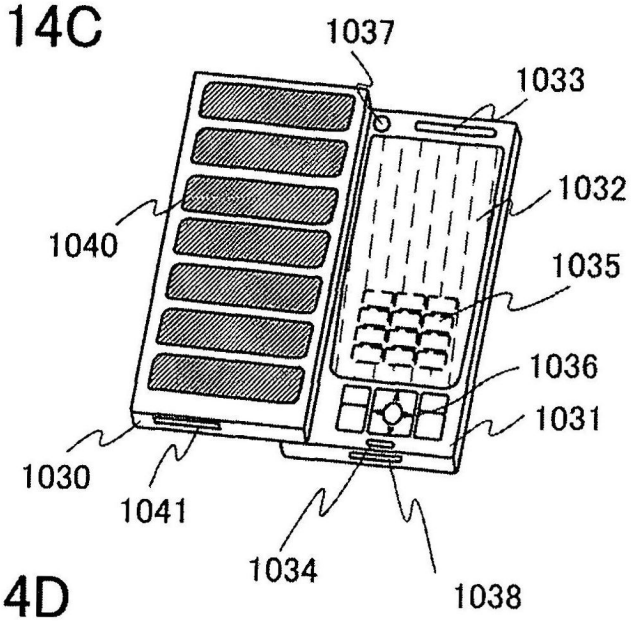


FIG. 14D

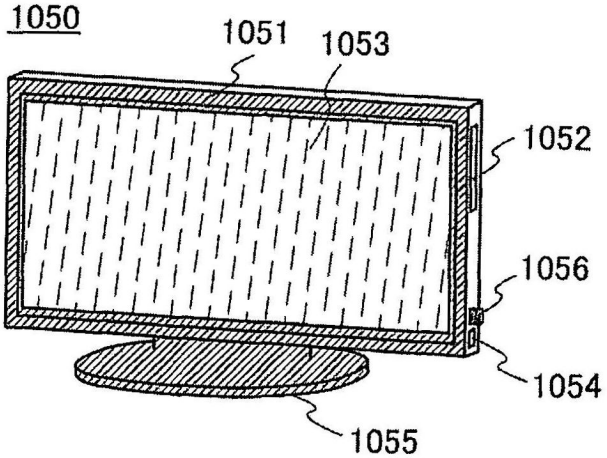


FIG. 15A

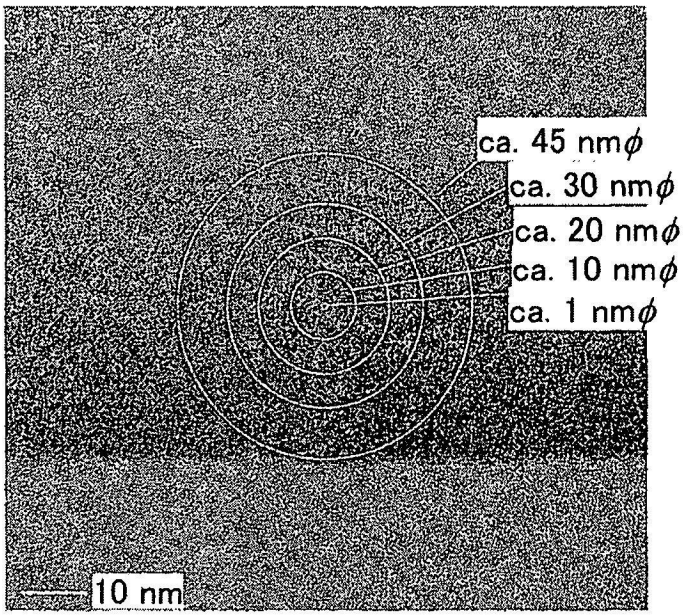


FIG. 15B

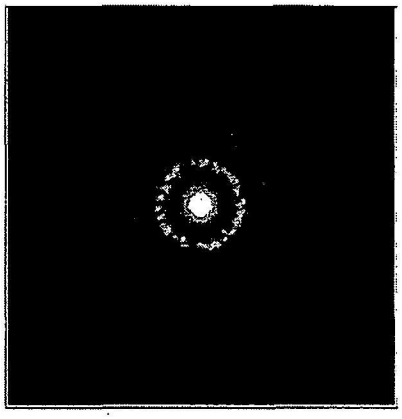


FIG. 15C

