



(10) **DE 10 2013 214 043 A1** 2014.01.23

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2013 214 043.6**

(22) Anmeldetag: **17.07.2013**

(43) Offenlegungstag: **23.01.2014**

(51) Int Cl.: **H02J 7/00 (2013.01)**

H01M 10/0525 (2013.01)

H01L 29/22 (2013.01)

H01L 23/58 (2013.01)

(30) Unionspriorität:

2012-158370

17.07.2012

JP

(71) Anmelder:

**Semiconductor Energy Laboratory Co., Ltd.,
Atsugi-shi, Kanagawa-ken, JP**

(72) Erfinder:

**Takahashi, Kei, Atsugi-shi, Kanagawa-ken, JP;
Watanabe, Kazunori, Atsugi-shi, Kanagawa-ken,
JP; Takahashi, Minoru, Atsugi-shi, Kanagawa-
ken, JP**

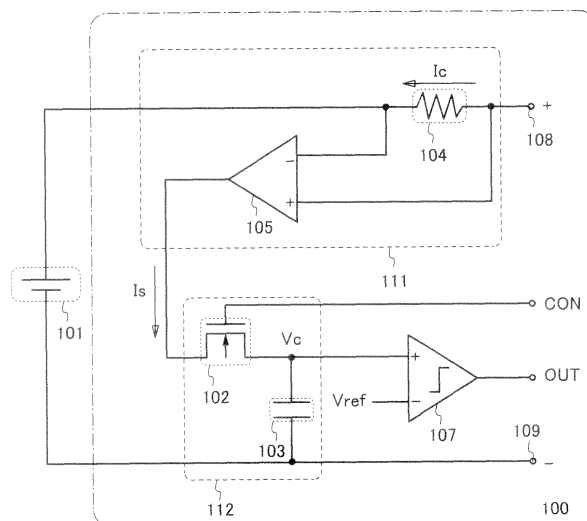
(74) Vertreter:

**Grünecker, Kinkeldey, Stockmair &
Schwanhäusser, 80802, München, DE**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Ladegerät**

(57) Zusammenfassung: Ein Ladegerät zum Laden einer Speicherbatterie beinhaltet eine erste Schaltung, die einen Strom erzeugt, der von einem Ladestrom der Speicherbatterie abhängt; eine zweite Schaltung, in der elektrische Ladung durch regelmäßige Zuführung des vom Ladestrom abhängigen Stroms angesammelt wird; und eine dritte Schaltung, die ein Signal, das Abschluss eines Ladens der Speicherbatterie anzeigt, ausgibt, wenn das Potential der zweiten Schaltung ein Bezugspotential erreicht. Die zweite Schaltung beinhaltet einen Kondensator und einen Transistor, bei dem ein Oxidhalbleiter für einen Kanalbildungsbereich verwendet wird. Der Transistor wird als Antwort auf ein Impulssignal, das in ein Gate des Transistors eingegeben wird, eingeschaltet oder ausgeschaltet. Der Kondensator sammelt elektrische Ladung an, wenn der vom Ladestrom abhängige Strom durch den Transistor fließt.



Beschreibung

Hintergrund der Erfindung

1. Gebiet der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen Gegenstand, ein Verfahren, ein Herstellungsverfahren, einen Prozess, eine Maschine oder Herstellung. Im Besonderen betrifft beispielsweise die vorliegende Erfindung eine Halbleitervorrichtung, eine Anzeigevorrichtung, eine lichtemittierende Vorrichtung, eine Energiespeichervorrichtung, ein Ansteuerungsverfahren dafür oder ein Herstellungsverfahren dafür. Im Besonderen betrifft die vorliegende Erfindung ein Ladegerät für eine Speicherbatterie.

2. Beschreibung des Standes der Technik

[0002] In den letzten Jahren werden Speicherbatterien wie z. B. Lithium-Sekundärbatterien weithin als Energieversorger für mobile Endgeräte, die durch Mobiltelefone und Smartphones vertreten werden, und als Energieversorgung für Elektrofahrzeugen mit Motorantrieb oder dergleichen verwendet (siehe Patentdokument 1).

[0003] Als Ladegeräte für solche Speicherbatterien sind ein Ladegerät, das durch Messung der Spannung eines Anschlusses der Speicherbatterie bestimmt, ob ein Laden abgeschlossen worden ist, und ein Ladegerät, das durch Zusammenrechnung von Ladeströmen (Strömen, die zum Laden der Speicherbatterie erforderlich sind), um den Integralwert der Ladeströme zu berechnen, bestimmt, ob ein Laden abgeschlossen ist, entwickelt worden (siehe Patentdokument 2).

[Referenz]

[0004]

[Patentdokument 1] Japanische Patentoffenlegungsschrift Nr. 2006-269426

[Patentdokument 2] Japanische Patentoffenlegungsschrift Nr. 2004-364419

Zusammenfassung der Erfindung

[0005] In Patentdokument 2 hat eine Ladeschaltung **1** einen positiven Eingangsanschluss TM1 und einen negativen Eingangsanschluss TM2, und einen Mikrocomputer, der einen Analog-Digital-Umsetzer (analog-digital converter; auch als A/D-Umsetzer oder ADC bezeichnet) beinhaltet, der ein eingegebenes Analogsignal in ein Digitalsignal umwandelt. Das liegt daran, dass eine Speicherbatterie **2** und dergleichen mit Analogsignalen arbeiten, während der Mikrocomputer und eine Schaltung außerhalb der Ladeschaltung **1** mit Digitalsignalen arbeiten.

[0006] Der Analog-Digital-Umsetzer in dem Ladegerät hat jedoch ein Problem der Zunahme des Leistungsverbrauchs des Ladegeräts, weil Leistungsverbrauch des Analog-Digital-Umsetzers hoch ist.

[0007] Angesichts der vorstehenden Beschreibung ist eine Aufgabe einer Ausführungsform der offenbarten Erfindung, ein Ladegerät mit niedrigem Leistungsverbrauch bereitzustellen.

[0008] Die Beschreibung der vorstehenden Aufgabe behindert das Vorhandensein anderer Aufgaben nicht. Es sei angemerkt, dass eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung die vorstehende Aufgabe nicht lösen muss. Andere Aufgaben werden ersichtlich aus und können abgeleitet werden von der Beschreibung, den Zeichnungen, den Patentansprüchen und dergleichen.

[0009] Eine Ausführungsform der offenbarten Erfindung ist ein Ladegerät zum Laden einer Speicherbatterie, das beinhaltet: eine Schaltung, die einen Strom erzeugt, der vom Ladestrom der Speicherbatterie abhängt; eine Schaltung, in der elektrische Ladung angesammelt wird, wenn der vom Ladestrom abhängige Strom zugeführt wird; und eine Schaltung, die ein Signal, das Abschluss eines Ladens der Speicherbatterie anzeigt, ausgibt, wenn das Potential der Schaltung, in der die elektrische Ladung angesammelt wird, ein Bezugspotential erreicht.

[0010] Der Ladestrom (als I_c bezeichnet) der Speicherbatterie ist ein Analogsignal, das sich in analog-artiger Weise verändert. Der Ladestrom der Speicherbatterie fließt durch ein Widerstandselement mit einem bekannten Widerstandswert. Eine Spannungs-Strom-Wandlerschaltung, die elektrisch mit beiden Anschlüssen des Widerstandselements verbunden ist, bestimmt einen Potentialunterschied zwischen den Anschlüssen des Widerstandselements.

[0011] Die Spannungs-Strom-Wandlerschaltung gibt einen Strom (als I_s bezeichnet) aus, der vom Potentialunterschied zwischen den Anschlüssen des Widerstandselements abhängt. Der Strom I_s ist also ein Strom, der vom Ladestrom I_c abhängt, oder ist Teil des Ladestroms I_c . Man kann sagen, dass die Spannungs-Strom-Wandlerschaltung eine Schaltung ist, die den vom Ladestrom I_c abhängigen Strom I_s erzeugt, oder eine Schaltung ist, die den Strom I_s , der Teil des Ladestroms I_c ist, aus dem Ladestrom I_c erzeugt.

[0012] Ein Ausgang der Spannungs-Strom-Wandlerschaltung ist elektrisch mit einer Source oder einem Drain eines Transistors verbunden, bei dem ein Oxidhalbleiter (oxide semiconductor) für einen Kanalbildungsbereich verwendet wird (der nachstehend als „Oxidhalbleitertransistor“ bezeichnet wird) und der als Schaltelement dient. Ein Impulssignal wird in ein

Gate des Oxidhalbleitertransistors eingegeben, und der Oxidhalbleitertransistor wird als Antwort auf das Impulssignal eingeschaltet oder ausgeschaltet.

[0013] Der andere von Source und Drain des Transistors ist elektrisch mit einem Kondensator verbunden. Wenn sich der Transistor im Einschaltzustand befindet, fließt der Strom I_s zwischen der Source und dem Drain des Transistors, und somit wird elektrische Ladung in dem Kondensator angesammelt.

[0014] Ein Anschluss des Kondensators und der andere von Source und Drain des Transistors sind elektrisch mit einem ersten Anschluss eines Komparators (Vergleichers) verbunden. Das Ausgangspotential des Komparators ändert sich von einem niedrigen Potential VL zu einem hohen Potential VH, wenn das Potential des einen Anschlusses des Kondensators, in dem elektrische Ladung angesammelt wird, das Bezugspotential erreicht, das einem zweiten Anschluss des Komparators zugeführt wird.

[0015] Ein Potential, bei dem ein Laden der Speicherbatterie abgeschlossen wird, wird als das Bezugspotential (reference potential) eingestellt, wodurch das Laden abgeschlossen werden kann, wenn das Potential des einen Anschlusses des Kondensators das Bezugspotential erreicht. Das heißt: das Ausgangspotential des Komparators ist ein Signal, das den Abschluss eines Ladens der Speicherbatterie anzeigt, und der Komparator ist eine Schaltung, die das Signal ausgibt, das Abschluss eines Ladens der Speicherbatterie anzeigt.

[0016] Der Oxidhalbleitertransistor hat einen Vorteil, dass der Lackstrom pro Mikrometer der Kanalbreite im Ausschlusszustand sehr gering ist, so beispielsweise 10 nA (1×10^{-17} A) oder weniger, bevorzugt 1 nA (1×10^{-18} A) oder weniger, stärker bevorzugt 10 pA (1×10^{-20} A) oder weniger, noch stärker bevorzugt 1 pA (1×10^{-21} A) oder weniger, noch weiter stärker bevorzugt 100 pA (1×10^{-22} A) oder weniger. Aus diesem Grund kann die Verwendung des Oxidhalbleitertransistors als der elektrisch mit dem Kondensator verbundene Transistor verhindern, dass die in dem Kondensator angesammelte elektrische Ladung durch die Source und den Drain des Transistors im Ausschlusszustand abfließt. Somit kann die Menge an in dem Kondensator angesammelter elektrischer Ladung aufrechterhalten werden, und durch regelmäßige Zusammenrechnung der Menge an elektrischer Ladung in dem Kondensator kann das Potential des Kondensators mit dem Bezugspotential verglichen werden, das Abschluss eines Ladens anzeigt.

[0017] Auf diese Weise kann ein Ladegerät, das keinen Analog-Digital-Umsetzer enthält und daher einen niedrigen Leistungsverbrauch hat, hergestellt werden.

[0018] Eine Ausführungsform der offenbarten Erfindung ist ein Ladegerät zum Laden einer Speicherbatterie, das beinhaltet: eine Schaltung, die einen Strom erzeugt, der von einem Ladestrom abhängt, der von einer Leistungsversorgungssteuerschaltung zugeführt wird; eine Schaltung, in der elektrische Ladung, die vom Ladestrom abhängt, als Analogsignal in einem Kondensator angesammelt wird, wenn der vom Ladestrom abhängige Strom zugeführt wird; und eine Schaltung, die ein Signal, das Abschluss eines Ladens der Speicherbatterie anzeigt, an eine Steuerschaltung der Leistungsversorgungssteuerschaltung ausgibt, wenn das Potential des Kondensators, in dem die elektrische Ladung angesammelt wird, ein Bezugspotential erreicht. Wenn das Signal, das Abschluss eines Ladens der Speicherbatterie anzeigt, an die Steuerschaltung der Leistungsversorgungssteuerschaltung ausgegeben wird, wird die Zuführung des Ladestroms abgeschlossen.

[0019] Eine Ausführungsform der offenbarten Erfindung ist ein Ladegerät zum Laden einer Speicherbatterie, das beinhaltet: eine Schaltung, die einen Strom erzeugt, der von einem Ladestrom abhängt, der von einer Leistungsversorgungssteuerschaltung zugeführt wird; ein Schaltelement, das als Antwort auf ein eingegebenes Impulssignal eingeschaltet oder ausgeschaltet wird; einen Kondensator, der elektrisch mit dem Schaltelement verbunden ist und in dem elektrische Ladung, die vom Ladestrom abhängt, angesammelt wird, wenn ein vom Ladestrom abhängiger Strom durch das Schaltelement im Einschaltzustand zugeführt wird; und eine Schaltung, die ein Signal, das Abschluss eines Ladens der Speicherbatterie anzeigt, an eine Steuerschaltung der Leistungsversorgungssteuerschaltung ausgibt, wenn das Potential des Kondensators, in dem die elektrische Ladung angesammelt wird, ein Bezugspotential erreicht. Wenn das Signal, das Abschluss eines Ladens der Speicherbatterie anzeigt, an die Steuerschaltung der Leistungsversorgungssteuerschaltung ausgegeben wird, wird die Zuführung des Ladestroms abgeschlossen.

[0020] Eine Ausführungsform der offenbarten Erfindung ist ein Ladegerät zum Laden einer Speicherbatterie, das beinhaltet: eine Schaltung, die einen Strom erzeugt, der von einem Ladestrom abhängt, der von einer Leistungsversorgungssteuerschaltung zugeführt wird; einen Transistor, bei dem ein Oxidhalbleiter für einen Kanalbildungsbereich verwendet wird und der als Antwort auf ein in dessen Gate eingegebenes Impulssignal eingeschaltet oder ausgeschaltet wird; einen Kondensator, der elektrisch mit dem Transistor verbunden ist und in dem elektrische Ladung, die vom Ladestrom abhängt, angesammelt wird, wenn ein vom Ladestrom abhängiger Strom durch den Transistor im Einschaltzustand zugeführt wird; und eine Schaltung, die ein Signal, das Abschluss eines Ladens der Speicherbatterie an-

zeigt, an eine Steuerschaltung der Leistungsversorgungssteuerschaltung ausgeben, wenn das Potential des Kondensators, in dem die elektrische Ladung angesammelt wird, ein Bezugspotential erreicht. Wenn das Signal, das Abschluss eines Ladens der Speicherbatterie anzeigt, an die Steuerschaltung der Leistungsversorgungssteuerschaltung ausgegeben wird, wird die Zuführung des Ladestroms abgeschlossen.

[0021] Eine Ausführungsform der offenbarten Erfindung ist ein Ladegerät zum Laden einer Speicherbatterie, das beinhaltet: ein Widerstandselement, durch das ein Ladestrom der Speicherbatterie fließt; einen Operationsverstärker, der gemäß einer an das Widerstandselement angelegten Spannung einen Strom erzeugt, der vom Ladestrom abhängt; einen Transistor, bei dem ein Oxidhalbleiter für einen Kanalbildungsbereich verwendet wird und der als Antwort auf ein in dessen Gate eingegebenes Impulssignal eingeschaltet oder ausgeschaltet wird; einen Kondensator, der elektrisch mit dem Transistor verbunden ist und in dem elektrische Ladung angesammelt wird, wenn ein Teil eines Ladestroms durch den Transistor im Einschaltzustand zugeführt wird; und einen Komparator, der einen ersten Eingangsanschluss, dem das Potential des Kondensators zugeführt wird, in dem die elektrische Ladung angesammelt wird, und einen zweiten Eingangsanschluss, dem ein Bezugspotential zugeführt wird, beinhaltet. Das Potential des Kondensators wird mit dem Bezugspotential verglichen, so dass ein Ausgangspotential des Komparators umgeschaltet wird. Wenn das Ausgangspotential umgeschaltet wird, wird die Zuführung des Ladestroms abgeschlossen.

[0022] Bei einer Ausführungsform der offenbarten Erfindung kann der Komparator ein Hysteresekomparator sein.

[0023] Bei einer Ausführungsform der offenbarten Erfindung kann der Oxidhalbleiter (oxide semiconductor) eines der folgenden Oxide sein: ein Indiumoxid, ein Oxid auf In-Zn-Basis, ein Oxid auf In-Mg-Basis, ein Oxid auf In-Ga-Basis, ein Oxid auf In-Ga-Zn-Basis, ein Oxid auf In-Al-Zn-Basis, ein Oxid auf In-Sn-Zn-Basis, ein Oxid auf In-Hf-Zn-Basis, ein Oxid auf In-La-Zn-Basis, ein Oxid auf In-Ce-Zn-Basis, ein Oxid auf In-Pr-Zn-Basis, ein Oxid auf In-Nd-Zn-Basis, ein Oxid auf In-Sm-Zn-Basis, ein Oxid auf In-Eu-Zn-Basis, ein Oxid auf In-Gd-Zn-Basis, ein Oxid auf In-Tb-Zn-Basis, ein Oxid auf In-Dy-Zn-Basis, ein Oxid auf In-Ho-Zn-Basis, ein Oxid auf In-Er-Zn-Basis, ein Oxid auf In-Tm-Zn-Basis, ein Oxid auf In-Yb-Zn-Basis, ein Oxid auf In-Lu-Zn-Basis, ein Oxid auf In-Sn-Ga-Zn-Basis, ein Oxid auf In-Hf-Ga-Zn-Basis, ein Oxid auf In-Al-Ga-Zn-Basis, ein Oxid auf In-Sn-Al-Zn-Basis, ein Oxid auf In-Sn-Hf-Zn-Basis und ein Oxid auf In-Hf-Al-Zn-Basis.

[0024] Entsprechend einer Ausführungsform der offenbarten Erfindung kann ein Ladegerät mit niedrigem Leistungsverbrauch hergestellt werden.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0025] In den begleitenden Zeichnungen:

[0026] Fig. 1 ist ein Schaltplan einer Ladeschaltung;

[0027] Fig. 2 ist ein Zeitdiagramm, das die Arbeitsweise einer Ladeschaltung zeigt;

[0028] Fig. 3 ist ein Schaltplan einer Ladeschaltung;

[0029] Fig. 4 ist ein Schaltplan eines Ladegeräts;

[0030] Fig. 5 ist ein Schaltplan eines Ladegeräts;

[0031] Fig. 6 ist ein Schaltplan eines Ladegeräts;

[0032] Fig. 7 ist ein Schaltplan eines Ladegeräts;

[0033] Fig. 8A und Fig. 8B zeigen jeweils eine Speicherbatterie;

[0034] Fig. 9 ist eine Querschnittansicht eines Oxidhalbleitertransistors (oxide semiconductor transistor); und

[0035] Fig. 10 zeigt ein Strukturbeispiel für eine Halbleitervorrichtung.

Detaillierte Beschreibung der Erfindung

[0036] Nachstehend werden Ausführungsformen der Erfindung, die in dieser Beschreibung offenbart ist, mit Bezug auf die begleitenden Zeichnungen beschrieben. Es sei angemerkt, dass die Erfindung, die in dieser Beschreibung offenbart ist, auf mehrere verschiedene Arten ausgeführt werden kann, und dass ein Fachmann leicht verstehen wird, dass Arten und Details der Erfindung, die in dieser Beschreibung offenbart ist, auf viele Arten modifiziert werden können, ohne von dem Erfindungsgedanken und dem Schutzbereich abzuweichen. Daher ist die vorliegende Erfindung nicht so zu interpretieren, als sei sie auf die Beschreibung der Ausführungsformen beschränkt. Es sei angemerkt, dass nachstehend in den Zeichnungen gleiche Teile oder Teile mit ähnlichen Funktionen mit gleichen Bezugszeichen bezeichnet werden, und dass die Beschreibung solcher Teile nicht wiederholt wird. Darüber hinaus wird in einigen Fällen dasselbe Schraffurmuster bei ähnlichen Teilen verwendet, und die ähnlichen Teile werden nicht notwendigerweise eigens mit Bezugszeichen bezeichnet.

[0037] Es sei angemerkt, dass in der Erfindung, die in dieser Beschreibung offenbart ist, eine Halbleitervorrichtung ein Element oder eine Vorrichtung be-

zeichnet, das/die unter Benutzung eines Halbleiters arbeitet, und in ihrer Kategorie das Folgende umfasst: eine elektrische Vorrichtung einschließlich einer elektronischen Schaltung, einer Anzeigevorrichtung, einer lichtemittierenden Vorrichtung, eines Speichergeräts und dergleichen und ein Elektrogerät, an dem die elektrische Vorrichtung montiert ist.

[0038] Es sei angemerkt, dass die Lage, die Größe, der Bereich oder dergleichen jeder in den Zeichnungen und dergleichen dargestellten Komponente in einigen Fällen zum leichten Verständnis nicht genau dargestellt ist. Somit ist die offenbarte Erfindung nicht notwendig auf die Lage, die Größe, den Bereich oder dergleichen wie in den Zeichnungen und dergleichen offenbart beschränkt.

[0039] In dieser Beschreibung werden Ordnungszahlen wie z. B. „erstes“, „zweites“ und „drittes“ verwendet, um eine Verwechslung zwischen Komponenten zu vermeiden, und die Begriffe beschränken die Anzahl der Komponenten nicht.

[0040] Außerdem begrenzt der Begriff wie z. B. „Elektrode“ oder „Leitung“ in dieser Beschreibung nicht eine Funktion einer Komponente. Zum Beispiel wird eine „Elektrode“ manchmal als ein Teil einer „Leitung“ verwendet und umgekehrt. Darüber hinaus kann der Begriff „Elektrode“ oder „Leitung“ den Fall enthalten, in dem mehrere „Elektroden“ oder „Leitungen“ auf integrierte Weise ausgebildet sind.

[0041] Wenn beispielsweise ein Transistor mit entgegengesetzter Polarität verwendet wird oder wenn die Stromflussrichtung im Schaltungsbetrieb geändert wird, werden die Funktionen einer „Source“ und eines „Drains“ miteinander vertauscht. Somit können die Begriffe „Source“ und „Drain“ in dieser Beschreibung miteinander vertauscht werden.

[0042] Es sei angemerkt, dass der Begriff „elektrisch verbunden“ in dieser Beschreibung den Fall enthält, in dem Komponenten über ein Objekt mit einer elektrischen Funktion verbunden sind. Es gibt keine besondere Beschränkung an ein Objekt mit einer elektrischen Funktion, solange zwischen Komponenten, die über das Objekt verbunden sind, elektrische Signale gesendet und empfangen werden können. Beispiele für ein Objekt mit einer elektrischen Funktion sind eine Elektrode, eine Leitung, ein Schaltelement wie z. B. ein Transistor, ein Widerstand, ein Induktor, ein Kondensator und ein Element mit verschiedenen Funktionen.

[0043] Die Begriffe „über“ und „unter“ bedeuten in dieser Beschreibung nicht notwendigerweise „direkt auf beziehungsweise „direkt unter“ bezüglich einer Lagebeziehung zwischen Komponenten. Beispielsweise kann die Formulierung „eine Gate-Elektrode über einem Gate-Isolierfilm“ auch den Fall bedeuten,

in dem sich eine weitere Komponente zwischen dem Gate-Isolierfilm und der Gate-Elektrode befindet.

[0044] In dieser Beschreibung bedeutet der Begriff „parallel“, dass der Winkel, der zwischen zwei geraden Linien gebildet ist, größer als oder gleich -10° und kleiner als oder gleich 10° ist, und umfasst daher auch den Fall, in dem der Winkel größer als oder gleich -5° und kleiner als oder gleich 5° ist. Zusätzlich bedeutet der Begriff „senkrecht“, dass der Winkel, der zwischen zwei geraden Linien gebildet ist, größer als oder gleich 80° und kleiner als oder gleich 100° ist, und umfasst daher auch den Fall, in dem der Winkel größer als gleich 85° und kleiner als oder gleich 95° ist.

[0045] In dieser Beschreibung sind die trigonalen und rhomboedrischen Kristallsysteme in dem hexagonalen Kristallsystem enthalten.

(Ausführungsform 1)

<Schaltungsstruktur einer Ladeschaltung>

[0046] Fig. 1 ist ein Schaltplan einer Ladeschaltung nach dieser Ausführungsform. Die Ladeschaltung **100** in Fig. 1 beinhaltet einen Transistor **102**, einen Kondensator **103**, ein Widerstandselement **104**, eine Spannungs-Strom-Wandlerschaltung **105** und einen Hysteresekomparator (auch als Schmitt-Trigger bezeichnet) **107**. Ein Anschluss **108**, ein Anschluss **109**, ein Anschluss CON und ein Anschluss OUT der Ladeschaltung **100** sind elektrisch mit einer externen Schaltung verbunden. Zusätzlich ist eine Speicherbatterie **101**, die durch die Ladeschaltung **100** in Fig. 1 geladen wird, elektrisch an die Ladeschaltung **100** angeschlossen.

[0047] Es sei angemerkt, dass der Transistor **102** und der Kondensator **103** in einer Integrationsschaltung **112** enthalten sind. Der Transistor **102** wird als Antwort auf ein Impulssignal, das in sein Gate eingegeben wird, eingeschaltet oder ausgeschaltet, was nachstehend ausführlich beschrieben wird. Wenn sich der Transistor **102** im Einschaltzustand befindet, fließt ein Strom zwischen einer Source und einem Drain des Transistors **102**, und elektrische Ladung wird in dem Kondensator **103** angesammelt.

[0048] Das Widerstandselement **104** und die Spannungs-Strom-Wandlerschaltung **105** sind in einer Strombestimmungsschaltung **111** enthalten. In der Ladeschaltung **100** in Fig. 1 ist die Strombestimmungsschaltung **111** auf der positiven Potentialseite bereitgestellt.

[0049] Der Anschluss **108** ist ein Anschluss, an den bei einem Laden ein positives Potential angelegt wird, und ist elektrisch mit einem Anschluss des Widerstandselements **104** und einem nichtinvertierenden

Eingangsanschluss der Spannungs-Strom-Wandlerschaltung **105** verbunden.

[0050] Das Widerstandselement **104** ist ein Widerstand, der zum Bestimmen der Größe eines Ladestroms I_c verwendet wird, und weist einen bekannten Widerstandswert R auf. Der eine Anschluss des Widerstandselements **104** ist elektrisch mit dem Anschluss **108** und dem nichtinvertierenden Eingangsanschluss der Spannungs-Strom-Wandlerschaltung **105** verbunden.

[0051] Der andere Anschluss des Widerstandselements **104** ist elektrisch mit einem invertierenden Eingangsanschluss der Spannungs-Strom-Wandlerschaltung **105** und einer positiven Elektrode der Speicherbatterie **101** verbunden.

[0052] Die Spannungs-Strom-Wandlerschaltung **105** gibt einen Strom I_s gemäß einem Potentialunterschied zwischen dem einen Anschluss und dem anderen Anschluss des Widerstandselements **104** (gemäß einer Spannung, die an das Widerstandselement **104** angelegt wird) aus und ist beispielsweise ein Operationsverstärker. Konkret gesagt, gibt die Spannungs-Strom-Wandlerschaltung **105** den Strom I_s aus, der proportional zu dem Potentialunterschied zwischen dem einen Anschluss und dem anderen Anschluss des Widerstandselements **104** (einem Potentialunterschied zwischen Potentialen, die dem nichtinvertierenden Eingangsanschluss und dem invertierenden Eingangsanschluss der Spannungs-Strom-Wandlerschaltung **105** zugeführt werden) ist. Da der Widerstandswert R des Widerstandselements **104** bekannt ist, ist der Potentialunterschied zwischen dem einen Anschluss und dem anderen Anschluss des Widerstandselements **104** proportional zu dem Ladestrom I_c . Also hängt der Strom I_s von dem Ladestrom I_c ab und man kann sagen, dass er Teil des Ladestroms I_c ist. Man kann sagen, dass die Spannungs-Strom-Wandlerschaltung **105** eine Schaltung ist, die den Strom I_s aus dem Ladestrom I_c erzeugt, von dem der Strom I_s einen Teil bildet.

[0053] Der nichtinvertierende Eingangsanschluss der Spannungs-Strom-Wandlerschaltung **105** ist elektrisch mit dem einen Anschluss des Widerstandselements **104** und dem Anschluss **108** verbunden. Der invertierende Eingangsanschluss der Spannungs-Strom-Wandlerschaltung **105** ist elektrisch mit dem anderen Anschluss des Widerstandselements **104** und der positiven Elektrode der Speicherbatterie **101** verbunden. Ein Ausgangsanschluss der Spannungs-Strom-Wandlerschaltung **105** ist elektrisch mit der Source oder dem Drain des Transistors **102** verbunden.

[0054] Als die Speicherbatterie **101** kann beispielsweise eine Lithium-Sekundärbatterie verwendet werden. Die Speicherbatterie **101** ist jedoch nicht darauf

beschränkt und kann eine andere Speicherbatterie sein.

[0055] In dem Fall, in dem eine Lithium-Sekundärbatterie, deren Ladekurve (eine Kurve, die durch Auftragen der Kapazität gegenüber der Ladespannung erhalten wird, oder eine Kurve, die durch Auftragen der Zeit gegenüber der Ladespannung erhalten wird) ein Plateau aufweist, als die Speicherbatterie **101** verwendet wird, führt auch eine Zunahme der Ladekapazität zu keiner Veränderung der Ladespannung im Bereich des Plateaus in einem Ladegerät, das die Ladespannung der Lithium-Sekundärbatterie bestimmt und ihr Laden steuert. Deswegen ist es schwierig, mit dem Ladegerät eine genaue Ladekapazität zu bestimmen.

[0056] Jedoch bestimmt die Ladeschaltung **100** nach dieser Ausführungsform die Menge an in der Speicherbatterie **101** gespeicherter elektrischer Ladung aufgrund des Produkts des Ladestroms I_c (praktisch des Stroms I_s , der Teil des Ladestroms I_c ist) mit der Ladezeit. Folglich kann dann, auch wenn eine Lithium-Sekundärbatterie, deren Ladekurve ein Plateau aufweist, als die Speicherbatterie **101** verwendet wird, eine genaue Menge gespeicherter elektrischer Ladung (Ladekapazität) bestimmt werden.

[0057] Die positive Elektrode der Speicherbatterie **101** ist elektrisch mit dem anderen Anschluss des Widerstandselements **104** und dem invertierenden Eingangsanschluss der Spannungs-Strom-Wandlerschaltung **105** verbunden. Eine negative Elektrode der Speicherbatterie **101** ist elektrisch mit dem anderen Anschluss des Kondensators **103** und dem Anschluss **109** verbunden.

[0058] Der Transistor **102** ist ein Schaltelement, das gemäß einem Potential CON, das von dem Anschluss CON her bereitgestellt wird, eingeschaltet oder ausgeschaltet wird. Das Potential CON (auch als Signal CON bezeichnet) ist ein Impulssignal und ist ein hohes Potential V_H oder ein niedriges Potential V_L , was nachstehend ausführlich beschrieben wird. Wenn sich der Transistor **102** im Einschaltzustand befindet (wenn das Potential CON das hohe Potential V_H ist), fließt der Strom I_s zwischen der Source und dem Drain, und elektrische Ladung wird in dem Kondensator **103** angesammelt.

[0059] Bei dieser Ausführungsform ist das hohe Potential V_H höher als das niedrige Potential V_L und ein niedriges Leistungsversorgungspotential V_{SS} und niedriger als oder gleich einem hohen Leistungsversorgungspotential V_{DD} . Zusätzlich ist das niedrige Potential V_L niedriger als das hohe Potential V_H , höher als oder gleich dem niedrigen Leistungsversorgungspotential V_{SS} und niedriger als das hohe Leistungsversorgungspotential V_{DD} . Außerdem kann das niedrige Leistungsversorgungspo-

tential VSS ein Erdpotential GND sein; es kann jedoch jedes Potential sein, das niedriger als das hohe Leistungsverorgungspotential VDD ist. Die vorstehenden Beziehungen können durch die folgende Formel dargestellt werden: das hohe Leistungsverorgungspotential $VDD \geq$ das hohe Potential $VH >$ das niedrige Potential $VL \geq$ das niedrige Leistungsverorgungspotential VSS (wobei zu beachten ist, dass das niedrige Leistungsverorgungspotential VSS das Erdpotential GND sein kann).

[0060] Ein Oxidhalbleiter wird vorzugsweise für einen Kanalbildungsbereich des Transistors **102** verwendet, was einen Vorteil verschafft, dass der Leckstrom (Aus-Strom, off-state current) im Ausschaltzustand sehr gering ist. In dieser Beschreibung wird ein Transistor, bei dem ein Oxidhalbleiter für einen Kanalbildungsbereich verwendet wird, als Oxidhalbleitertransistor bezeichnet. Die Verwendung eines Oxidhalbleitertransistors als der Transistor **102** kann verhindern, dass die in dem Kondensator **103** angesammelte elektrische Ladung durch die Source und den Drain des Transistors **102** abfließt, wenn sich der Transistor **102** im Ausschaltzustand befindet.

[0061] Wie oben beschrieben worden ist, wird bei dieser Ausführungsform als der Transistor **102**, der als Schaltelement dient, das gemäß dem von dem Anschluss CON her bereitgestellten Potential CON eingeschaltet oder ausgeschaltet wird, ein Oxidhalbleitertransistor mit einem weiter verringerten Aus-Strom verwendet. Jedoch kann ein anderes Schaltelement verwendet werden, sofern die in dem Kondensator **103** angesammelte elektrische Ladung nicht abfließt.

[0062] Das Gate des Transistors **102** ist elektrisch mit dem Anschluss CON verbunden. Die Source oder der Drain des Transistors **102** ist elektrisch mit dem Ausgangsanschluss der Spannungs-Strom-Wandlerschaltung **105** verbunden. Der andere von Source und Drain des Transistors **102** ist elektrisch mit einem Anschluss des Kondensators **103** und einem nichtinvertierenden Eingangsanschluss des Hysteresekomparators **107** verbunden.

[0063] Der Kondensator **103** ist ein Element, in dem die elektrische Ladung des Stroms I_s angesammelt wird, der zwischen der Source und dem Drain des Transistors **102** fließt. Mit der Ansammlung der elektrischen Ladung in dem Kondensator **103** steigt ein V_c des einen Anschlusses des Kondensators **103** an.

[0064] Der eine Anschluss des Kondensators **103** ist elektrisch mit dem anderen von Source und Drain des Transistors **102** und dem nichtinvertierenden Eingangsanschluss des Hysteresekomparators **107** verbunden. Der andere Anschluss des Kondensators **103** ist elektrisch mit der negativen Elektrode der

Speicherbatterie **101** und dem Anschluss **109** verbunden.

[0065] Der Hysteresekomparator **107** ist ein Komparator mit einer Hysterese zwischen einer Eingabe und einer Ausgabe. Das heißt, dass ein Potential, bei dem die Ausgabe sich ändert, wenn sich ein Unterschied zwischen einem dem nichtinvertierenden Eingangsanschluss zugeführten Potential und einem dem invertierenden Eingangsanschluss zugeführten Potential vergrößert, anders als ein Potential ist, bei dem die Ausgabe sich ändert, wenn sich ein Unterschied zwischen einem dem nichtinvertierenden Eingangsanschluss zugeführten Potential und einem dem invertierenden Eingangsanschluss zugeführten Potential verkleinert. Die Verwendung des Hysteresekomparators kann häufiges Umschalten eines Ausgangspotentials wegen eines Rauschens verhindern.

[0066] Bei dieser Ausführungsform wird der Hysteresekomparator verwendet, um häufiges Umschalten eines Ausgangspotentials wegen eines Rauschens zu verhindern; der Hysteresekomparator wird jedoch nicht notwendigerweise verwendet. Auch jeder andere Komparator kann statt des Hysteresekomparators verwendet werden, sofern ein Ausgangspotential gemäß einem Unterschied zwischen einem dem nichtinvertierenden Eingangsanschluss zugeführten Potential und einem dem invertierenden Eingangsanschluss zugeführten Potential geändert werden kann.

[0067] Ein Bezugspotential V_{ref} wird dem invertierenden Eingangsanschluss des Hysteresekomparators **107** zugeführt. Der nichtinvertierende Eingangsanschluss des Hysteresekomparators **107** ist elektrisch mit dem anderen von Source und Drain des Transistors **102** und dem einen Anschluss des Kondensators **103** verbunden. Da der nichtinvertierende Eingangsanschluss des Hysteresekomparators **107** und der eine Anschluss des Kondensators **103** elektrisch miteinander verbunden sind, wird das Potential V_c dem nichtinvertierenden Eingangsanschluss des Hysteresekomparators **107** zugeführt. Ein Ausgangsanschluss des Hysteresekomparators **107** ist mit dem Anschluss OUT verbunden.