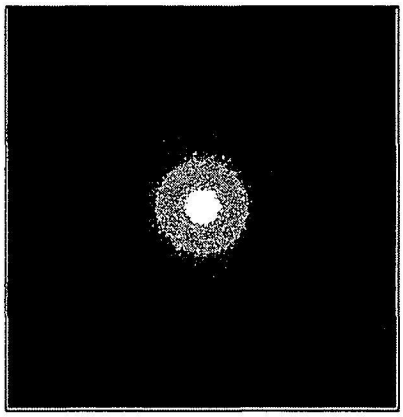


FIG. 15D

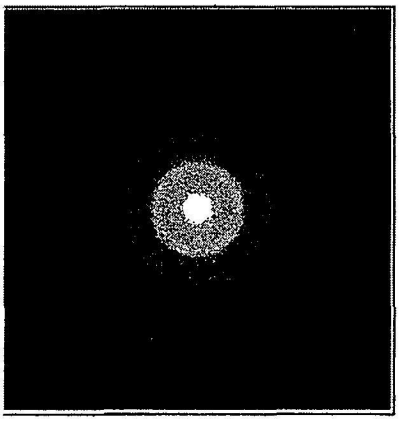


FIG. 15E

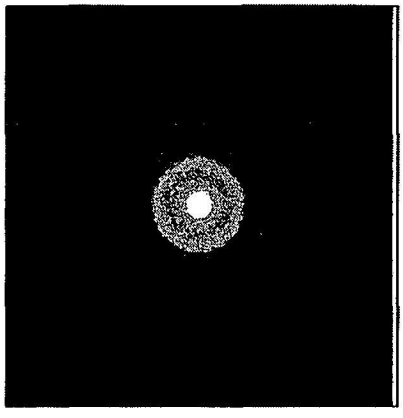


FIG. 16

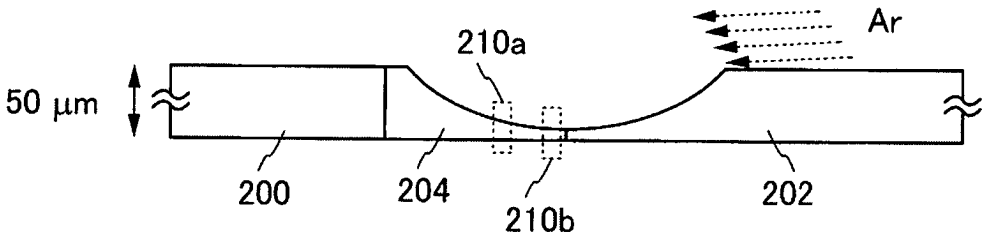


FIG. 17A