[0068] Wenn das Bezugspotential V_{ref} , das dem invertierenden Eingangsanschluss des Hysteresekomparators **107** zugeführt wird, höher als das Potential V_c ist, das dem nichtinvertierenden Eingangsanschluss zugeführt wird, führt der Hysteresekomparator **107** dem Anschluss OUT das niedrige Potential VL von dem Ausgangsanschluss zu. Wenn das Potential V_c , das dem nichtinvertierenden Eingangsanschluss des Hysteresekomparators **107** zugeführt wird, höher als oder gleich dem Bezugspotential V_{ref} ist, das dem invertierenden Eingangsanschluss des Hysteresekomparators **107** zugeführt wird, führt der Hysteresekomparator **107** dem Anschluss OUT das hohe Potential VH von dem Ausgangsanschluss zu.

Wenn das Potential V_c das Bezugspotential V_{ref} erreicht, ändert sich das Potential des Anschlusses OUT (als Potential OUT bezeichnet) von dem niedrigen Potential VL zu dem hohen Potential VH.

[0069] Ein Potential, bei dem ein Laden der Speicherbatterie **101** abgeschlossen wird, wird als das Bezugspotential V_{ref} eingestellt, wodurch das Laden abgeschlossen werden kann, wenn das Potential V_c das Bezugspotential V_{ref} erreicht. Das heißt: das Ausgangspotential des Hysteresekomparators **107** (das dem Potential OUT gleich ist) ist ein Signal, das Abschluss eines Ladens der Speicherbatterie **101** anzeigt, und der Hysteresekomparator **107** ist eine Schaltung, die das Signal ausgibt, das Abschluss eines Ladens der Speicherbatterie **101** anzeigt.

[0070] Der Anschluss **109** ist ein Anschluss, an den beim Laden ein negatives Potential angelegt wird, und ist elektrisch mit der negativen Elektrode der Speicherbatterie **101** und dem anderen Anschluss des Kondensators **103** verbunden.

[0071] Auf die oben beschriebene Weise bestimmt die Ladeschaltung **100** nach dieser Ausführungsform auf der Basis des Ladestroms I_c , der als Analogsignal dient, die Menge an gespeicherter elektrischer Ladung in der Speicherbatterie **101**. Somit kann die Menge an gespeicherter elektrischer Ladung (Ladekapazität) in der Speicherbatterie bestimmt werden, ohne einen Analog-Digital-Umsetzer zu verwenden.

<Andere Struktur der Ladeschaltung>

[0072] In der Ladeschaltung **100** in **Fig. 1** ist die Strombestimmungsschaltung **111** auf der positiven Potentialseite bereitgestellt; die Strombestimmungsschaltung **111** kann jedoch auch auf der negativen Potentialseite bereitgestellt sein. **Fig. 3** zeigt ein Beispiel, in dem eine Strombestimmungsschaltung auf der negativen Potentialseite bereitgestellt ist. Es sei angemerkt, dass Teile in **Fig. 3**, die derjenigen in **Fig. 1** gleich sind, mit gleichen Bezugszeichen bezeichnet werden. In einer Ladeschaltung **120** in **Fig. 3** ist eine Strombestimmungsschaltung **113** auf der negativen Potentialseite bereitgestellt.

<Arbeitsweise der Ladeschaltung>

[0073] Die Details der Arbeitsweise der Ladeschaltung **100** werden nachstehend anhand von **Fig. 1** und **Fig. 2** beschrieben.

[0074] Als Vorbereitung werden beide Anschlüsse des Kondensators **103** auf das Erdpotential GND eingestellt, der Kondensator **103** wird entladen, und das Potential V_c wird auf das Erdpotential GND gesetzt.

[0075] Das Potential CON, das als Impulssignal dient, wird dem Gate des Transistors **102** von dem

Anschluss CON zugeführt. Das Potential CON ist das hohe Potential VH in einer Periode P_{2n-1} (n ist eine natürliche Zahl) und ist das niedrige Potential VL in einer Periode P_{2n} . Das hohe Potential VH und das niedrige Potential VL werden abwechselnd in einem regelmäßigen Abstand (die Periode P_{2n-1} + die Periode P_{2n}) zugeführt. Daher befindet sich der Transistor **102** im Einschaltzustand in der Periode P_{2n-1} und im Ausschaltzustand in der Periode P_{2n} , und wird wiederholt abwechselnd in einem regelmäßigen Abstand (die Periode P_{2n-1} + die Periode P_{2n}) eingeschaltet und ausgeschaltet.

[0076] Wenn der Transistor **102** in einer Periode P_1 eingeschaltet wird, fließt der Strom I_s , der Teil des Ladestroms I_c ist, zwischen der Source und dem Drain des Transistors **102**, und elektrische Ladung wird in dem Kondensator **103** angesammelt. Als Ergebnis steigt das Potential V_c , das das Potential des einen Anschlusses des Kondensators **103** ist, von dem Erdpotential GND auf ein Potential V_1 an.

[0077] Wenn der Transistor **102** in einer Periode P_2 ausgeschaltet wird, wird die in dem Kondensator **103** angesammelte elektrische Ladung gehalten, und das Potential V_c , das das Potential des einen Anschlusses des Kondensators **103** ist, wird auf dem Potential V_1 gehalten. Da ein Oxidhalbleitertransistor einen sehr geringen Aus-Strom aufweist, kann die Verwendung eines Oxidhalbleitertransistors als der Transistor **102** verhindern, dass die in dem Kondensator **103** angesammelte elektrische Ladung durch die Source und den Drain des Transistors **102** abfließt.

[0078] In einer Periode P_3 ist das Potential CON das hohe Potential VH wie in der Periode P_1 . Daher befindet sich der Transistor **102** im Einschaltzustand, der Strom I_s fließt zwischen der Source und dem Drain des Transistors **102**, und elektrische Ladung wird in dem Kondensator **103** angesammelt. Als Ergebnis steigt das Potential V_c , das das Potential des einen Anschlusses des Kondensators **103** ist, von dem Potential V_1 auf ein Potential V_2 an.

[0079] In einer Periode P_4 ist das Potential CON das niedrige Potential VL wie in der Periode P_2 . Daher befindet sich der Transistor **102** im Ausschaltzustand, die in dem Kondensator **103** angesammelte elektrische Ladung wird gehalten, und das Potential V_c , das das Potential des einen Anschlusses des Kondensators **103** ist, wird auf dem Potential V_2 gehalten.

[0080] Auf diese Weise werden die Periode P_{2n-1} und die Periode P_{2n} wiederholt, wodurch das Potential V_c ansteigt. Wenn das Potential V_c niedriger als das Bezugspotential V_{ref} ist, ist das Potential OUT, das gleich dem Ausgangspotential des Hysteresekomparators **107** ist, das niedrige Potential VL. Wenn das Potential V_c auf einen Wert höher als oder gleich dem Bezugspotential V_{ref} erhöht wird, ändert sich

das Potential OUT, das gleich dem Ausgangspotential des Hysteresekomparators **107** ist, von dem niedrigen Potential VL zu dem hohen Potential VH.

[0081] Das Bezugspotential V_{ref} wird auf ein Potential eingestellt, bei dem ein Laden der Speicherbatterie **101** in der oben beschriebenen Weise abgeschlossen wird. In diesem Fall wird das Laden zu einem Zeitpunkt T abgeschlossen, zu dem sich das Ausgangspotential OUT des Hysteresekomparators **107** von dem niedrigen Potential VL zu dem hohen Potential VH ändert.

<Struktur eines Ladegeräts>

[0082] Als nächstes wird die Struktur eines Ladegeräts, das die oben beschriebene Ladeschaltung beinhaltet, unten beschrieben.

[0083] Ein Ladegerät in **Fig. 4** beinhaltet die Ladeschaltung **100**, eine Leistungsversorgungssteuerschaltung **150**, eine Spannungsteilerschaltung **164**, eine Gleichstromquelle **161**, eine Steuerschaltung **170**, eine Zählerschaltung **181** und eine Oszillatorschaltung **182**. Obwohl die Ladeschaltung **100** in **Fig. 1** in dem Ladegerät in **Fig. 4** verwendet wird, kann jedoch auch die Ladeschaltung **120** in **Fig. 3** statt der Ladeschaltung **100** verwendet werden.

[0084] Die Leistungsversorgungssteuerschaltung **150** beinhaltet einen Kondensator **151**, ein Widerstandselement **152**, eine Spule **153**, eine Diode **154** und einen Transistor **155** und ist eine Stromsteuerschaltung, die einen Abwärts-Gleichspannungswandler (step-down DC-DC converter) benutzt.

[0085] Ein Anschluss des Kondensators **151** ist elektrisch mit einem Anschluss des Widerstandselements **152**, einem Anschluss eines Widerstandselements **162**, einem Anschluss SENSE2 der Steuerschaltung **170** und dem Anschluss **108** der Ladeschaltung **100** verbunden. Der andere Anschluss des Kondensators **151** ist geerdet.

[0086] Der eine Anschluss des Widerstandselements **152** ist elektrisch mit dem einen Anschluss des Kondensators **151**, dem einen Anschluss des Widerstandselements **162**, dem Anschluss SENSE2 der Steuerschaltung **170** und dem Anschluss **108** der Ladeschaltung **100** verbunden. Der andere Anschluss des Widerstandselements **152** ist elektrisch mit einem Anschluss der Spule **153** und einem Anschluss SENSE1 der Steuerschaltung **170** verbunden. Ein Potentialunterschied zwischen den Anschlüssen des Widerstandselements **152** mit einem bekannten Widerstandswert ist gleich einem Potentialunterschied zwischen dem Anschluss SENSE1 und dem Anschluss SENSE2 der Steuerschaltung **170**. Daher kann die Größe eines Stroms gemessen werden, der durch das Widerstandselement **152** fließt.

[0087] Der eine Anschluss der Spule **153** ist elektrisch mit dem anderen Anschluss des Widerstandselements **152** und dem Anschluss SENSE1 der Steuerschaltung **170** verbunden. Der andere Anschluss der Spule **153** ist elektrisch mit einer Kathode der Diode **154** und einer Source oder einem Drain des Transistors **155** verbunden.

[0088] Eine Anode der Diode **154** ist geerdet. Die Kathode der Diode **154** ist elektrisch mit dem anderen Anschluss der Spule **153** und der Source oder dem Drain des Transistors **155** verbunden.

[0089] Der Transistor **155** ist ein N-Kanal-Transistor, dessen Gate elektrisch mit einem Anschluss GS der Steuerschaltung **170** verbunden ist. Ein Pulsweitenmodulations-(PWM-)Signal wird von der Steuerschaltung **170** in das Gate des Transistors **155** eingegeben, wodurch die Größe eines zu dem Widerstandselement **152** fließenden Stroms gesteuert werden kann. Das Steuern der Größe eines zu dem Widerstandselement **152** fließenden Stroms bedeutet das Steuern der Größe des Ladestroms I_c für die Speicherbatterie **101**.

[0090] Die Source oder der Drain des Transistors **155** ist elektrisch mit der Kathode der Diode **154** und dem anderen Anschluss der Spule **153** verbunden. Der andere von Source und Drain des Transistors **155** ist elektrisch mit der Gleichstromquelle **161** verbunden.

[0091] Die Gleichstromquelle **161** führt eine Leistung zum Laden der Speicherbatterie **101** zu. In **Fig. 4** wird zwar die Gleichstromquelle **161** als Leistungsversorgungsquelle zum Laden der Speicherbatterie **101** verwendet, aber sie wird nicht notwendigerweise verwendet. Statt der Gleichstromquelle **161** können auch eine Wechselstromquelle (z. B. eine Netzstromversorgung) und ein Wechselstrom-Gleichstrom-Wandler (AC-DC inverter, auch als AC/DC-Wandler oder AC/DC-Wechselrichter bezeichnet) zum Umwandeln eines Wechselstroms einer Wechselstromquelle in einen Gleichstrom verwendet werden.

[0092] Der eine Anschluss des Widerstandselements **162** in der Spannungsteilerschaltung **164** ist elektrisch mit dem einen Anschluss des Kondensators **151**, dem einen Anschluss des Widerstandselements **152**, dem Anschluss SENSE2 der Steuerschaltung **170** und dem Anschluss **108** der Ladeschaltung **100** verbunden. Der andere Anschluss des Widerstandselements **162** ist elektrisch mit einem Anschluss eines Widerstandselements **163** und einem Anschluss FB der Steuerschaltung **170** verbunden.

[0093] Der eine Anschluss des Widerstandselements **163** ist elektrisch mit dem anderen Anschluss des Widerstandselements **162** und dem Anschluss

FB der Steuerschaltung **170** verbunden. Der andere Anschluss des Widerstandselements **163** ist geerdet.

[0094] Die Spannungsteilerschaltung **164** kann mittels des Widerstandselements **162** und des Widerstandselements **163**, die jeweils einen bekannten Widerstandswert aufweisen, die Höhe eines Potentials bestimmen, das an den einen Anschluss des Widerstandselements **162** angelegt wird, d. h. die Höhe eines Potentials, das dem Anschluss **108** der Ladeschaltung **100** zugeführt wird. Konkret gesagt: ein Potential, das an den anderen Anschluss des Widerstandselements **162** und den einen Anschluss des Widerstandselements **163** angelegt wird, d. h. eine Spannung, die durch Teilung des Potentials, das an den einen Anschluss des Widerstandselements **162** angelegt wird, erhalten wird, wird der Steuerschaltung **170** über den Anschluss FB zugeführt. Wie oben beschrieben worden ist, weisen das Widerstandselement **162** und das Widerstandselement **163** jeweils einen bekannten Widerstandswert auf. Somit kann aufgrund eines dem Anschluss FB zugeführten Potentials die Höhe eines Potentials, das an den einen Anschluss des Widerstandselements **162** angelegt wird (die Höhe eines Potentials, das dem Anschluss **108** der Ladeschaltung **100** zugeführt wird), bestimmt werden.

[0095] Die Zählerschaltung **181** ist eine Schaltung, die das Potential CON erzeugt, das in das Gate des Transistors **102** in der Ladeschaltung **100** eingegeben wird und als Impulssignal dient. Ein Anschluss der Zählerschaltung **181** ist elektrisch mit dem Gate des Transistors **102** über den Anschluss CON verbunden. Der andere Anschluss der Zählerschaltung **181** ist elektrisch mit der Oszillatorschaltung **182** verbunden.

[0096] Die Oszillatorschaltung **182** ist eine Schaltung, die ein Bezugsimpulssignal sendet, das verwendet wird, wenn die Zählerschaltung **181** das Potential als Impulssignal erzeugt. Die Oszillatorschaltung **182** elektrisch mit dem anderen Anschluss der Zählerschaltung **181** verbunden.

[0097] Die Steuerschaltung **170** misst durch Bestimmen der Potentiale des Anschlusses SENSE1 und des Anschlusses SENSE2 die Größe eines Stroms, der zwischen dem Anschluss SENSE1 und dem Anschluss SENSE2 fließt, d. h. die Größe eines Stroms, der durch das Widerstandselement **152** fließt. Die Steuerschaltung **170** erzeugt ein Pulsweitenmodulationssignal und gibt das Pulsweitenmodulationssignal aus dem Anschluss GS in das Gate des Transistors **155** ein, um die Größe eines zu dem Widerstandselement **152** fließenden Stroms, d. h. die Größe des Ladestroms I_c für die Speicherbatterie **101**, zu steuern.

[0098] Aufgrund eines Potentials, das dem Anschluss FB zugeführt wird, steuert die Steuerschal-

tung **170** ein Pulsweitenmodulationssignal, das in das Gate des Transistors **155** eingegeben wird. Wie oben beschrieben worden ist, bedeutet das Steuern eines Pulsweitenmodulationssignals das Steuern der Größe eines Stroms, der zu dem Widerstandselement **152** fließt, und bedeutet auch das Steuern der Größe des Ladestroms I_c für die Speicherbatterie **101**.

[0099] Das Ausgangspotential des Hysteresekomparators **107** wird einem Anschluss EN der Steuerschaltung **170** über den Anschluss OUT der Ladeschaltung **100** zugeführt. Wenn sich das Potential OUT, das das Ausgangspotential des Hysteresekomparators **107** ist, von dem niedrigen Potential VL zu dem hohen Potential VH ändert, wird die Eingabe eines Pulsweitenmodulationssignals aus dem Anschluss GS in das Gate des Transistors **155** angehalten. Auf diese Weise wird die Zuführung des Ladestroms zu der Speicherbatterie **101** beendet, so dass das der Speicherbatterie **101** abgeschlossen werden kann.

<Andere Struktur 1 Ladegeräts>

[0100] Fig. 5 zeigt ein Beispiel für ein Ladegerät mit einer Struktur, die anders als diejenige in Fig. 4 ist. In dem Ladegerät in Fig. 5 beinhaltet eine Steuerschaltung **180** die Zählerschaltung **181** und die Oszillatorschaltung **182**. Ein Anschluss CON_O der Steuerschaltung **180** ist elektrisch mit dem Gate des Transistors **102** über den Anschluss CON der Ladeschaltung **100** verbunden, und das Potential CON, das als Impulssignal dient, wird dem Gate des Transistors **102** von dem Anschluss CON_O der Steuerschaltung **180** zugeführt.

<Andere Struktur 2 des Ladegeräts>

[0101] Fig. 6 zeigt ein Beispiel für ein Ladegerät mit einer Struktur, die anders als diejenigen in Fig. 4 und Fig. 5 ist. In dem Ladegerät in Fig. 6 beinhaltet ein Mikrocomputer **185** die Zählerschaltung **181** und die Oszillatorschaltung **182**. Der Anschluss CON_O des Mikrocomputers **185** ist elektrisch mit dem Gate des Transistors **102** über den Anschluss CON der Ladeschaltung **100** verbunden, und das Potential CON, das als Impulssignal dient, wird dem Gate des Transistors **102** von dem Anschluss CON_O des Mikrocomputers **185** zugeführt.

[0102] Es sei angemerkt, dass ein Oxidhalbleiters transistor, der bei der Ausführungsform 3 beschrieben wird, als ein Transistor, der in dem Mikrocomputer **185** enthalten ist, verwendet werden kann.

<Andere Struktur 3 des Ladegeräts>

[0103] Fig. 7 zeigt ein Beispiel für ein Ladegerät mit einer Struktur, die anders als diejenigen in Fig. 4 bis Fig. 6 ist. In dem Ladegerät in Fig. 7 beinhaltet ein Mi-

komputer **190** die Steuerschaltung **170**, die Zählerschaltung **181** und die Oszillatorschaltung **182**. Der Mikrocomputer **190** ist mit dem Anschluss GS, dem Anschluss SENSE1, dem Anschluss SENSE2, dem Anschluss FB und dem Anschluss EN der Steuerschaltung **170** und mit dem Anschluss CON_O der Zählerschaltung **181** versehen.