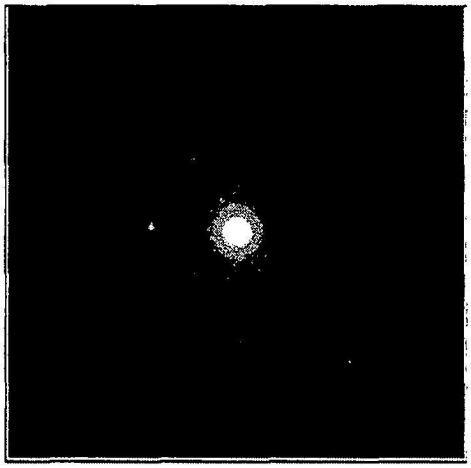


FIG. 17B

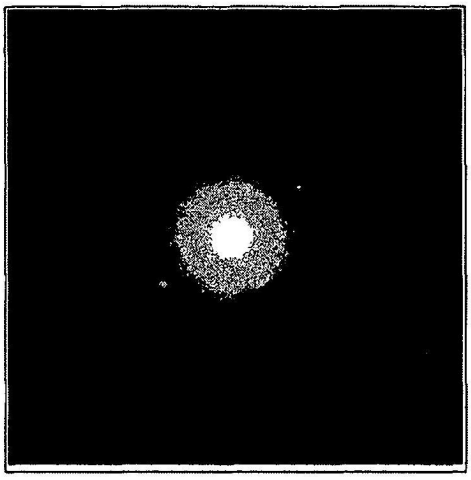


FIG. 17C

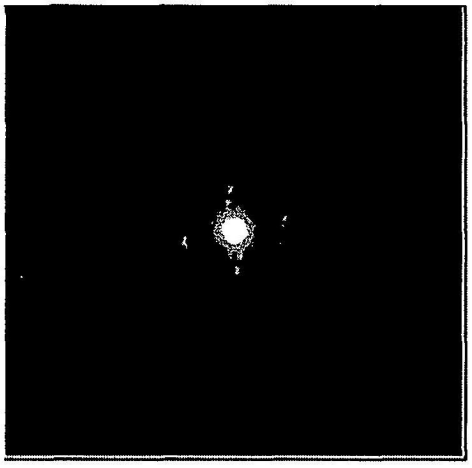


FIG. 17D

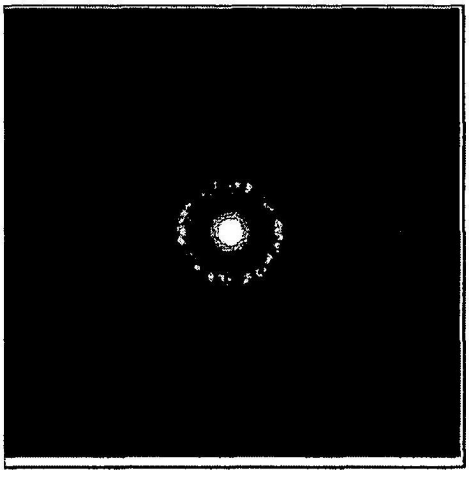


FIG. 18A