[0104] Es sei angemerkt, dass ein Oxidhalbleiters transistor, der bei der Ausführungsform 3 beschrieben wird, als ein Transistor, der in dem Mikrocomputer **190** enthalten ist, verwendet werden kann.

[0105] Nach dieser Ausführungsform kann ein Ladegerät ohne Analog-Digital-Umsetzer (analog-digital converter) hergestellt werden.

[0106] Außerdem kann bei dieser Ausführungsform ein Ladegerät hergestellt werden, das keinen Analog-Digital-Umsetzer beinhaltet und also niedrigen Leistungsverbrauch aufweist.

(Ausführungsform 2)

[0107] Bei dieser Ausführungsform wird eine Lithium-Sekundärbatterie als Beispiel für die Speicherbatterie **101** beschrieben, die bei der Ausführungsform 1 beschrieben worden ist.

[0108] Fig. 8A ist eine Querschnittsansicht einer Speicherbatterie. Eine Speicherbatterie **300** in Fig. 8A beinhaltet eine positive Elektrode **311**, eine negative Elektrode **312** und eine Elektrolytlösung **308**. Die positive Elektrode **311** beinhaltet einen Positivelektrodenstromkollektor **301** und eine Positivelektrodenaktivmaterialschicht **302**. Die negative Elektrode **312** beinhaltet einen Negativelektrodenstromkollektor **305** und eine Negativelektrodenaktivmaterialschicht **304**. Die Elektrolytlösung **308** ist ein wässriger Elektrolyt, der zwischen der positiven Elektrode **311** und der negativen Elektrode **312** liegt.

[0109] Die positive Elektrode **311** wird wie folgt ausgebildet: die Positivelektrodenaktivmaterialschicht **302** wird über dem Positivelektrodenstromkollektor **301** durch ein CVD-Verfahren (CVD method), ein Sputterverfahren (sputtering method) oder ein Beschichtungsverfahren ausgebildet.

[0110] Der Positivelektrodenstromkollektor **301** kann unter Verwendung eines hochleitfähigen Materials ausgebildet werden, das nicht einem Ladungsträgerion von Lithium oder dergleichen legiert wird, und Beispiele dafür sind ein Metall wie z. B. Edelstahl, Gold, Platin, Zink, Eisen, Kupfer, Aluminium oder Titan und eine Legierung davon. Alternativ kann eine Aluminiumlegierung verwendet werden, der ein Element zur Verbesserung der Wärmebeständigkeit, wie z. B. Silizium, Titan, Neodym, Scandium oder Molybdän, zugesetzt ist. Alternativ kann ein Metallele-

ment verwendet werden, das durch Reagieren mit Silizium Silizid bildet. Beispiele für das Metallelement, das durch Reagieren mit Silizium Silizid bildet, umfassen Zirkonium, Titan, Hafnium, Vanadium, Niob, Tantal, Chrom, Molybdän, Wolfram, Kobalt, Nickel und dergleichen. Der Positivelektrodenstromkollektor **301** kann nach Bedarf die Form einer Folie, die Form einer Platte (die Form eines Blattes), die Form eines Netzes, die Form von gestanztem Metall, die Form von gedehntem Metall oder dergleichen haben.

[0111] Als Positivelektrodenaktivmaterial in der Positivelektrodenaktivmaterialschicht **302** kann ein Material verwendet werden, in das und aus dem Ladungsträgerionen wie z. B. Lithiumionen injiziert und extrahiert werden können. Beispielsweise können verschiedene Verbindungen wie z. B. LiFeO_2 , LiCoO_2 , LiNiO_2 , LiMn_2O_4 , V_2O_5 , Cr_2O_5 und MnO_2 verwendet werden. Die Positivelektrodenaktivmaterialschicht **302** kann durch ein Beschichtungsverfahren wie folgt ausgebildet werden: ein leitender Zusatz oder ein Bindemittel wird dem Positivelektrodenaktivmaterial zugesetzt, um eine Positivelektrodenpaste zu bilden, und die Positivelektrodenpaste wird auf den Positivelektrodenstromkollektor **301** aufgetragen und getrocknet.

[0112] Beispiele für ein Lithiumoxid mit einer geschichteten Steinsalz-Kristallstruktur, das als Positivelektrodenaktivmaterial verwendet wird, sind Lithiumkobaltoxid (LiCoO_2), LiNiO_2 , LiMnO_2 , Li_2MnO_3 , ein Ni-Co-Oxid (allgemeine Formel: $\text{LiNi}_x\text{Co}_{1-x}\text{O}_2$ ($0 < x < 1$)) wie z. B. $\text{LiNi}_{0,8}\text{Co}_{0,2}\text{O}_2$, ein NiMn-Oxid (allgemeine Formel: $\text{LiNi}_x\text{Mn}_{1-x}\text{O}_2$ ($0 < x < 1$)) wie z. B. $\text{LiNi}_{0,5}\text{Mn}_{0,5}\text{O}_2$, und ein NiMnCo-Oxid (auch als NMC bezeichnet) (allgemeine Formel: $\text{LiNi}_x\text{Mn}_y\text{Co}_{1-x-y}\text{O}_2$ ($x > 0$, $y > 0$ und $x + y < 1$)) wie z. B. $\text{LiNi}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{O}_2$, $\text{Li}(\text{Ni}_{0,8}\text{Co}_{0,15}\text{Al}_{0,05})\text{O}_2$ und $\text{Li}_2\text{MnO}_3\text{-LiMO}_2$ ($\text{M} = \text{Co}$, Ni oder Mn).

[0113] LiCoO_2 ist besonders bevorzugt, weil es Vorteile hat, so beispielsweise hohe Kapazität, höhere Stabilität in der Luft als LiNiO_2 und höhere thermische Stabilität als LiNiO_2 .

[0114] Beispiele für ein Lithiumoxid mit einer Spinnellkristallstruktur sind LiMn_2O_4 , $\text{Li}_{1+x}\text{Mn}_{2-x}\text{O}_4$, $\text{Li}(\text{MnAl})_2\text{O}_4$ und $\text{LiMn}_{1,5}\text{Ni}_{0,5}\text{O}_4$.

[0115] Eine kleine Menge von Lithiumnickeloxid (LiNiO_2 oder $\text{LiNi}_{1-x}\text{MO}_2$ ($\text{M} = \text{Co}$, Al oder dergleichen)) wird vorzugsweise einem Lithiumoxid mit einer Spinnellkristallstruktur, das Mangan enthält, wie z. B. LiMn_2O_4 , zugesetzt, in welchem Fall ein Vorteil erhalten werden kann, dass die Auswaschung (elution) von Mangan unterdrückt wird.

[0116] Alternativ kann als Positivelektrodenaktivmaterial ein Lithiumoxid vom Olivin-Typ (allgemeine Formel: LiMPO_4 (M ist eines oder mehrere von Fe(II)),

Mn(II), Co(II) und Ni(II))) verwendet werden. Typische Beispiele für LiMPO_4 (allgemeine Formel), welches als Material verwendet werden kann, sind Lithiumverbindungen wie z. B. LiFePO_4 , LiNiPO_4 , LiCoPO_4 , LiMnPO_4 , $\text{LiFe}_a\text{Ni}_b\text{PO}_4$, $\text{LiFe}_a\text{Co}_b\text{PO}_4$, $\text{LiFe}_a\text{Mn}_b\text{PO}_4$, $\text{LiNi}_a\text{Co}_b\text{PO}_4$, $\text{LiNi}_a\text{Mn}_b\text{PO}_4$ ($a + b \leq 1$, $0 < a < 1$ und $0 < b < 1$), $\text{LiFe}_c\text{Ni}_d\text{Co}_e\text{PO}_4$, $\text{LiFe}_c\text{Ni}_d\text{Mn}_e\text{PO}_4$, $\text{LiNi}_c\text{Co}_d\text{Mn}_e\text{PO}_4$ ($c + d + e \leq 1$, $0 < c < 1$, $0 < d < 1$ und $0 < e < 1$) und $\text{LiFe}_f\text{Ni}_g\text{Co}_h\text{Mn}_i\text{PO}_4$ ($f + g + h + i \leq 1$, $0 < f < 1$, $0 < g < 1$, $0 < h < 1$ und $0 < i < 1$).

[0117] Eine Ladekurve einer Lithium-Sekundärbatterie, die als Positivelektrodenaktivmaterial beispielsweise Lithiumeisenphosphat (LiFePO_4) enthält, weist ein Plateau auf. Auch das Ladegerät nach einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, das als die Speicherbatterie **101** bei der Ausführungsform 1 eine Lithium-Sekundärbatterie beinhaltet, die Lithiumeisenphosphat (LiFePO_4) als Positivelektrodenaktivmaterial enthält, bestimmt die Menge an gespeicherter elektrischer Ladung in der Speicherbatterie **101** aufgrund des Produkts des Ladestroms I_c mit der Ladezeit. Folglich kann eine genaue Menge an gespeicherter elektrischer Ladung (Ladekapazität) bestimmt werden.

[0118] Außerdem ist LiFePO_4 bevorzugt, weil es Bedingungen gut erfüllt, die für ein Positivelektrodenaktivmaterial erforderlich sind, so beispielsweise Sicherheit, Stabilität, hohe Kapazitätsdichte, hohes Potential und das Vorhandensein von Lithiumionen, die bei einer ersten Oxidation (einem ersten Laden) herausgelöst (extracted) werden können.

[0119] Alternativ kann als Positivelektrodenaktivmaterial ein Lithiumoxid wie z. B. $\text{Li}_{(2-j)}\text{MSiO}_4$ (allgemeine Formel) (M ist eines oder mehrere von Fe (II), Mn(II), Co(II) und Ni(II); $0 \leq j \leq 2$) verwendet werden. Typische Beispiele für $\text{Li}_{(2-j)}\text{MSiO}_4$ (allgemeine Formel) sind Lithiumverbindungen wie z. B. $\text{Li}_{(2-j)}\text{FeSiO}_4$, $\text{Li}_{(2-j)}\text{NiSiO}_4$, $\text{Li}_{(2-j)}\text{CoSiO}_4$, $\text{Li}_{(2-j)}\text{MnSiO}_4$, $\text{Li}_{(2-j)}\text{Fe}_k\text{Ni}_l\text{SiO}_4$, $\text{Li}_{(2-j)}\text{Fe}_k\text{Co}_l\text{SiO}_4$, $\text{Li}_{(2-j)}\text{Fe}_k\text{Mn}_l\text{SiO}_4$, $\text{Li}_{(2-j)}\text{Ni}_k\text{Co}_l\text{SiO}_4$, $\text{Li}_{(2-j)}\text{Ni}_k\text{Mn}_l\text{SiO}_4$ ($k + l \leq 1$, $0 < k < 1$ und $0 < l < 1$), $\text{Li}_{(2-j)}\text{Fe}_m\text{Ni}_n\text{Co}_q\text{SiO}_4$, $\text{Li}_{(2-j)}\text{Fe}_m\text{Ni}_n\text{Mn}_q\text{SiO}_4$, $\text{Li}_{(2-j)}\text{Ni}_m\text{Co}_n\text{Mn}_q\text{SiO}_4$ ($m + n + q \leq 1$, $0 < m < 1$, $0 < n < 1$ und $0 < q < 1$) und $\text{Li}_{(2-j)}\text{Fe}_r\text{Ni}_s\text{Co}_t\text{Mn}_u\text{SiO}_4$ ($r + s + t + u \leq 1$, $0 < r < 1$, $0 < s < 1$, $0 < t < 1$ und $0 < u < 1$).

[0120] Alternativ kann eine Verbindung vom Natrium-superionischen Leiter-(sodium superionic conductor; Nasicon-)Typ, die durch $\text{A}_x\text{M}_2(\text{XO}_4)_3$ (allgemeine Formel) ($A = \text{Li, Na oder Mg}$, $M = \text{Fe, Mn, Ti, V, Nb oder Al}$, $X = \text{S, P, Mo, W, As oder Si}$) dargestellt ist, als Positivelektrodenaktivmaterial verwendet werden. Beispiele für die Verbindung vom Nasicon-Typ sind $\text{Fe}_2(\text{MnO}_4)_3$, $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ und $\text{Li}_3\text{Fe}_2(\text{PO}_4)_3$. Alternativ kann eine Verbindung, die durch $\text{Li}_2\text{MPO}_4\text{F}$, $\text{Li}_2\text{MP}_2\text{O}_7$ oder Li_5MO_4 (allgemeine Formel) ($M = \text{Fe oder Mn}$) dargestellt ist, ein Perowskit-Fluorid (pe-

rovskite fluoride) wie z. B. NaF_3 oder FeF_3 , ein Metallchalkogenid (ein Sulfid, ein Selenid oder ein Tellurid) z. B. TiS_2 oder MoS_2 , ein Lithiumoxid mit einer umgekehrten Spinellkristallstruktur (inverse spinel crystal structure), wie z. B. LiMVO_4 , ein Vanadiumoxid (V_2O_5 , V_6O_{13} , LiV_3O_8 oder dergleichen), ein Manganoxid, ein organischer Schwefel oder dergleichen als Positivelektrodenaktivmaterial verwendet werden,

[0121] In dem Fall, in dem Ladungsträgerionen Alkalimetallionen außer Lithiumionen, Erdalkalimetallionen, Berylliumionen oder Magnesiumionen sind, kann für ein Positivelektrodenaktivmaterial ein Oxid verwendet werden, bei dem Lithium in der Lithiumverbindung oder dem Lithiumoxid durch ein Alkalimetall (z. B. Natrium oder Kalium), ein Erdalkalimetall (z. B. Kalzium, Strontium oder Barium), Beryllium oder Magnesium ersetzt wird.

[0122] Es sei angemerkt, dass das Aktivmaterial ein Material bezeichnet, das Injektion und Extraktion von Ionen betrifft, die als Ladungsträger dienen. Wenn eine Elektrode (eine positive Elektrode, eine negative Elektrode oder beide davon) ausgebildet wird, wird eine Aktivmaterialschicht, in der ein Aktivmaterial mit einem leitenden Zusatz, einem Bindemittel, einer Lösungsmittel und dergleichen gemischt ist, über einem Stromkollektor ausgebildet. Folglich unterscheiden sich das Aktivmaterial und die Aktivmaterialschicht voneinander. Dementsprechend unterscheiden sich ein Positivelektrodenaktivmaterial und die Positivelektrodenaktivmaterialschicht **302** voneinander, und ein Negativelektrodenaktivmaterial, das später beschrieben wird, und die Negativelektrodenaktivmaterialschicht **304** unterscheiden sich voneinander.

[0123] Die Positivelektrodenaktivmaterialschicht **302** kann ferner einen bekannten leitenden Zusatz und/oder ein bekanntes Bindemittel (auch als Binder bezeichnet) enthalten. Die Verwendung von Graphen als leitender Zusatz ist besonders effektiv, weil ein Elektronenleitungs-Netzwerk (electron conduction network) mit hoher Elektronenleitfähigkeit gebildet werden kann.

[0124] Graphen ist ein Kohlenstoffmaterial mit einer Kristallstruktur, bei der sich hexagonale Gerüste von Kohlenstoff ebenflächig ausbreiten, und ist eine Atomlage, die aus einem Graphitkristall extrahiert ist.

[0125] Graphen in dieser Beschreibung bezeichnet einlagiges Graphen oder mehrlagiges Graphen, das zwei oder mehr und hundert oder weniger Lagen aufweist. Einlagiges Graphen bezeichnet eine einzelne Atomlage aus Kohlenstoffmolekülen mit π -Bindungen. Graphenoxid bezeichnet eine Verbindung, die durch Oxidation solchen Graphens gebildet wird. Wenn Graphen durch Reduktion von Graphenoxid gebildet wird, wird Sauerstoff in dem Graphenoxid

nicht völlig freigesetzt und ein Teil von Sauerstoff verbleibt in dem Graphen. Wenn das Graphen Sauerstoff enthält, ist der Anteil am Sauerstoff höher als oder gleich 2 Atomprozent und niedriger als oder gleich 20 Atomprozent, bevorzugt höher als oder gleich 3 Atomprozent und niedriger als oder gleich 15 Atomprozent.

[0126] In dem Fall, in dem Graphen mehrlagiges Graphen ist, das durch Reduktion von Graphenoxid erhaltenes Graphen enthält, beträgt der Zwischenschichtabstand zwischen Graphenschichten größer als oder gleich 0,34 nm und kleiner als oder gleich 0,5 nm, bevorzugt größer als oder gleich 0,38 nm und kleiner als oder gleich 0,42 nm, stärker bevorzugt größer als oder gleich 0,39 nm und kleiner als oder gleich 0,41 nm. In allgemeinem Graphit ist der Zwischenschichtabstand zwischen einlagigen Graphenschichten 0,34 nm. Da der Zwischenschichtabstand zwischen den Graphenschichten, die für das Energiespeichergerät nach einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet werden, größer als derjenige in allgemeinem Graphit ist, können sich Ladungsträgerionen einfach zwischen den Graphenschichten in mehrlagigem Graphen fortbewegen.

[0127] In der positiven Elektrode **311** nach dieser Ausführungsform überlappen Graphenschichten einander in der Positivelektrodenaktivmaterialschicht **302** und sind derart fein verteilt, dass sie in Kontakt mit einer Vielzahl von Partikeln des Positivelektrodenaktivmaterials stehen. Mit anderen Worten: ein Netzwerk zur Elektronenleitung wird von den Graphenschichten der Positivelektrodenaktivmaterialschicht **302** gebildet. Damit werden Bindungen zwischen der Vielzahl von Partikeln des Positivelektrodenaktivmaterials aufrechterhalten, was ermöglicht, dass die Positivelektrodenaktivmaterialschicht **302** hohe Elektronenleitfähigkeit aufweist.

[0128] Als Bindemittel (Binder), das in der Positivelektrodenaktivmaterialschicht **302** enthalten ist, kann Polyvinylidenfluorid (PVDF), das typisch ist, Polyimid, Polytetrafluorethylen, Polyvinylchlorid, Ethylen-Propylen-Dien-Polymer, Styren-Butadien-Kautschuk, Acrylonitril-Butadien-Kautschuk, Fluorkautschuk, Polyvinylacetat, Polymethylmethacrylat, Polyethylen, Nitrozellulose oder dergleichen verwendet werden.

[0129] Die negative Elektrode **312** wird wie folgt ausgebildet: die Negativelektrodenaktivmaterialschicht **304** wird über dem Negativelektrodenstromkollektor **305** durch ein CVD-Verfahren, ein Sputterverfahren oder ein Beschichtungsverfahren ausgebildet.