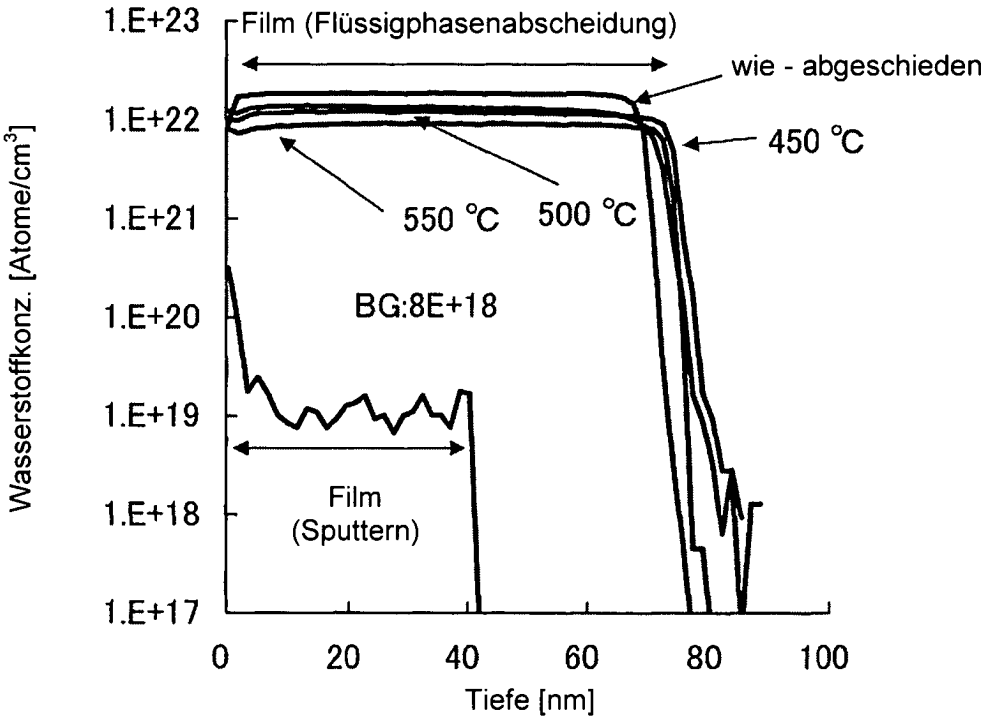


FIG. 18B

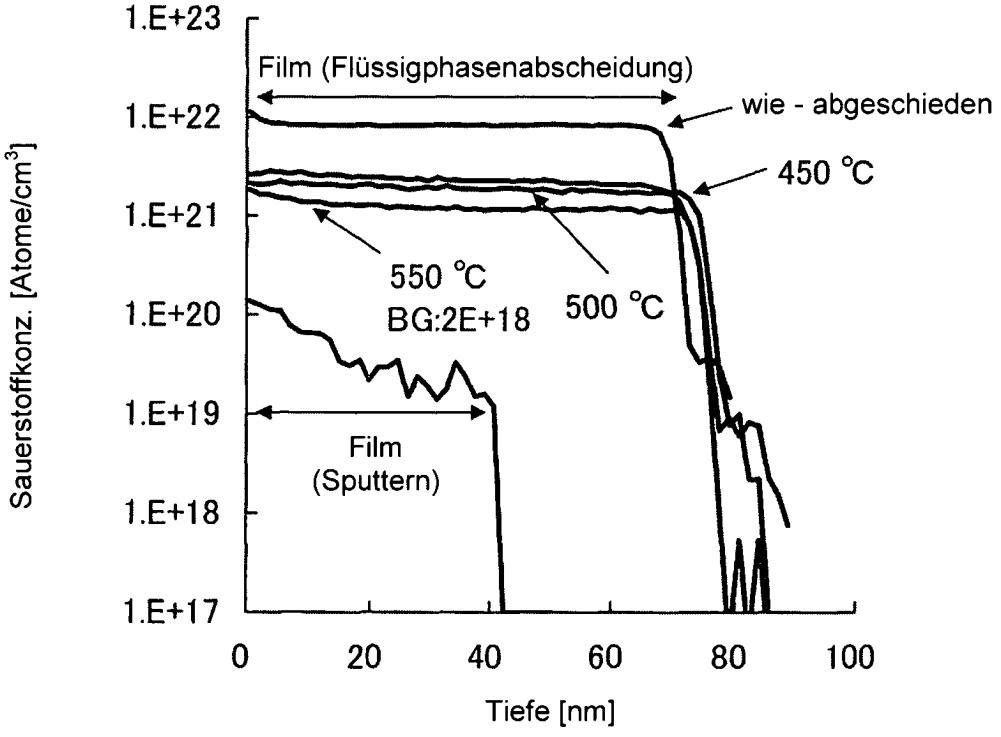


FIG. 19A

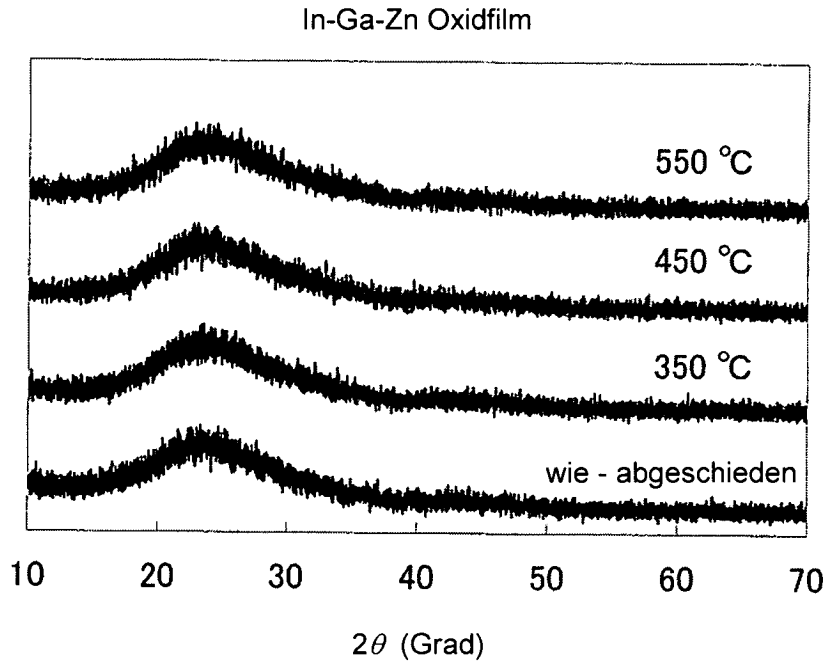


FIG. 19B

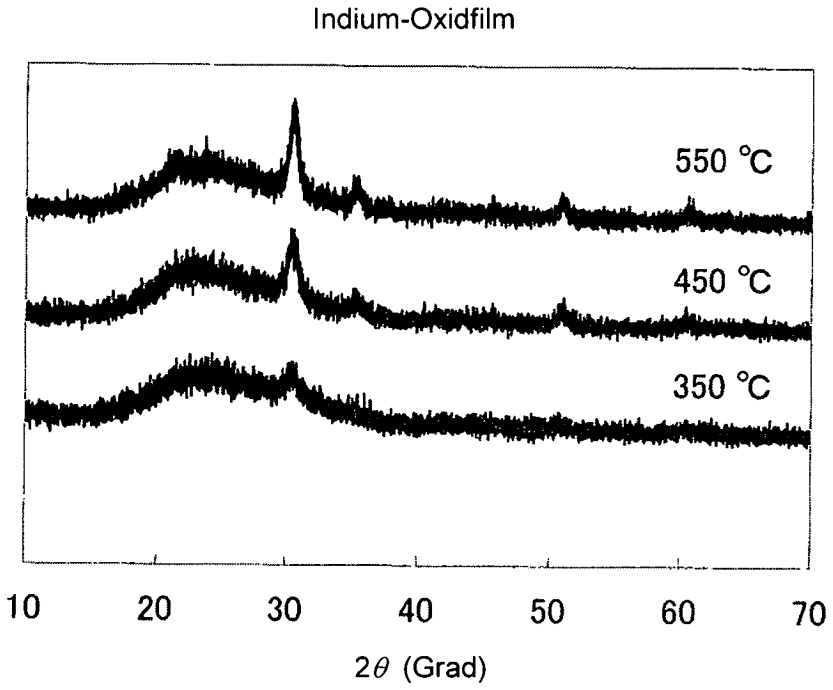


FIG. 19C

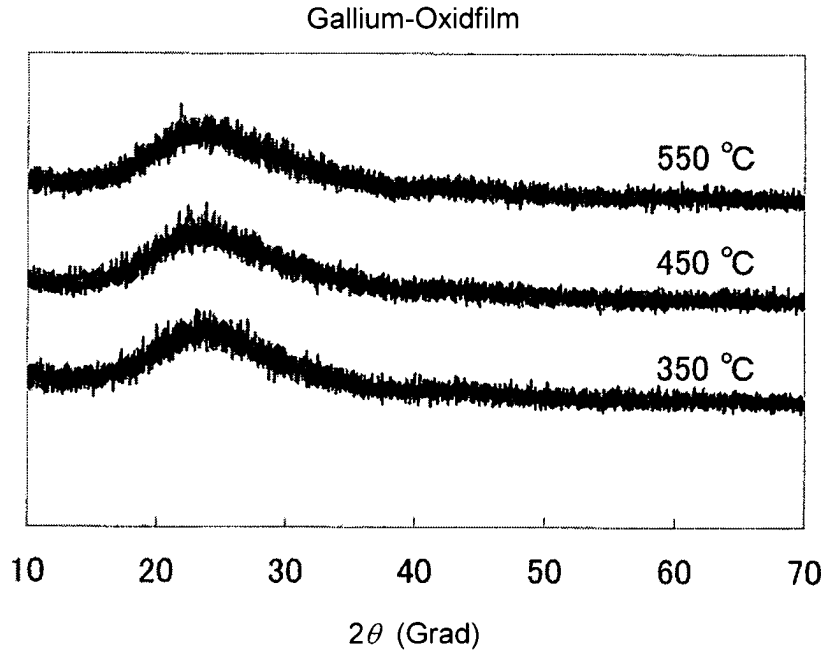


FIG. 19D

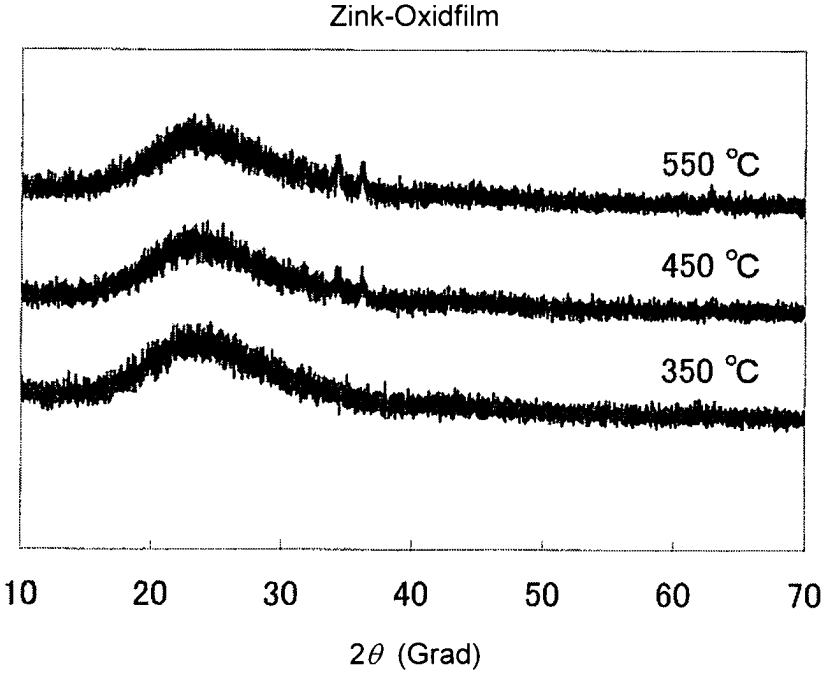


FIG. 20A

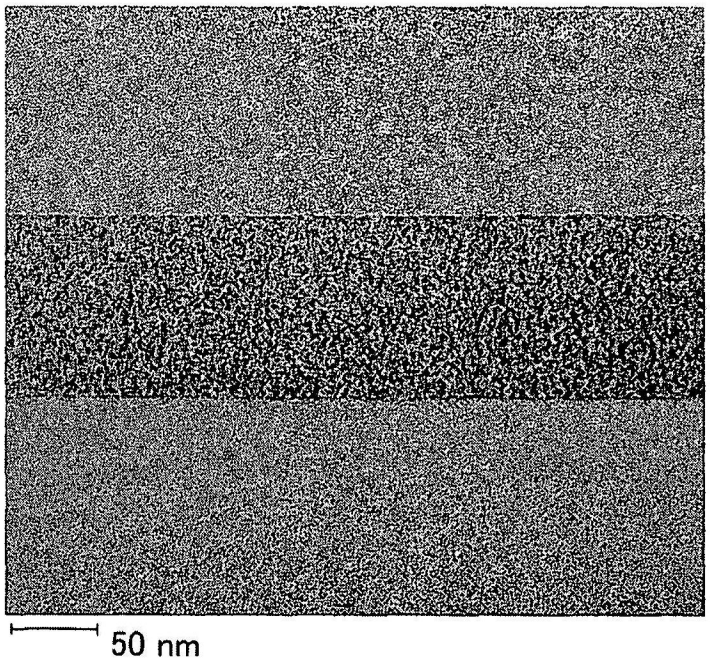


FIG. 20B

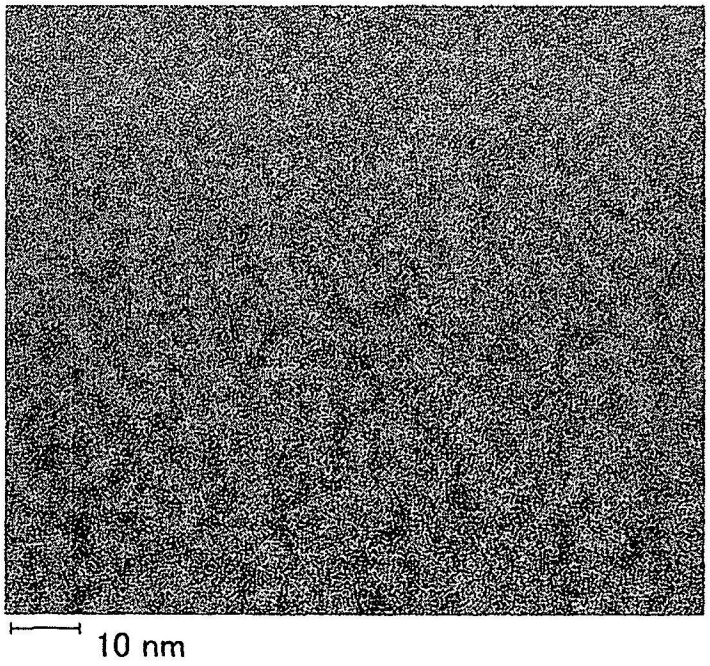


FIG. 20C

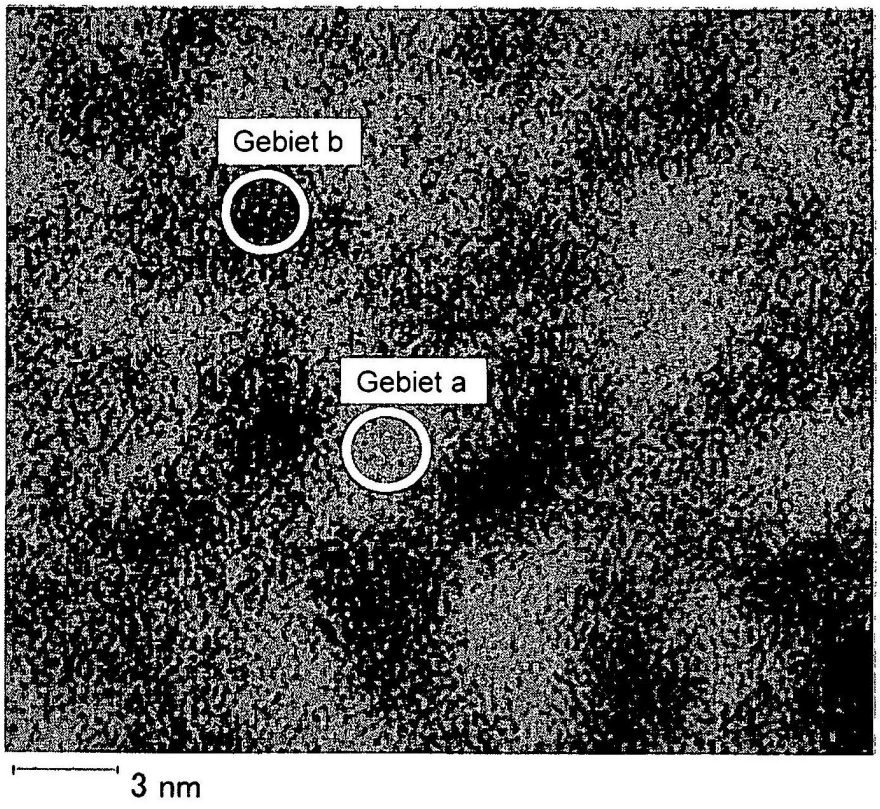