[0130] Für den Negativelektrodenstromkollektor **305** kann ein hochleitfähiges Material verwendet werden, so beispielsweise ein Metall wie z. B. Aluminium, Kupfer, Nickel oder Titan, eine Aluminium-Nickel-Le-

gierung oder eine Aluminium-Kupfer-Legierung. Der Negativelektrodenstromkollektor **305** kann nach Bedarf die Form einer Folie, die Form einer Platte (die Form eines Blattes), die Form eines Netzes, die Form von gestanztem Metall, die Form von gedehntem Metall oder dergleichen haben.

[0131] Es gibt keine besondere Beschränkung für ein Material als ein Negativelektrodenaktivmaterial, das in der Negativelektrodenaktivmaterialschicht **304** enthalten ist, sofern es ein Material ist, in/aus dem Metall aufgelöst/ausgelöst werden kann, oder ein Material ist, in das/von dem Metallionen injiziert/extrahiert werden können. Als Negativelektrodenaktivmaterial kann beispielsweise ein Lithiummetall, ein auf Kohlenstoff basierendes Material, Silizium, eine Siliziumlegierung oder Zinn verwendet werden.

[0132] Die Negativelektrodenaktivmaterialschicht **304** kann durch ein Beschichtungsverfahren wie folgt ausgebildet werden: ein leitender Zusatz oder ein Bindemittel wird einem Negativelektrodenaktivmaterial zugesetzt, um eine Negativelektrodenpaste zu bilden, und die Negativelektrodenpaste wird auf den Negativelektrodenstromkollektor **305** aufgestrichen und getrocknet. Die Verwendung von Graphen als leitender Zusatz ist besonders effektiv, weil ein Elektronenleitungs-Netzwerk (electron conduction network) mit hoher Elektronenleitfähigkeit wie oben beschrieben gebildet werden kann.

[0133] In dem Fall, in dem die Negativelektrodenaktivmaterialschicht **304** unter Verwendung von Silizium als Negativelektrodenaktivmaterial ausgebildet wird, wird Graphen vorzugsweise über einer Oberfläche der Negativelektrodenaktivmaterialschicht **304** gebildet. Das Volumen von Silizium verändert sich erheblich entsprechend einer Aufnahme/einer Freisetzung von Ladungsträgerionen bei Lade-/Entladezyklen, und dadurch wird die Haftung zwischen dem Negativelektrodenstromkollektor **305** und der Negativelektrodenaktivmaterialschicht **304** verkleinert, was zu einer Verschlechterung der Batterieeigenschaften wegen Ladens und Entladens führt. Im Hinblick darauf wird Graphen vorzugsweise über der Oberfläche der Silizium enthaltenden Negativelektrodenaktivmaterialschicht **304** gebildet, in welchem Fall, auch wenn sich das Volumen von Silizium bei Lade-/Entladezyklen verändert, das über der Oberfläche der Negativelektrodenaktivmaterialschicht **304** gebildete Graphen eine Verkleinerung der Haftung zwischen dem Negativelektrodenstromkollektor **305** und der Negativelektrodenaktivmaterialschicht **304** minimiert. Als Ergebnis kann die Verschlechterung der Batterieeigenschaften verringert werden, was bevorzugt ist.

[0134] In dem Fall, in dem Silizium für ein Negativelektrodenaktivmaterial verwendet wird, kann amorphes Silizium, mikrokristallines Silizium, polykristalli-

nes Silizium oder eine Kombination davon verwendet werden. Im Allgemeinen weist Silizium mit höherer Kristallinität höhere elektrische Leitfähigkeit auf. Daher kann es für eine Elektrode mit hoher Leitfähigkeit in einem Energiespeichergerät verwendet werden. Währenddessen kann amorphes Silizium mehr Ladungsträgerionen wie z. B. Lithiumionen als kristallines Silizium aufnehmen. Daher kann die Entladekapazität erhöht werden.

[0135] Als Negativelektrodenaktivmaterial kann ein Metall verwendet werden, das mit/von Ladungsträgerionen legiert/befreit wird, um eine Lade-/Entlade-reaktion zu verursachen. Als das Metall kann beispielsweise Mg, Ca, Al, Si, Ge, Sn, Pb, As, Sb, Bi, Ag, Au, Zn, Cd oder Hg verwendet werden. Solche Metalle weisen höhere Kapazität als Graphit auf. Im Besonderen weist Silizium (Si) eine sehr hohe theoretische Kapazität von 4200 mAh/g auf. Deshalb wird Silizium vorzugsweise als Negativelektrodenaktivmaterial verwendet. Beispiele für das Legierungsmaterial unter Verwendung solcher Elemente umfassen SiO , Mg_2Si , Mg_2Ge , SnO , SnO_2 , Mg_2Sn , SnS_2 , V_2Sn_3 , FeSn_2 , CoSn_2 , Ni_3Sn_2 , Cu_6Sn_5 , Ag_3Sn , Ag_3Sb , Ni_2MnSb , CeSb_3 , LaSn_3 , $\text{La}_3\text{Co}_2\text{Sn}_7$, CoSb_3 , InSb , SbSn und dergleichen.

[0136] Alternativ kann als Negativelektrodenaktivmaterial ein Oxid wie z. B. Titandioxid (TiO_2), Lithiumtitanat ($\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$), Lithium-Graphit-Einbettungsverbindung (lithium-graphite intercalation compound) (Li_xC_6), Niobpentoxid (Nb_2O_5), Wolframoxid (WO_2) oder Molybdänoxid (MoO_2) verwendet werden.

[0137] Alternativ kann als Negativelektrodenaktivmaterial $\text{Li}_{3-x}\text{M}_x\text{N}$ ($\text{M} = \text{Co}$, Ni oder Cu) mit einer Li_3N -Struktur verwendet werden, welches ein Nitrid ist, das Lithium und ein Übergangsmetall enthält. Zum Beispiel ist $\text{Li}_{2,6}\text{Co}_{0,4}\text{N}_3$ infolge seiner hohen Lade-/Entladekapazität (900 mAh/g) bevorzugt.

[0138] Ein Nitrid, das Lithium und ein Übergangsmetall enthält, wird vorzugsweise verwendet, in welchem Fall Lithiumionen in einem Negativelektrodenaktivmaterial enthalten sind und deswegen das Negativelektrodenaktivmaterial in einer Kombination mit einem Material für ein Positivelektrodenaktivmaterial verwendet werden kann, das keine Lithiumionen enthält, so beispielsweise V_2O_5 oder Cr_3O_8 . Es sei angemerkt, dass in dem Fall der Verwendung eines Materials als Positivelektrodenaktivmaterial, das Lithiumionen enthält, ein Nitrid, das Lithium und ein Übergangsmetall enthält, als Negativelektrodenaktivmaterial verwendet werden kann, wenn Lithiumionen von dem Positivelektrodenaktivmaterial im Voraus extrahiert werden.

[0139] Als auf Kohlenstoff basierendes Material kann ein Graphitpulver, eine Graphitfaser, Graphit oder dergleichen verwendet werden.

[0140] Die Negativelektrodenaktivmaterialschicht **304** kann mit Lithium vordotiert werden. Die Vordotierung mit Lithium kann derart durchgeführt werden, dass eine Lithiumschicht auf einer Oberfläche der Negativelektrodenaktivmaterialschicht **304** durch ein Sputterverfahren (sputtering method) ausgebildet wird. Alternativ wird eine Lithiumfolie auf der Oberfläche der Negativelektrodenaktivmaterialschicht **304** bereitgestellt, wodurch die Negativelektrodenaktivmaterialschicht **304** mit Lithium vordotiert werden kann.

[0141] Die Elektrolytlösung **308**, die zwischen der positiven Elektrode **311** und der negativen Elektrode **312** liegt, enthält eine gelöste Substanz und ein Lösungsmittel. Als die gelöste Substanz wird ein Lithiumsalz verwendet, das Lithiumionen als Ladungsträgerionen enthält. Typische Beispiele für die gelöste Substanz umfassen Lithiumsalze wie z. B. LiClO_4 , LiAsF_6 , LiBF_4 , LiPF_6 und $\text{Li}(\text{C}_2\text{F}_5\text{SO}_2)_2\text{N}$.

[0142] Es sei angemerkt, dass dann, wenn Ladungsträgerionen Alkalimetallionen außer Lithiumionen sind, oder Erdalkalimetallionen, Berylliumionen oder Magnesiumionen sind, statt Lithium in den oben angegebenen Lithiumsalzen ein Alkalimetall (z. B. Natrium oder Kalium), ein Erdalkalimetall (z. B. Kalzium, Strontium oder Barium), Beryllium oder Magnesium für eine gelöste Substanz verwendet werden kann.

[0143] Als Lösungsmittel der Elektrolytlösung wird ein Material verwendet, in dem sich Ladungsträgerionen fortbewegen können. Als das Lösungsmittel der Elektrolytlösung wird vorzugsweise ein aprotisches (aprotic) organisches Lösungsmittel verwendet. Typische Beispiele für aprotische organische Lösungsmittel umfassen Ethylencarbonat (EC), Propylencarbonat, Dimethylcarbonat, Diethylcarbonat (DEC), γ -Butyrolacton, Acetonitril, Dimethoxyethan und Tetrahydrofuran und dergleichen, und eines oder mehrere von diesen Materialien können verwendet werden. Wenn ein geliertes hochmolekulares Material als das Lösungsmittel der Elektrolytlösung verwendet wird, wird die Sicherheit gegen Auslaufen der Flüssigkeit und dergleichen verbessert. Außerdem kann eine Lithium-Sekundärbatterie dünner und leichter werden. Typische Beispiele für gelierte hochmolekulare Materialien umfassen ein Silikongel, ein Acrylgel, ein Acrylonitrilgel, Polyethylenoxid, Polypropylenoxid, ein auf Fluor basierendes (fluorine-based) Polymer und dergleichen. Alternativ kann die Verwendung von einer oder mehreren ionischen Flüssigkeiten (bei Raumtemperatur geschmolzenen Salzen), die als Lösungsmittel der Elektrolytlösung weniger wahrscheinlich brennen und sich verflüchtigen, verhindern, dass eine Sekundärbatterie explodiert oder Feuer fängt, auch wenn die Sekundärbatterie innen kurzgeschlossen wird oder die Innentemperatur wegen eines Überladens oder dergleichen ansteigt.

[0144] Anstatt der Elektrolytlösung **308** kann auch ein Festelektrolyt, der ein anorganisches Material wie z. B. ein auf Sulfid basierendes anorganisches Material oder ein auf Oxid basierendes anorganisches Material enthält, oder ein Festelektrolyt, der ein hochmolekulares (macromolecular) Material wie z. B. ein auf Polyethylenoxid (PEO) basierendes hochmolekulares Material enthält, verwendet werden. In dem Fall der Verwendung eines Festelektrolyts kann eine Batterie völlig verfestigt werden. Deswegen gibt es keine Möglichkeit eines Auslaufens von Flüssigkeit, und die Sicherheit der Batterie wird also dramatisch erhöht.

[0145] Ein Beispiel für eine mehrschichtige (lamierte) Speicherbatterie wird anhand von **Fig. 8B** beschrieben.

[0146] Eine laminierte Speicherbatterie **310**, die in **Fig. 8B** gezeigt ist, beinhaltet die positive Elektrode **311**, die den Positivelektrodenstromkollektor **301** und die Positivelektrodenaktivmaterialschicht **302** beinhaltet; die negative Elektrode **312**, die den Negativelektrodenstromkollektor **305** und die Negativelektrodenaktivmaterialschicht **304** beinhaltet; einen Separator **307**; die Elektrolytlösung **308** und einen Außenkörper **309**. Der Separator **307** befindet sich zwischen der positiven Elektrode **311** und der negativen Elektrode **312**, die in dem Außenkörper **309** bereitgestellt sind. Der Außenkörper **309** ist mit der Elektrolytlösung **308** gefüllt.

[0147] Als der Separator **307** kann ein Isolator wie z. B. Zellulose (Papier), Polypropylen mit Poren oder Polyethylen mit Poren verwendet werden. Der Separator **307** ist mit der Elektrolytlösung **308** imprägniert.

[0148] In der laminierten Speicherbatterie **310** in **Fig. 8B** dienen der Positivelektrodenstromkollektor **301** und der Negativelektrodenstromkollektor **305** auch als Anschlüsse für einen elektrischen Kontakt mit einem Außenteil. Aus diesem Grund sind der Positivelektrodenstromkollektor **301** und der Negativelektrodenstromkollektor **305** derart angeordnet, dass sie teilweise außerhalb des Außenkörpers **309** freigelegt sind.

[0149] Als der Außenkörper **309** in der laminierten Speicherbatterie **310** kann beispielsweise ein lamierter Film mit einer dreischichtigen Struktur verwendet werden, bei der ein hochflexibler dünner Metallfilm aus Aluminium, Edelstahl, Kupfer, Nickel oder dergleichen über einem Film aus einem Material wie z. B. Polyethylen, Polypropylen, Polycarbonat, Ionomer oder Polyamid bereitgestellt ist, und bei der ein isolierender synthetischer Harzfilm aus einem Polyamidharz, einem Polyesterharz oder dergleichen als die Außenfläche des Außenkörpers über dem dünnen Metallfilm bereitgestellt ist. Mit einer solchen dreischichtigen Struktur kann ein Durchdringen (permeation) einer Elektrolytlösung und eines Gases verhin-

dert werden, und eine Dämmeigenschaft und Widerstandsfähigkeit gegen die Elektrolytlösung können erhalten werden.

[0150] Obwohl als ein Beispiel für die Speicherbatterie nach dieser Ausführungsform eine Lithium-Sekundärbatterie beschrieben ist, kann jedoch auch ein elektrischer Doppelschichtkondensator als ein anderes Beispiel für die Speicherbatterie nach dieser Ausführungsform verwendet werden.

[0151] Die bei dieser Ausführungsform beschriebenen Strukturen, Verfahren und dergleichen können, soweit erforderlich, mit einer/einem der bei den anderen Ausführungsformen beschriebenen Strukturen, Verfahren und dergleichen kombiniert werden.

(Ausführungsform 3)

[0152] Bei dieser Ausführungsform wird der bei der Ausführungsform 1 beschriebene Transistor, bei dem ein Oxidhalbleiter (oxide semiconductor) für einen Kanalbildungsbereich verwendet wird, beschrieben.

[0153] **Fig. 9** zeigt ein Strukturbeispiel für einen Transistor, bei dem ein Oxidhalbleiter für einen Kanalbildungsbereich verwendet wird. Ein Transistor **220** in **Fig. 9** beinhaltet eine Oxidhalbleiterschicht **231** über einer Schicht **230** mit einer isolierenden Oberfläche; eine leitende Schicht **232**, die in Kontakt mit einem Ende der Oxidhalbleiterschicht **231** steht; eine leitende Schicht **233**, die in Kontakt mit dem anderen Ende der Oxidhalbleiterschicht **231** steht; eine Isolierschicht **234** über der Oxidhalbleiterschicht **231** und den leitenden Schichten **232** und **233**; und eine leitende Schicht **235** über der Isolierschicht **234**. Es sei angemerkt, dass bei dem Transistor **220** in **Fig. 9** die leitenden Schichten **232** und **233** als Source und Drain dienen, dass die Isolierschicht **234** als Gate-Isolierfilm dient, und dass die leitende Schicht **235** als Gate dient.

<Konkretes Beispiel für die Oxidhalbleiterschicht **231**>

<<Oxidhalbleitermaterial>>

[0154] Ein Film, der wenigstens Indium enthält, kann als die Oxidhalbleiterschicht **231** verwendet werden. Insbesondere wird vorzugsweise ein Film verwendet, der Indium und Zink enthält. Des Weiteren wird vorzugsweise ein Film verwendet, der als Stabilisator zum Abmildern der Schwankungen der elektrischen Eigenschaften des Transistors Gallium zusätzlich zu Indium und Zink enthält. Es sei angemerkt, dass nachstehend eine Oxidhalbleiterschicht auch als Oxidhalbleiterfilm bezeichnet werden kann.

[0155] Alternativ kann ein Film, der als Stabilisator eines oder mehrere von Zinn, Hafnium, Aluminium,

Zirkonium und Lanthanoiden wie z. B. Lanthan, Cer, Praseodym, Neodym, Samarium, Europium, Gadolinium, Terbium, Dysprosium, Holmium, Erbium, Thulium, Ytterbium und Lutetium enthält, als die Oxidhalbleiterschicht **231** verwendet werden.

[0156] Beispielsweise kann als die Oxidhalbleiterschicht **231** das Folgende verwendet werden: ein Indiumoxidfilm; ein Film aus einem zwei Komponenten enthaltenden Metalloxid, wie z. B. ein Oxidfilm auf In-Zn-Basis, ein Oxidfilm auf In-Mg-Basis oder ein Oxidfilm auf In-Ga-Basis; ein Film aus einem drei Komponenten enthaltenden Metalloxid, wie z. B. ein Oxidfilm auf In-Ga-Zn-Basis, ein Oxidfilm auf In-Al-Zn-Basis, ein Oxidfilm auf In-Sn-Zn-Basis, ein Oxidfilm auf In-Hf-Zn-Basis, ein Oxidfilm auf In-La-Zn-Basis, ein Oxidfilm auf In-Ce-Zn-Basis, ein Oxidfilm auf In-Pr-Zn-Basis, ein Oxidfilm auf In-Nd-Zn-Basis, ein Oxidfilm auf In-Sm-Zn-Basis, ein Oxidfilm auf In-Eu-Zn-Basis, ein Oxidfilm auf In-Gd-Zn-Basis, ein Oxidfilm auf In-Tb-Zn-Basis, ein Oxidfilm auf In-Dy-Zn-Basis, ein Oxidfilm auf In-Ho-Zn-Basis, ein Oxidfilm auf In-Er-Zn-Basis, ein Oxidfilm auf In-Tm-Zn-Basis, ein Oxidfilm auf In-Yb-Zn-Basis oder ein Oxidfilm auf In-Lu-Zn-Basis; oder ein Film aus einem vier Komponenten enthaltenden Metalloxid, wie z. B. ein Oxidfilm auf In-Sn-Ga-Zn-Basis, ein Oxidfilm auf In-Hf-Ga-Zn-Basis, ein Oxidfilm auf In-Al-Ga-Zn-Basis, ein Oxidfilm auf In-Sn-Al-Zn-Basis, ein Oxidfilm auf In-Sn-Hf-Zn-Basis oder ein Oxidfilm auf In-Hf-Al-Zn-Basis.

[0157] Dabei steht beispielsweise ein „Oxid auf In-Ga-Zn-Basis“ für ein Oxid, das In, Ga und Zn als seine Hauptkomponenten enthält, und es gibt keine besondere Beschränkung hinsichtlich des Verhältnisses von In, Ga und Zn. Des Weiteren kann das „Oxid auf In-Ga-Zn-Basis“ ein Metallelement unterschiedlich von In, Ga und Zn enthalten.