FIG. 21A

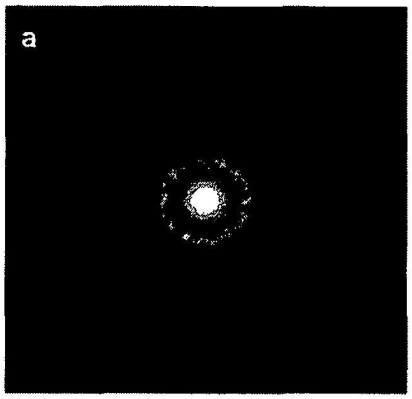


FIG. 21B

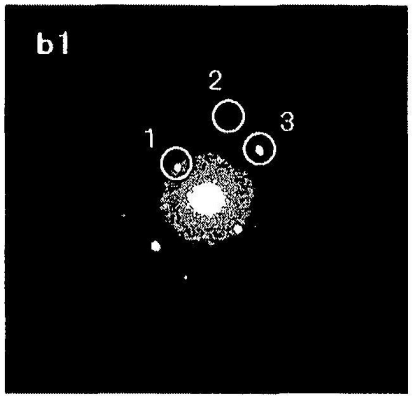


FIG. 21C

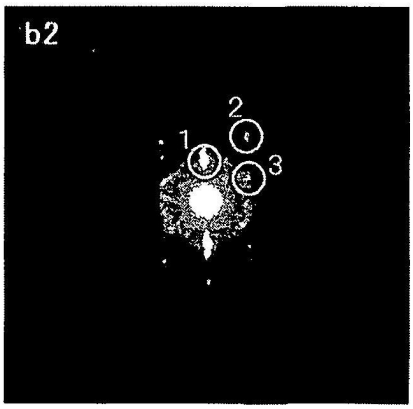


FIG. 21D

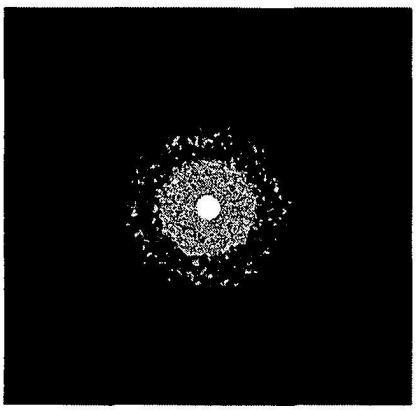