[0158] Ein Teil von Sauerstoff in der Oxidhalbleiterschicht **231** kann durch Stickstoff ersetzt werden.

<<Kristallstruktur eines Oxidhalbleiters>>

[0159] Als die Oxidhalbleiterschicht **231** kann ein Film mit einer einkristallinen Struktur, einer polykristallinen Struktur, einer amorphen Struktur oder dergleichen verwendet werden. Alternativ kann ein kristalliner Oxidhalbleiterfilm mit Ausrichtung bezüglich der c-Achse (c-axis aligned crystalline oxide semiconductor film; CAAC-OS-Film) für die Oxidhalbleiterschicht **231** verwendet werden.

[0160] Eine Struktur eines Oxidhalbleiterfilms wird nachstehend beschrieben.

[0161] Ein Oxidhalbleiterfilm wird grob in einen Einkristall-Oxidhalbleiterfilm und einen Nicht-Einkristall-Oxidhalbleiterfilm unterteilt. Der Nicht-Einkristall-Oxidhalbleiterfilm umfasst einen von einem amor-

phen Oxidhalbleiterfilm, einem mikrokristallinen Oxidhalbleiterfilm, einem polykristallinen Oxidhalbleiterfilm, einem Film aus einem kristallinen Oxidhalbleiter mit Ausrichtung bezüglich der c-Achse (CAAC-OS-Film) und dergleichen.

[0162] Der amorphe Oxidhalbleiterfilm weist eine ungeordnete Atomanordnung und keine kristalline Komponente auf. Ein typisches Beispiel dafür ist ein Oxidhalbleiterfilm, in dem auch in einem mikroskopischen Bereich kein Kristallbereich besteht, wobei der ganze Film amorph ist.

[0163] Der mikrokristalline Oxidhalbleiterfilm enthält beispielsweise einen Mikrokristall (auch als Nanokristall bezeichnet) mit einer Größe von größer als oder gleich 1 nm und kleiner als 10 nm. Daher weist der mikrokristalline Oxidhalbleiterfilm einen höheren Grad von Atom-Ordnung als der amorphe Oxidhalbleiterfilm auf. Dementsprechend ist die Dichte der Defektzustände des mikrokristallinen Oxidhalbleiterfilms niedriger als diejenige des amorphen Oxidhalbleiterfilms.

[0164] Der CAAC-OS-Film ist einer von Oxidhalbleiterfilmen, die eine Vielzahl von Kristallbereichen enthalten, und die meisten der Kristallbereiche passen jeweils in einen Würfel mit einer Kantenlänge von weniger als 100 nm. Deswegen gibt es einen Fall, in dem ein Kristallbereich in dem CAAC-OS-Film in einen Würfel mit einer Kantenlänge von weniger als 10 nm, weniger als 5 nm oder weniger als 3 nm passt. Die Dichte der Defektzustände des CAAC-OS-Films ist niedriger als diejenige des mikrokristallinen Oxidhalbleiterfilms. Der CAAC-OS-Film wird ausführlich nachstehend beschrieben.

[0165] In einem Transmissionselektronenmikroskop-(TEM-)Bild des CAAC-OS-Films wird eine Grenze zwischen Kristallbereichen, d. h. eine Korngrenze, nicht deutlich beobachtet. Folglich ist es weniger wahrscheinlich, dass in dem CAAC-OS-Film eine Verringerung der Elektronenbeweglichkeit wegen der Korngrenze entsteht.

[0166] Laut des TEM-Bildes des CAAC-OS-Films, der in einer Richtung, die im Wesentlichen parallel zu einer Probenoberfläche ist, beobachtet wird (Querschnitt-TEM-Bildes), sind Metallatome in einer geschichteten Weise in den Kristallbereichen angeordnet. Jede Metallatomlage weist eine Gestalt auf, die widerspiegelt wird durch eine Oberfläche, über der der CAAC-OS-Film ausgebildet ist (eine Oberfläche, über der der CAAC-OS-Film ausgebildet ist, wird nachstehend als Ausbildungsoberfläche bezeichnet), oder durch eine nach oben weisende Oberfläche des CAAC-OS-Films, und jede Metallatomlage ist parallel zu der Ausbildungsoberfläche oder der nach oben weisenden Oberfläche des CAAC-OS-Films angeordnet.

[0167] Andererseits sind laut des TEM-Bildes des CAAC-OS-Films, der in einer Richtung, die im Wesentlichen senkrecht zu der Probenoberfläche ist, beobachtet wird (Flächen-TEM-Bild, plan TEM image), Metallatome in einer dreieckigen oder hexagonalen Konfiguration in den Kristallbereichen angeordnet. Zwischen unterschiedlichen Kristallbereichen gibt es jedoch keine Regelmäßigkeit der Anordnung von Metallatomen.

[0168] Aus den Ergebnissen des Querschnitt-TEM-Bildes (cross-sectional TEM image) und des Flächen-TEM-Bildes (plan TEM image) wird eine Ausrichtung in den Kristallbereichen in dem CAAC-OS-Film gefunden.

[0169] Ein CAAC-OS-Film wird einer Strukturanalyse mittels eines Röntgenbeugungs-(X-ray diffraction; XRD-)Geräts unterzogen. Wenn beispielsweise der CAAC-OS-Film, der einen InGaZnO_4 -Kristall enthält, durch ein Out-of-Plane-Verfahren (out-of-plane method) analysiert wird, erscheint ein Peak oft bei einem Beugungswinkel (2θ) von zirka 31° . Dieser Peak stammt aus der (009)-Fläche des InGaZnO_4 -Kristalls, was darauf hindeutet, dass Kristalle in dem CAAC-OS-Film eine Ausrichtung bezüglich der c-Achse aufweisen, und dass die c-Achsen in einer Richtung ausgerichtet sind, die im Wesentlichen senkrecht zu der Ausbildungsoberfläche oder der nach oben weisenden Oberfläche des CAAC-OS-Films ist.

[0170] Andererseits erscheint dann, wenn der CAAC-OS-Film durch ein In-Plane-Verfahren (in-plane method) analysiert wird, in dem ein Röntgenstrahl in eine Probe in einer Richtung eintritt, die im Wesentlichen senkrecht zur c-Achse ist, ein Peak oft bei 2θ von zirka 56° . Dieser Peak stammt aus der (110)-Fläche des InGaZnO_4 -Kristalls. Hier wird die Analyse (ϕ -Scan) unter Bedingungen durchgeführt, bei denen die Probe um einen Normalenvektor einer Probenoberfläche als Achse (ϕ -Achse) gedreht wird, wobei 2θ auf zirka 56° festgelegt wird. In dem Fall, in dem die Probe ein Einkristall-Oxidhalbleiterfilm aus InGaZnO_4 ist, erscheinen sechs Peaks. Die sechs Peaks stammen aus Kristallflächen, die der (110)-Fläche äquivalent sind. Dagegen wird im Fall eines CAAC-OS-Films ein Peak nicht deutlich beobachtet, auch wenn ein ϕ -Scan durchgeführt wird, wobei 2θ auf zirka 56° festgelegt wird.

[0171] Nach den obigen Ergebnissen sind in dem CAAC-OS-Film mit c-Achsen Ausrichtung die c-Achsen in einer Richtung, die parallel zu einem Normalenvektor einer Ausbildungsoberfläche oder einem Normalenvektor einer nach oben weisenden Oberfläche ist, ausgerichtet, während die Richtungen von a-Achsen und b-Achsen zwischen Kristallbereichen verschieden sind. Jede Metallatomlage, die im Querschnitt-TEM-Bild in einer geschichteten Weise ange-

ordnet beobachtet wird, entspricht daher einer Fläche, die parallel zur a-b-Fläche des Kristalls ist.

[0172] Es sei angemerkt, dass der Kristallbereich gleichzeitig mit einer Abscheidung des CAAC-OS-Films gebildet wird oder durch eine Kristallisationsbehandlung wie z. B. eine Wärmebehandlung gebildet wird. Wie zuvor beschrieben worden ist, ist die c-Achse des Kristalls in einer Richtung ausgerichtet, die parallel zu einem Normalenvektor einer Ausbildungsoberfläche oder einem Normalenvektor einer nach oben weisenden Oberfläche ist. Deshalb könnte beispielsweise in dem Fall, in dem eine Form des CAAC-OS-Films durch Ätzen oder dergleichen geändert wird, die c-Achse nicht immer parallel zu einem Normalenvektor einer Ausbildungsoberfläche oder einem Normalenvektor einer nach oben weisenden Oberfläche des CAAC-OS-Films sein.

[0173] Zudem ist der Grad der Kristallinität in dem CAAC-OS-Film nicht notwendigerweise gleichmäßig. Zum Beispiel ist in dem Fall, dem das Kristallwachstum zum Ausbilden des CAAC-OS-Films in der Nähe der nach oben weisenden Oberfläche des Films beginnt, der Grad der Kristallinität in der Nähe der nach oben weisenden Oberfläche in manchen Fällen höher als derjenige in der Nähe der Ausbildungsoberfläche. Ferner wird bei einem Fremdstoffzusatz zu dem CAAC-OS-Film die Kristallinität in einem Bereich, dem der Fremdstoff zugesetzt wird, geändert, und der Grad der Kristallinität in dem CAAC-OS-Film variiert in Abhängigkeit von dem Ort.

[0174] Es sei angemerkt, dass dann, wenn der einen InGaZnO_4 -Kristall enthaltende CAAC-OS-Film durch ein Out-of-Plane-Verfahren (out-of-plane method) analysiert wird, auch ein Peak bei 2θ von zirka 36° zusätzlich zu dem Peak bei 2θ von zirka 31° beobachtet werden kann. Der Peak bei 2θ von zirka 36° deutet darauf hin, dass ein Kristall ohne Ausrichtung bezüglich der c-Achse in einem Teil des CAAC-OS-Films enthalten ist. Es ist bevorzugt, dass in dem CAAC-OS-Film ein Peak bei 2θ von zirka 31° erscheint und kein Peak bei 2θ von zirka 36° erscheint.

[0175] In einem Transistor, der den CAAC-OS-Film verwendet, ist die Veränderung der elektrischen Eigenschaften infolge Bestrahlung mit sichtbarem Licht oder UV-Licht klein. Folglich weist der Transistor eine hohe Zuverlässigkeit auf.

<<Schichtstruktur eines Oxidhalbleiters>>

[0176] Als die Oxidhalbleiterschicht **231** kann ein einschichtiger Oxidhalbleiterfilm oder ein Stapel von mehreren Arten von Oxidhalbleiterfilmen verwendet werden. Beispielsweise kann eine Schicht, die wenigstens zwei von einem amorphen Oxidhalbleiterfilm, einem polykristallinen Oxidhalbleiterfilm und ei-

nem CAAC-OS-Film haltet, als die Oxidhalbleiterschicht **231** verwendet werden.

[0177] Alternativ kann eine Schicht, die von einem Stapel von Oxidhalbleiterfilmen mit verschiedenen Zusammensetzungen gebildet ist, als die Oxidhalbleiterschicht **231** verwendet werden. Insbesondere kann eine Schicht, die einen ersten Oxidhalbleiterfilm (nachstehend auch als obere Schicht bezeichnet) beinhaltet, der auf der Seite der Isolierschicht **234** bereitgestellt ist, und einen zweiten Oxidhalbleiterfilm (nachstehend auch als untere Schicht bezeichnet), der auf der Seite der Schicht **230** mit einer isolierenden Oberfläche bereitgestellt ist und eine andere Zusammensetzung als der erste Oxidhalbleiterfilm aufweist, beinhaltet, als die Oxidhalbleiterschicht **231** verwendet werden.

<Konkretes Beispiel für die leitenden Schichten **232** und **233**>

[0178] Für jede der leitenden Schichten **232** und **233** kann ein Film, der ein Element enthält, das aus Aluminium, Kupfer, Titan, Tantal, Wolfram, Molybdän, Chrom, Neodym und Scandium ausgewählt wird, ein Film aus einer Legierung, die irgendeines dieser Elemente enthält, ein Film aus einem Nitrid, das irgendeines dieser Elemente enthält, oder ähnliches, verwendet werden.

[0179] Alternativ können die leitenden Schichten **232** und **233** jede aus einem Stapel dieser Filme gebildet werden.

<Konkretes Beispiel für die Isolierschicht **234**>

[0180] Als die Isolierschicht **234** kann ein Film aus einem anorganischen Isoliermaterial, wie z. B. ein Siliziumoxidfilm, ein Siliziumnitridfilm, ein Siliziumoxinitridfilm, ein Siliziumnitridoxidfilm, ein Aluminiumoxidfilm, ein Aluminiumoxinitridfilm oder ein Galliumoxidfilm, verwendet werden. Alternativ kann auch ein Stapel von Schichten aus diesen Materialien verwendet werden. Es sei angemerkt, dass vorzugsweise ein Aluminiumoxidfilm für die Isolierschicht **234** verwendet wird. Ein Aluminiumoxidfilm weist einen hohen Abschirm-(Sperr-)Effekt auf, was Durchdringung von Sauerstoff und einer Verunreinigung wie z. B. Wasserstoff verhindert. Wenn eine Schicht, die einen Aluminiumoxidfilm beinhaltet, als die Isolierschicht **234** verwendet wird, ist es deshalb möglich, eine Freisetzung von Sauerstoff aus der Oxidhalbleiterschicht **231** und ein Eintritt einer Verunreinigung wie z. B. Wasserstoff in die Oxidhalbleiterschicht **231** zu verhindern.

[0181] Alternativ kann als die Isolierschicht **234** ein Film einschließlich eines Hafniumoxidfilms, eines Yttriumoxidfilms, eines Hafniumsilicat-(HfSi_xO_y)-(x > 0, y > 0))Films, eines Hafniumsilicatfilms, dem Stickstoff

zugemischt ist, eines Hafniumaluminat-(HfAl_xO_y -(x > 0, y > 0))Films oder eines Lanthanoxidfilms (ein Film, der aus einem so genannten High-k-Dielektrikum ausgebildet ist) verwendet werden. Unter Verwendung eines solchen Films kann der Gate-Leckstrom verringert werden.

<Konkretes Beispiel für die leitende Schicht **235**>

[0182] Als die leitende Schicht **235** kann ein Film, der ein Element enthält, das aus Aluminium, Kupfer, Titan, Tantal, Wolfram, Molybdän, Chrom, Neodym und Scandium ausgewählt wird, oder ein Film aus einer Legierung, die jedes beliebige Element davon als ihre Komponente enthält, verwendet werden. Alternativ kann als die leitende Schicht **235** ein stickstoffhaltiger Metalloxidfilm, so insbesondere ein stickstoffhaltiger Oxidfilm auf In-Ga-Zn-Basis, ein stickstoffhaltiger Oxidfilm auf In-Sn-Basis, ein stickstoffhaltiger Oxidfilm auf In-Ga-Basis, ein stickstoffhaltiger Oxidfilm auf In-Zn-Basis, ein stickstoffhaltiger Oxidfilm auf Sn-Basis oder ein stickstoffhaltiger Oxidfilm auf In-Basis, oder ein Metallnitrid-(z. B. InN- oder SnN-)Film verwendet werden. Ein solcher Nitridfilm weist eine Austrittsarbeit von höher als oder gleich 5 eV (Elektronenvolt), bevorzugt höher als oder gleich 5,5 eV (Elektronenvolt) auf, und die Verwendung dieses Films als das Gate ermöglicht, dass die Schwellenspannung eines Transistors positiv wird. Folglich kann ein so genanntes selbstsperrendes (normally-off) Schaltelement erhalten werden. Alternativ kann die leitende Schicht **235** auch aus einem Stapel von diesen Filmen gebildet werden.

[0183] Bei dem Transistor **220** in Fig. 9 ist es bevorzugt, den Eintritt von Verunreinigungen in die Oxidhalbleiterschicht **231** und die Freisetzung eines Bestandselements der Oxidhalbleiterschicht **231** zu unterdrücken. Das liegt daran, dass sich die elektrischen Eigenschaften des Transistors **220** verändern, wenn ein solches Phänomen auftritt. Um dieses Phänomen zu unterdrücken, können Isolierschichten mit einem hohen Sperreffekt über und unter dem Transistor (zwischen der Schicht **230** mit einer isolierenden Oberfläche und dem Transistor **220**, und über der Isolierschicht **234** und der leitenden Schicht **235**) bereitgestellt werden. Beispielsweise kann als die Isolierschicht ein Film aus einem anorganischen Isoliermaterial, wie z. B. ein Siliziumoxidfilm, ein Siliziumnitridfilm, ein Siliziumoxinitridfilm, ein Siliziumnitridoxidfilm, ein Aluminiumoxidfilm, ein Aluminiumoxinitridfilm oder ein Galliumoxidfilm, verwendet werden. Alternativ kann auch ein Stapel von Schichten aus diesen Materialien verwendet werden.

[0184] Der Transistor **220** in Fig. 9, bei dem die Oxidhalbleiterschicht **231** für einen Kanalbildungsbereich verwendet wird, kann als der bei der Ausführungsform 1 beschriebene Transistor **102** verwendet werden. Der Aus-Strom (off-state current) des Transis-

tors **220**, bei dem die Oxidhalbleiterschicht **231** für einen Kanalbildungsbereich verwendet wird, ist gering. Deshalb kann es verhindert werden, dass in dem Kondensator **103** angesammelte elektrische Ladung durch die Source und den Drain des Transistors **220** (Transistors **102**) abfließt, wenn sich der Transistor **220** (Transistor **102**) im Ausschaltzustand befindet.

<Geschichtete Struktur von einem Siliziumtransistor und einem Oxidhalbleitertransistor>

[0185] Nachfolgend wird ein Strukturbeispiel für eine Halbleitervorrichtung, in der ein Transistor **902**, bei dem ein Oxidhalbleiter für einen Kanalbildungsbereich verwendet wird, und ein Transistor **901**, bei dem ein Einkristallsiliziumwafer für einen Kanalbildungsbereich verwendet wird, gestapelt sind, anhand von **Fig. 10** beschrieben. Der Transistor **902** kann als der bei der Ausführungsform 1 beschriebene Transistor **102** oder dergleichen verwendet werden. Der Transistor **901** kann verwendet werden als ein Transistor in der Spannungs-Strom-Wandlerschaltung **105**, als ein Transistor in dem Hysteresekomparator **107**, als der Transistor **155** in der Leistungsversorgungssteuerschaltung **150**, als ein Transistor in der Steuerschaltung **170**, als ein Transistor in der Steuerschaltung **180**, als ein Transistor in der Zählerschaltung **181**, als ein Transistor in der Oszillatorschaltung **182**, als ein Transistor in dem Mikrocomputer **185**, als ein Transistor in dem Mikrocomputer **190** oder dergleichen, wie jeweils in der Ausführungsform 1.