FIG. 22

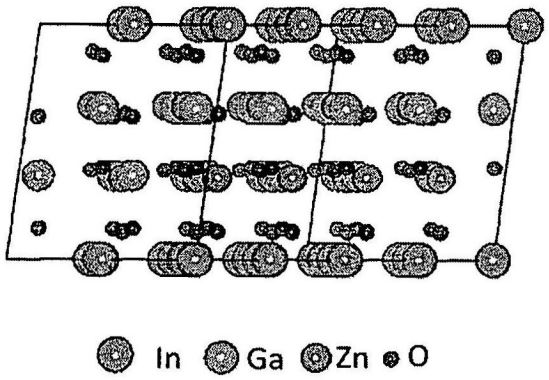


FIG. 23A

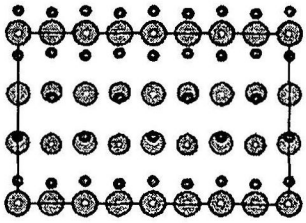


FIG. 23B

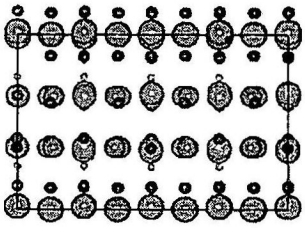


FIG. 23C

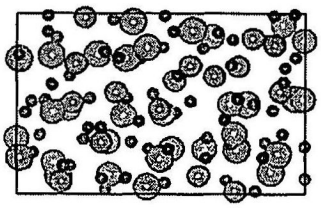


FIG. 23D

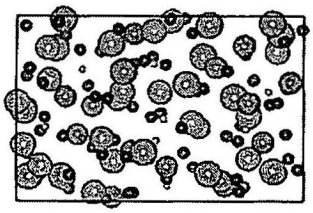


FIG. 24A

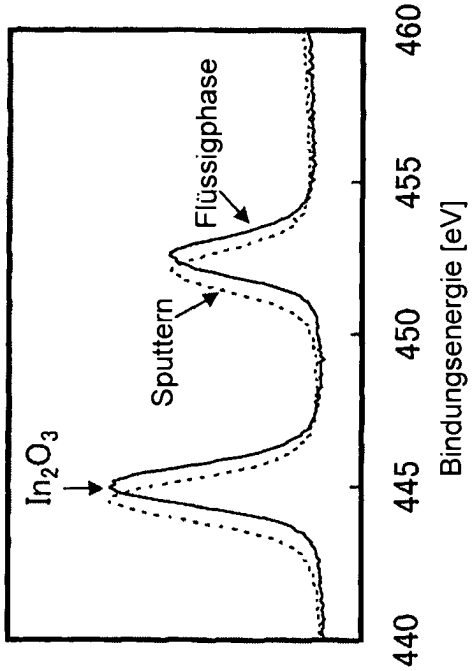


FIG. 24B

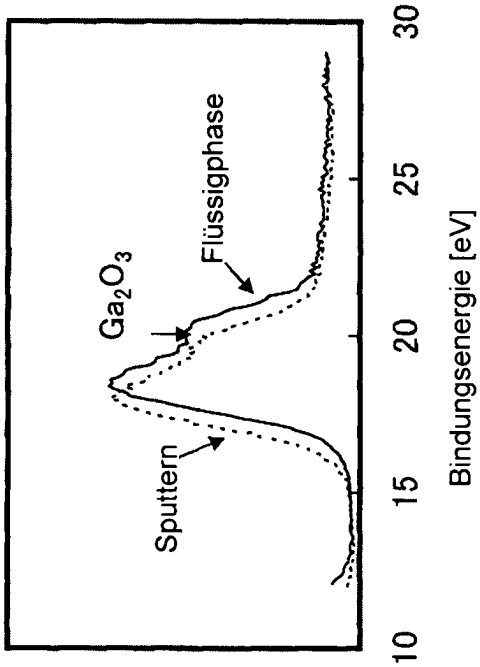


FIG. 24C

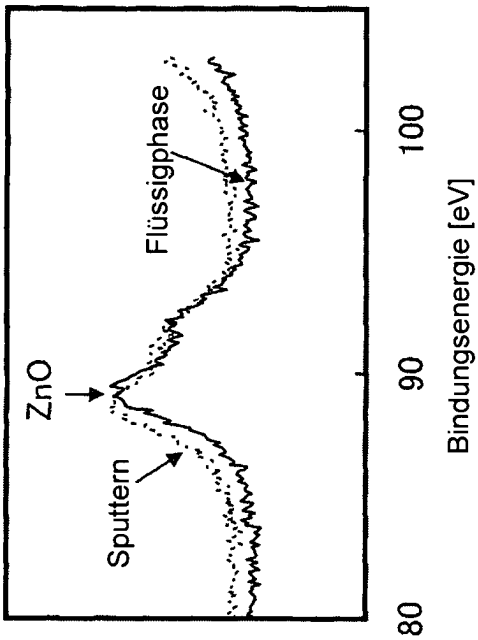


FIG. 24D