[0186] Es sei angemerkt, dass der Transistor **901** unter Verwendung von Silizium oder einem Halbleitermaterial wie z. B. Germanium, Siliziumgermanium oder Einkristallsiliziumcarbid hergestellt werden kann. Zum Beispiel kann der Silizium enthaltende Transistor unter Verwendung eines durch ein SOI-Verfahren ausgebildeten Siliziumdünnfilms, eines durch ein Gasphasenabscheidungsverfahren ausgebildeten Siliziumdünnfilms oder dergleichen hergestellt werden. In diesem Fall kann ein durch einen Schmelzprozess oder einen Flottierungsprozess ausgebildetes Glassubstrat, ein Quarzsubstrat, ein Halbleitersubstrat, ein Keramiksubstrat oder dergleichen als Substrat verwendet werden. In dem Fall, in dem die Temperatur einer später durchzuführenden Wärmebehandlung hoch ist, wird vorzugsweise ein Glassubstrat mit einer unteren Entspannungsgrenze (strain point) von 730°C oder höher verwendet.

[0187] Die Halbleitervorrichtung, die in **Fig. 10** gezeigt ist, beinhaltet den Transistor **901**, der einen Einkristallsiliziumwafer enthält, und den Transistor **902**, der einen Oxidhalbleiter enthält und auf einer höheren Ebene als der Transistor **901** steht. Mit anderen Worten: die bei dieser Ausführungsform beschriebene Halbleitervorrichtung ist eine Halbleitervorrichtung mit einer dreidimensionalen geschichteten Struktur, bei der ein Siliziumwafer als Substrat verwendet wird

und eine Transistorschicht darüber bereitgestellt ist. Des Weiteren ist die bei dieser Ausführungsform beschriebene Halbleitervorrichtung eine Hybrid-Halbleitervorrichtung, die einen Transistor, bei dem Silizium für einen Kanalbildungsbereich verwendet wird, und einen Transistor, bei dem ein Oxidhalbleiter für einen Kanalbildungsbereich verwendet wird, beinhaltet.

[0188] Als der Transistor **901**, der unter Verwendung eines ein Halbleitermaterial enthaltenden Substrats **900** hergestellt ist, kann ein N-Kanal-Transistor (N-Metall-Oxid-Halbleiter-Feldeffekttransistor (n-type metal oxide semiconductor field effect transistor; N-MOSFET)) oder ein P-Kanal-Transistor (P-MOSFET) verwendet werden. In dem Beispiel in **Fig. 10** ist der Transistor **901** elektrisch von anderen Elementen durch einen Elementisationsbereich **905** isoliert, der durch Grabenisolation (shallow trench isolation; STI) ausgebildet wird. Unter Verwendung des Elementisationsbereichs **905** kann beispielsweise die Größe des Elementisationsbereichs verkleinert werden. Andererseits wird in einer Halbleitervorrichtung, deren Struktur nicht miniaturisiert oder verkleinert werden muss, der Elementisationsbereich **905** nicht notwendigerweise durch ein STI-Verfahren ausgebildet, und ein Verfahren zur Elementisation, wie z. B. LOCOS, kann verwendet werden. In dem Substrat **900**, wo der Transistor **901** gebildet ist, ist eine Wanne **904** ausgebildet, der eine Leitfähigkeit verleihende Verunreinigung wie z. B. Bor, Phosphor oder Arsen zugesetzt ist.

[0189] Der Transistor **901** in **Fig. 10** beinhaltet einen Kanalbildungsbereich in dem Substrat **900**, Verunreinigungsgebiete **906** (auch als Source-Bereich und Drain-Bereich bezeichnet), die derart bereitgestellt sind, dass der Kanalbildungsbereich dazwischen liegt, einen Gate-Isolierfilm **907** über dem Kanalbildungsbereich und eine Gate-Elektrodenschicht **908**, die über dem Gate-Isolierfilm **907** liegt und den Kanalbildungsbereich überlappt. Die Gate-Elektrodenschicht **908** kann eine geschichtete Struktur einer Gate-Elektrodenschicht, die ein erstes Material zur Erhöhung der Bearbeitungsgenauigkeit enthält, und einer Gate-Elektrodenschicht, die ein zweites Material zur Verringerung des Widerstands einer Leitung enthält, haben. Beispielsweise kann eine geschichtete Struktur von Nickelsilizid und kristallinem Silizium verwendet werden, dem eine Leitfähigkeit verleihende Verunreinigung wie z. B. Phosphor zugesetzt ist. Es sei angemerkt, dass die Struktur nicht darauf beschränkt ist, und dass Materialien, die Anzahl der gestapelten Schichten, die Form oder dergleichen angemessen in Abhängigkeit von erforderlichen Spezifikationen eingestellt werden können/kann.

[0190] Es sei angemerkt, dass der Transistor **901** in **Fig. 10** ein Transistor vom Lamellen-Typ (Fin-type transistor) sein kann. Bei einer Lamellen-Struktur ist ein Teil eines Halbleitersubstrats zu einem platten-

förmigen Vorsprung bearbeitet, und eine Gate-Elektroden-schicht ist derart bereitgestellt, dass sie die Längsseite des Vorsprungs kreuzt. Die Gate-Elektroden-schicht bedeckt die nach oben weisende Oberfläche und die seitlichen Oberflächen des Vorsprungs, wobei ein Gate-Isolierfilm zwischen der Gate-Elektroden-schicht und dem Vorsprung liegt. Mittels eines Transistors vom Lamellen-Typ als der Transistor **901** kann die Kanalbreite verringert werden, was zu höher Integration von Transistoren führt. Außerdem kann eine größere Menge von Strom durch den Transistor fließen und der Transistor kann effizienter gesteuert werden, so dass der Aus-Strom und die Schwellen-spannung des Transistors verringert werden können.

[0191] Kontaktstecker **913** und **915** sind mit den Verunreinigungsbereichen **906** in dem Substrat **900** verbunden. Hierbei dienen die Kontaktstecker **913** und **915** auch als Source-Elektrode und Drain-Elektrode des Transistors **901**, mit dem sie verbunden sind. Zusätzlich sind Verunreinigungsbereiche, die verschieden von den Verunreinigungsbereichen **906** sind, zwischen den Verunreinigungsbereichen **906** und dem Kanalbildungsbereich bereitgestellt. Die Verunreinigungsbereiche dienen als LDD-Bereiche oder Erweiterungsbereiche zur Steuerung der Verteilung eines elektrischen Feldes in der Nähe des Kanalbildungsbereichs in Abhängigkeit von der Konzentration einer darin eingesetzten Verunreinigung. Seitenwandisolierfilme **909** sind an den Seitenwänden der Gate-Elektroden-schicht **908** bereitgestellt, wobei ein Isolierfilm dazwischen liegt. Unter Verwendung dieses Isolierfilms und der Seitenwandisolierfilme **909** können die LDD-Bereiche oder Erweiterungsbereiche ausgebildet werden.

[0192] Der Transistor **901** ist mit einem Isolierfilm **910** bedeckt. Der Isolierfilm **910** kann als Schutzfilm dienen und kann verhindern, dass Verunreinigungen von außen in den Kanalbildungsbereich eintreten. Mittels des Isolierfilms **910**, durch ein CVD-Verfahren unter Verwendung eines Materials wie z. B. Siliziumnitrid ausgebildet wird, kann in dem Fall, in dem Einkristallsilizium für den Kanalbildungsbereich verwendet wird, eine Hydrierung durch eine Wärmebehandlung durchgeführt werden. Wenn ein Isolierfilm mit einer Zugspannung oder Druckspannung als der Isolierfilm **910** verwendet wird, kann eine Verzerrung des für den Kanalbildungsbereich verwendeten Halbleitermaterials verursacht werden. Durch die Anlegung einer Zugspannung an ein Siliziummaterial, das für den Kanalbildungsbereich eines N-Kanal-Transistors verwendet wird, oder die Anlegung einer Druckspannung an ein Siliziummaterial, das für den Kanalbildungsbereich eines P-Kanal-Transistors verwendet wird, kann die Feldeffektbeweglichkeit (field-effect mobility) des Transistors erhöht werden.

[0193] Ein Isolierfilm **911** wird über dem Isolierfilm **910** bereitgestellt, und eine Oberfläche des Isolier-

films **911** wird durch CMP geebnet. Folglich können Elementschichten mit hoher Genauigkeit auf Ebenen gestapelt werden, die höher als eine Ebene sind, auf der der Transistor **901** steht.

[0194] Eine Schicht, die den Transistor **902** enthält, bei dem ein Oxidhalbleiter für einen Kanalbildungsbereich verwendet wird, ist über der Ebene ausgebildet, die den Transistor **901** enthält. Der Transistor **902** ist ein Transistor mit oben liegendem Gate (top-gate transistor). Der Transistor **902** beinhaltet eine Source-Elektroden-schicht **927** und eine Drain-Elektroden-schicht **928**, die in Kontakt mit seitlichen Oberflächen und der nach oben weisenden Oberfläche eines Oxidhalbleiterfilms **926** stehen, und eine Gate-Elektroden-schicht **930** über einem Gate-Isolierfilm **929**, der über dem Oxidhalbleiterfilm **926**, der Source-Elektroden-schicht **927** und der Drain-Elektroden-schicht **928** liegt. Ein Isolierfilm **932** und ein Isolierfilm **933** sind derart ausgebildet, dass sie den Transistor **902** bedecken. Der Oxidhalbleiterfilm **926** ist über einem Isolierfilm **924** ausgebildet. Der Isolierfilm **924** kann unter Verwendung eines anorganischen Isolierfilms aus Siliziumoxid, Siliziumnitrid, Siliziumnitridoxid, Siliziumoxinitrid, Aluminiumoxid, Aluminiumnitrid, Aluminiumnitridoxid oder dergleichen ausgebildet werden.

[0195] Weiterhin können leitende Oxidfilme, die als Source- und Drain-Bereich dienen, zwischen dem Oxidhalbleiterfilm **926** und der Source- und Drain-Elektroden-schicht **927** und **928** bereitgestellt werden. Ein Material für den leitenden Oxidfilm enthält vorzugsweise Zinkoxid als Komponente und enthält vorzugsweise kein Indiumoxid. Für einen solchen leitenden Oxidfilm kann Zinkoxid, Zinkaluminiumoxid, Zinkaluminiumoxinitrid, Galliumzinkoxid oder dergleichen verwendet werden. Der Gate-Isolierfilm **929** ist derart ausgebildet, dass er die Source- und Drain-Elektroden-schichten **927** und **928** und den Oxidhalbleiterfilm **926** bedeckt. Die Gate-Elektroden-schicht **930** ist dann über dem Gate-Isolierfilm **929** derart ausgebildet, dass sie den Oxidhalbleiterfilm **926** überlappt.

[0196] Es sei angemerkt, dass der Transistor **902** als Transistor mit einem einzelnen Gate beschrieben worden ist. Jedoch kann auch ein Transistor mit mehreren Gates nach Bedarf hergestellt werden, der eine Vielzahl von elektrisch miteinander verbundenen Gate-Elektroden und eine Vielzahl von Kanalbildungsbereichen beinhaltet.

[0197] Es sei angemerkt, dass bei dieser Ausführungsform der Transistor **902** eine Struktur mit oben liegendem Gate hat. Der Transistor **902** beinhaltet eine Rückgate-Elektroden-schicht **923**. Das Vorhandensein der Rückgate-Elektroden-schicht **923** ermöglicht, dass Sperr-Eigenschaften (normally off characteristics) des Transistors **902** weiterentwickelt wer-

den können. Wenn das Potential der Rückgate-Elektroden-schicht **923** beispielsweise auf GND oder ein festes Potential eingestellt wird, kann die Schwellenspannung des Transistors **902** in positiver Richtung verschoben werden, so dass der Transistor **902** bessere Sperr-Eigenschaften aufweisen kann.

[0198] Um durch elektrisches Verbinden des Transistors **901** mit dem Transistor **902** eine elektrische Schaltung zu bilden, werden Leitungsschichten zur Verbindung, die jeweils eine einschichtige Struktur oder eine mehrschichtige Struktur haben, zwischen Ebenen und auf der höheren Ebene ausgebildet.

[0199] In Fig. 10 ist die Source oder der Drain des Transistors **901** elektrisch mit einer Leitungsschicht **914** durch den Kontaktstecker **913** verbunden. Der andere von Source und Drain des Transistors **901** ist elektrisch mit einer Leitungsschicht **916** durch den Kontaktstecker **915** verbunden. Das Gate des Transistors **901** ist elektrisch mit der Drain-Elektroden-schicht **928** des Transistors **902** durch einen Kontaktstecker **917**, eine Leitungsschicht **918**, einen Kontaktstecker **921**, eine Leitungsschicht **922** und einen Kontaktstecker **925** verbunden.

[0200] Die Leitungsschichten **914**, **918**, **916** und **922** und die Rückgate-Elektroden-schicht **923** sind in Isolierfilmen eingebettet. Diese Leitungsschichten und dergleichen werden vorzugsweise unter Verwendung eines niederohmigen leitenden Materials wie z. B. Kupfer oder Aluminium ausgebildet. Alternativ können die Leitungsschichten unter Verwendung von Graphen, das durch ein CVD-Verfahren gebildet wird, als leitendes Material ausgebildet werden. Graphen ist eine einzelne Atomlage aus Kohlenstoffmolekülen mit sp^2 -Bindungen oder ein Stapel von 2 bis 100 Lagen aus Kohlenstoffmolekülen.

[0201] Der Isolierfilm **911**, ein Isolierfilm **912**, ein Isolierfilm **919**, ein Isolierfilm **920** und der Isolierfilm **933** können unter Verwendung eines Isolators ausgebildet werden, wobei Beispiele dafür sind: Siliziumoxid, Siliziumoxinitrid, Siliziumnitridoxid, Borphosphorsilicatglas (BPSG), Phosphorsilicatglas (PSG), Siliziumoxid, dem Kohlenstoff zugesetzt ist (SiOC), Siliziumoxid, dem Fluor zugesetzt ist (SiOF), Siliziumoxid, das aus $Si(OC_2H_5)_4$ gebildet wird (Tetraethylorthosilicat; TEOS), Wasserstoff-Silsesquioxan (hydrogen silsesquioxane; HSQ), Methylsilsesquioxan (MSQ), Organosilicatglas (OSG) und ein auf organischem Polymer basierendes Material. Gerade in dem Fall, in dem die Miniaturisierung einer Halbleitervorrichtung vorangebracht wird, ist die Parasitärkapazität zwischen Leitungen von Bedeutung und die Signalverzögerung wird vergrößert. Deshalb ist die Dielektrizitätskonstante von Siliziumoxid ($k = 4,0$ bis $4,5$) zu hoch, und vorzugsweise wird ein Material mit einer Dielektrizitätskonstante von $k = 3,0$ oder weniger verwendet. Des Weiteren haben, da eine CMP-Behand-

lung nach dem Einbetten der Leitungen in den Isolierfilmen durchgeführt wird, die Isolierfilme eine hohe mechanische Festigkeit nötig. Solange ihre mechanische Festigkeit sichergestellt werden kann, können die Isolierfilme porös gemacht werden, um eine niedrigere Dielektrizitätskonstante aufzuweisen.

[0202] Wie zuvor beschrieben worden ist, kann der Transistor **902**, bei dem der Oxidhalbleiterfilm **926** für den Kanalbildungsbereich verwendet wird, als der bei der Ausführungsform 1 beschriebene Transistor **102** verwendet werden. Der Aus-Strom (off-state current) des Transistors **902**, bei dem der Oxidhalbleiterfilm **926** für den Kanalbildungsbereich verwendet wird, ist gering. Deshalb kann es verhindert werden, dass in dem Kondensator **103** angesammelte elektrische Ladung durch die Source und den Drain des Transistors **902** (Transistors **102**) abfließt, wenn sich der Transistor **902** (Transistor **102**) im Ausschaltzustand befindet.

[0203] Der Transistor **901**, bei dem ein Einkristall-siliziumwafer für den Kanalbildungsbereich verwendet wird, kann benutzt werden als ein Transistor in der Spannungs-Strom-Wandlerschaltung **105**, als ein Transistor in dem Hysteresekomparator **107**, als der Transistor **155** in der Leistungsversorgungssteuerschaltung **150**, als ein Transistor in der Steuerschaltung **170**, als ein Transistor in der Steuerschaltung **180**, als ein Transistor in der Zählerschaltung **181**, als ein Transistor in der Oszillatorschaltung **182**, als ein Transistor in dem Mikrocomputer **185**, als ein Transistor in dem Mikrocomputer **190** oder dergleichen, wie jeweils in der Ausführungsform 1. Der Transistor **901** und der Transistor **902** sind gestapelt, so dass die Fläche, die durch ein Ladegerät in Anspruch genommen wird, verringert werden kann.

[0204] Nicht nur der Transistor **901** und der Transistor **902**, sondern auch der Kondensator **103** kann gestapelt werden, was dennoch nicht abgebildet ist. Beispielsweise kann der Kondensator **103** als Stapel mit dem leitenden Film in derselben Schicht wie die Source-Elektroden-schicht **927** und die Drain-Elektroden-schicht **928**, mit dem Isolierfilm in derselben Schicht wie der Gate-Isolierfilm **929** und mit dem leitenden Film in derselben Schicht wie die Gate-Elektroden-schicht **930** hergestellt werden. Der Transistor **901**, der Transistor **902** und der Kondensator **103** sind gestapelt, so dass die Fläche, die durch ein Ladegerät in Anspruch genommen wird, verringert werden kann.

[0205] Die bei dieser Ausführungsform beschriebenen Strukturen, Verfahren und dergleichen können, soweit erforderlich, mit einer/einem der bei den anderen Ausführungsformen beschriebenen Strukturen, Verfahren und dergleichen kombiniert werden.

[0206] Diese Anmeldung basiert auf der japanischen Patentanmeldung mit der Seriennr. 2012-158370,

eingereicht beim japanischen Patentamt am 17. Juli
2012, deren gesamter Inhalt hiermit zum Gegenstand
der vorliegenden Offenlegung gemacht ist.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

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

Zitierte Patentliteratur

- JP 2012-158370 [0206]

Patentansprüche

1. Halbleitervorrichtung, die umfasst:

einen Transistor;
einen Kondensator; und
einen Komparator,
wobei ein Ladestrom einer Speicherbatterie von einer Leistungsquelle zugeführt wird,
wobei der Transistor konfiguriert ist, dem Kondensator einen Strom zuzuführen, der vom Ladestrom abhängt,
wobei der Kondensator konfiguriert ist, elektrische Ladung anzusammeln, die dem vom Ladestrom abhängigen Strom entspricht, und
wobei der Komparator konfiguriert ist, ein Signal auszugeben, um die Zuführung des Ladestroms von der Leistungsquelle zu der Speicherbatterie zu beenden, wenn ein Potential eines Anschlusses des Kondensators, der elektrisch mit einem Anschluss des Transistors und einem Eingangsanschluss des Komparators verbunden ist, ein Bezugspotential erreicht.

2. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 1, wobei der vom Ladestrom abhängige Strom zeitweise dem Kondensator durch den Transistor zugeführt wird.

3. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 2, die ferner eine Stromdetektorschaltung umfasst,
wobei die Stromdetektorschaltung einen Widerstand und eine Spannungs-Strom-Wandlerschaltung umfasst,
wobei der Widerstand konfiguriert ist, den Ladestrom von der Leistungsquelle zu der Speicherbatterie durch einen ersten Anschluss des Widerstands und einen zweiten Anschluss des Widerstands fließen zu lassen, und
wobei die Spannungs-Strom-Wandlerschaltung konfiguriert ist, dem Transistor den vom Ladestrom abhängigen Strom gemäß einem Potentialunterschied zwischen dem ersten Anschluss des Widerstands und dem zweiten Anschluss des Widerstands zuzuführen.

4. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 3, wobei der Transistor einen Kanalbildungsbereich umfasst, der einen Oxidhalbleiter umfasst.

5. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 2, wobei der Transistor einen Kanalbildungsbereich umfasst, der einen Oxidhalbleiter umfasst.

6. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 1, die ferner eine Stromdetektorschaltung umfasst,
wobei die Stromdetektorschaltung einen Widerstand und eine Spannungs-Strom-Wandlerschaltung umfasst,
wobei der Widerstand konfiguriert ist, den Ladestrom von der Leistungsquelle zu der Speicherbatterie durch einen ersten Anschluss des Widerstands

und einen zweiten Anschluss des Widerstands fließen zu lassen, und
wobei die Spannungs-Strom-Wandlerschaltung konfiguriert ist, dem Transistor den vom Ladestrom abhängigen Strom gemäß einem Potentialunterschied zwischen dem ersten Anschluss des Widerstands und dem zweiten Anschluss des Widerstands zuzuführen.

7. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 6, wobei der Transistor einen Kanalbildungsbereich umfasst, der einen Oxidhalbleiter umfasst.

8. Halbleitervorrichtung, die umfasst:
eine Leistungsquelle;
einen Transistor;
einen Kondensator; und
einen Komparator,
wobei ein Ladestrom an eine Speicherbatterie von der Leistungsquelle zugeführt wird,
wobei der Transistor konfiguriert ist, dem Kondensator einen Strom zuzuführen, der vom Ladestrom abhängt,
wobei der Kondensator konfiguriert ist, elektrische Ladung anzusammeln, die dem vom Ladestrom abhängigen Strom entspricht, und
wobei der Komparator konfiguriert ist, ein Signal auszugeben, um die Zuführung des Ladestroms von der Leistungsquelle zu der Speicherbatterie zu beenden, wenn ein Potential eines Anschlusses des Kondensators, der elektrisch mit einem Anschluss des Transistors und einem Eingangsanschluss des Komparators verbunden ist, ein Bezugspotential erreicht.

9. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 8, wobei der vom Ladestrom abhängige Strom zeitweise dem Kondensator durch den Transistor zugeführt wird.

10. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 9, die ferner eine Stromdetektorschaltung umfasst,
wobei die Stromdetektorschaltung einen Widerstand und eine Spannungs-Strom-Wandlerschaltung umfasst,
wobei der Widerstand konfiguriert ist, den Ladestrom von der Leistungsquelle zu der Speicherbatterie durch einen ersten Anschluss des Widerstands und einen zweiten Anschluss des Widerstands fließen zu lassen, und
wobei die Spannungs-Strom-Wandlerschaltung konfiguriert ist, dem Transistor den vom Ladestrom abhängigen Strom gemäß einem Potentialunterschied zwischen dem ersten Anschluss des Widerstands und dem zweiten Anschluss des Widerstands zuzuführen.

11. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 10, wobei der Transistor einen Kanalbildungsbereich umfasst, der einen Oxidhalbleiter umfasst.

12. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 9, wobei der Transistor einen Kanalbildungsbereich umfasst, der einen Oxidhalbleiter umfasst.

13. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 8, die ferner eine Stromdetektorschaltung umfasst, wobei die Stromdetektorschaltung einen Widerstand und eine Spannungs-Strom-Wandlerschaltung umfasst, wobei der Widerstand konfiguriert ist, den Ladestrom von der Leistungsquelle zu der Speicherbatterie durch einen ersten Anschluss des Widerstands und einen zweiten Anschluss des Widerstands fließen zu lassen, und wobei die Spannungs-Strom-Wandlerschaltung konfiguriert ist, dem Transistor den vom Ladestrom abhängigen Strom gemäß einem Potentialunterschied zwischen dem ersten Anschluss des Widerstands und dem zweiten Anschluss des Widerstands zuzuführen.

14. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 13, wobei der Transistor einen Kanalbildungsbereich umfasst, der einen Oxidhalbleiter umfasst.

15. Halbleitervorrichtung, die umfasst:
eine Leistungsquelle;
eine Speicherbatterie;
einen Transistor;
einen Kondensator; und
einen Komparator,
wobei ein Ladestrom an die Speicherbatterie von der Leistungsquelle zugeführt wird,
wobei der Transistor konfiguriert ist, dem Kondensator einen Strom zuzuführen, der vom Ladestrom abhängt,
wobei der Kondensator konfiguriert ist, elektrische Ladung anzusammeln, die dem vom Ladestrom abhängigen Strom entspricht, und
wobei der Komparator konfiguriert ist, ein Signal auszugeben, um die Zuführung des Ladestroms von der Leistungsquelle zu der Speicherbatterie zu beenden, wenn ein Potential eines Anschlusses des Kondensators, der elektrisch mit einem Anschluss des Transistors und einem Eingangsanschluss des Komparators verbunden ist, ein Bezugspotential erreicht.

16. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 15, wobei der vom Ladestrom abhängige Strom zeitweise dem Kondensator durch den Transistor zugeführt wird.

17. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 16, die ferner eine Stromdetektorschaltung umfasst, wobei die Stromdetektorschaltung einen Widerstand und eine Spannungs-Strom-Wandlerschaltung umfasst, wobei der Widerstand konfiguriert ist, den Ladestrom von der Leistungsquelle zu der Speicherbatterie durch einen ersten Anschluss des Widerstands

und einen zweiten Anschluss des Widerstands fließen zu lassen, und wobei die Spannungs-Strom-Wandlerschaltung konfiguriert ist, dem Transistor den vom Ladestrom abhängigen Strom gemäß einem Potentialunterschied zwischen dem ersten Anschluss des Widerstands und dem zweiten Anschluss des Widerstands zuzuführen.

18. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 17, wobei der Transistor einen Kanalbildungsbereich umfasst, der einen Oxidhalbleiter umfasst.

19. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 16, wobei der Transistor einen Kanalbildungsbereich umfasst, der einen Oxidhalbleiter umfasst.

20. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 15, die ferner eine Stromdetektorschaltung umfasst, wobei die Stromdetektorschaltung einen Widerstand und eine Spannungs-Strom-Wandlerschaltung umfasst, wobei der Widerstand konfiguriert ist, den Ladestrom von der Leistungsquelle zu der Speicherbatterie durch einen ersten Anschluss des Widerstands und einen zweiten Anschluss des Widerstands fließen zu lassen, und wobei die Spannungs-Strom-Wandlerschaltung konfiguriert ist, dem Transistor den vom Ladestrom abhängigen Strom gemäß einem Potentialunterschied zwischen dem ersten Anschluss des Widerstands und dem zweiten Anschluss des Widerstands zuzuführen.

Es folgen 10 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

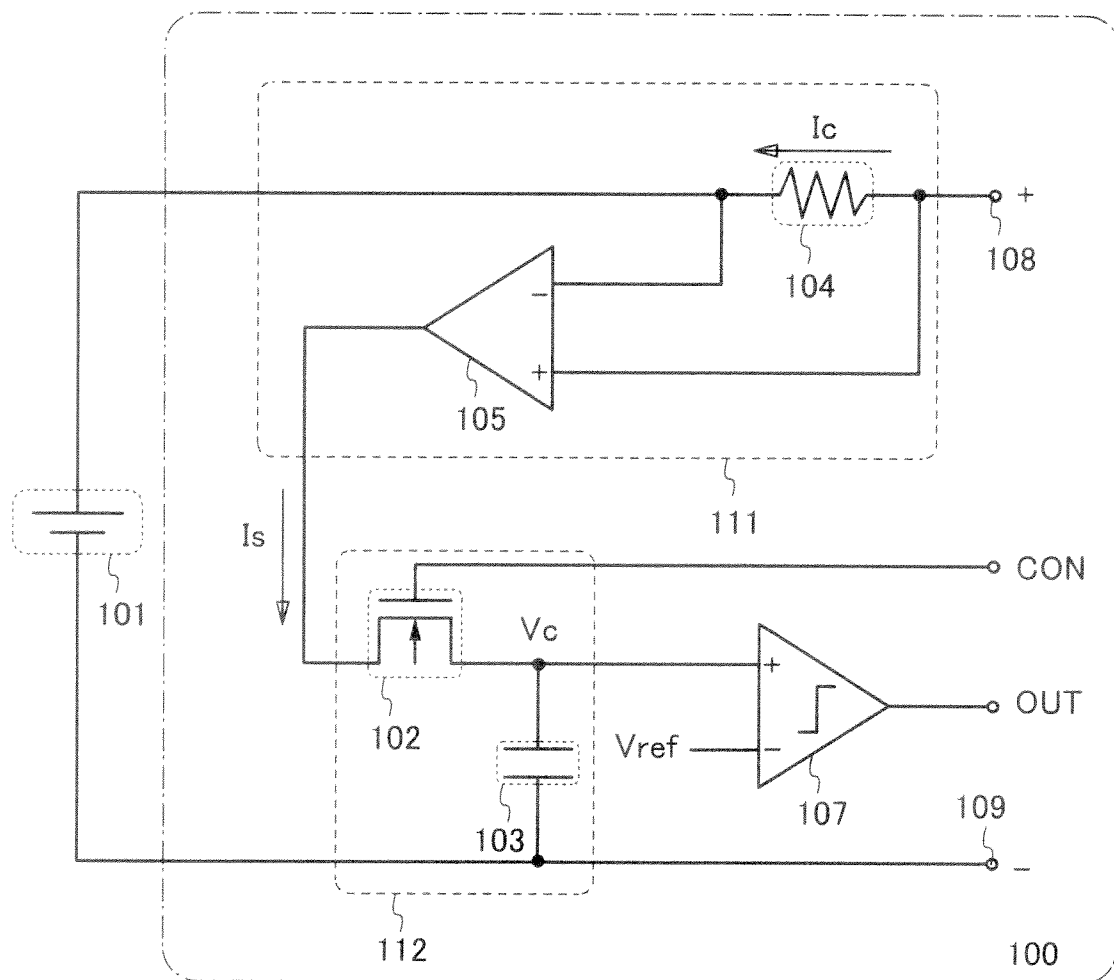


FIG. 2

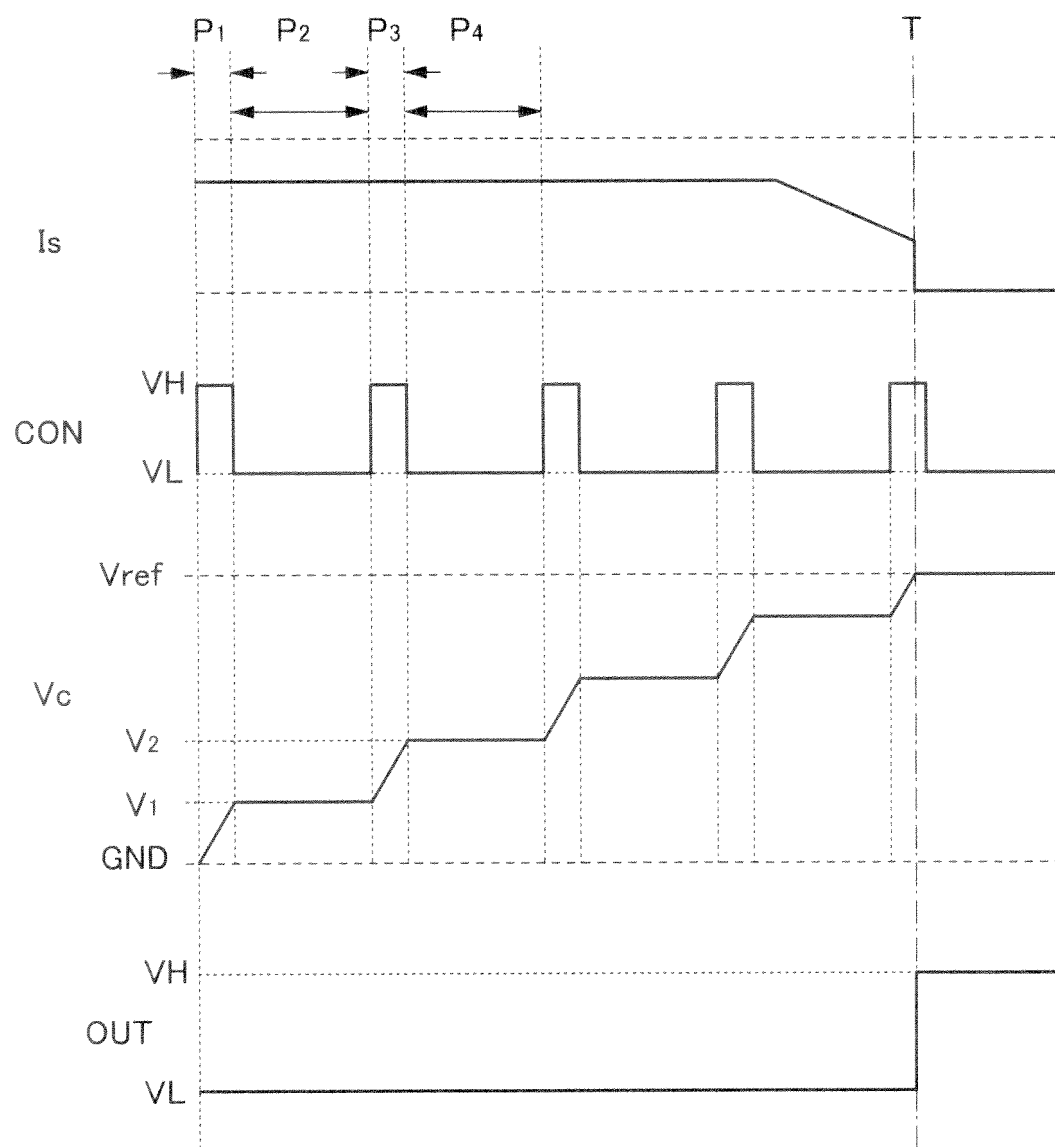
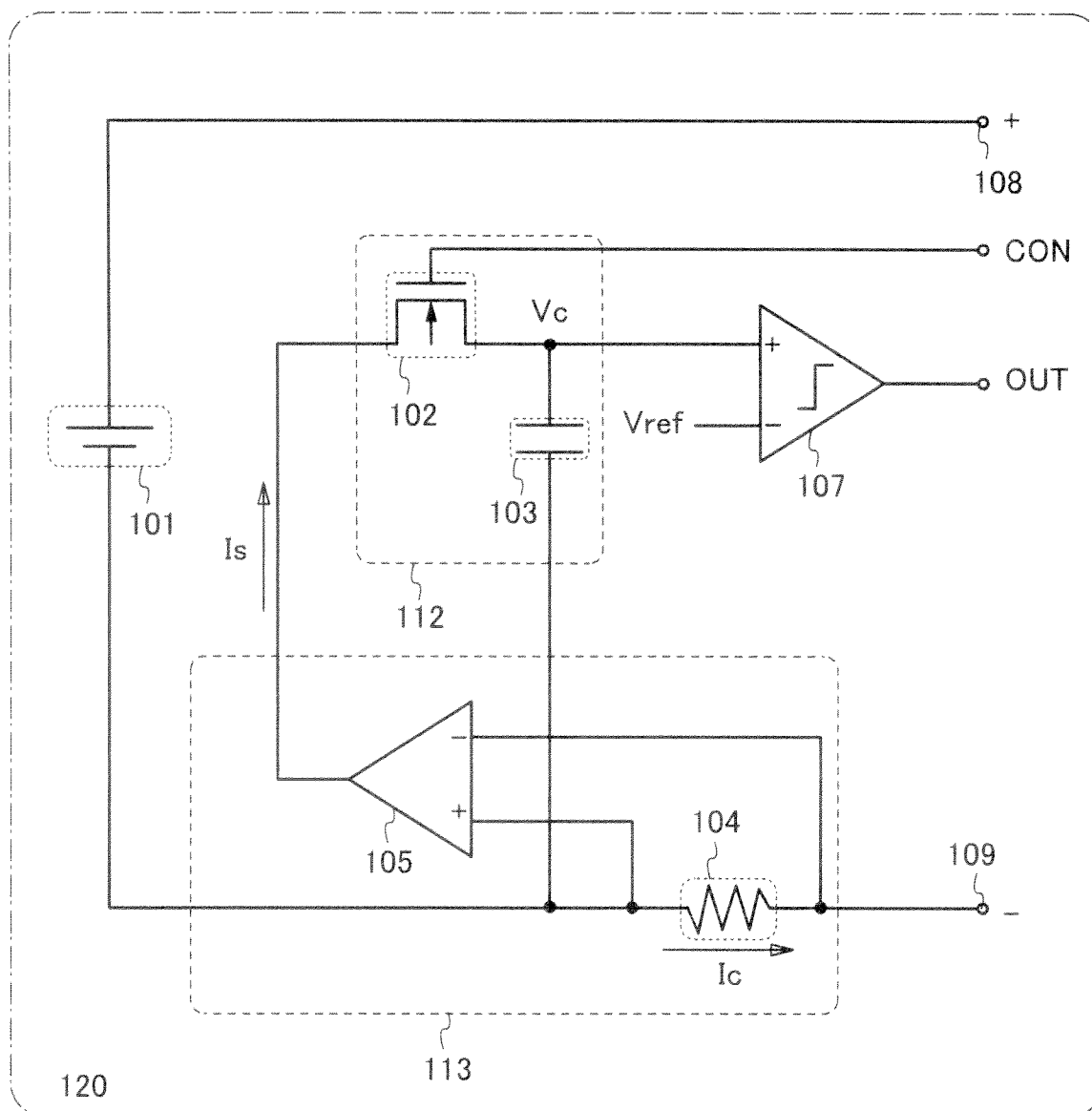


FIG. 3



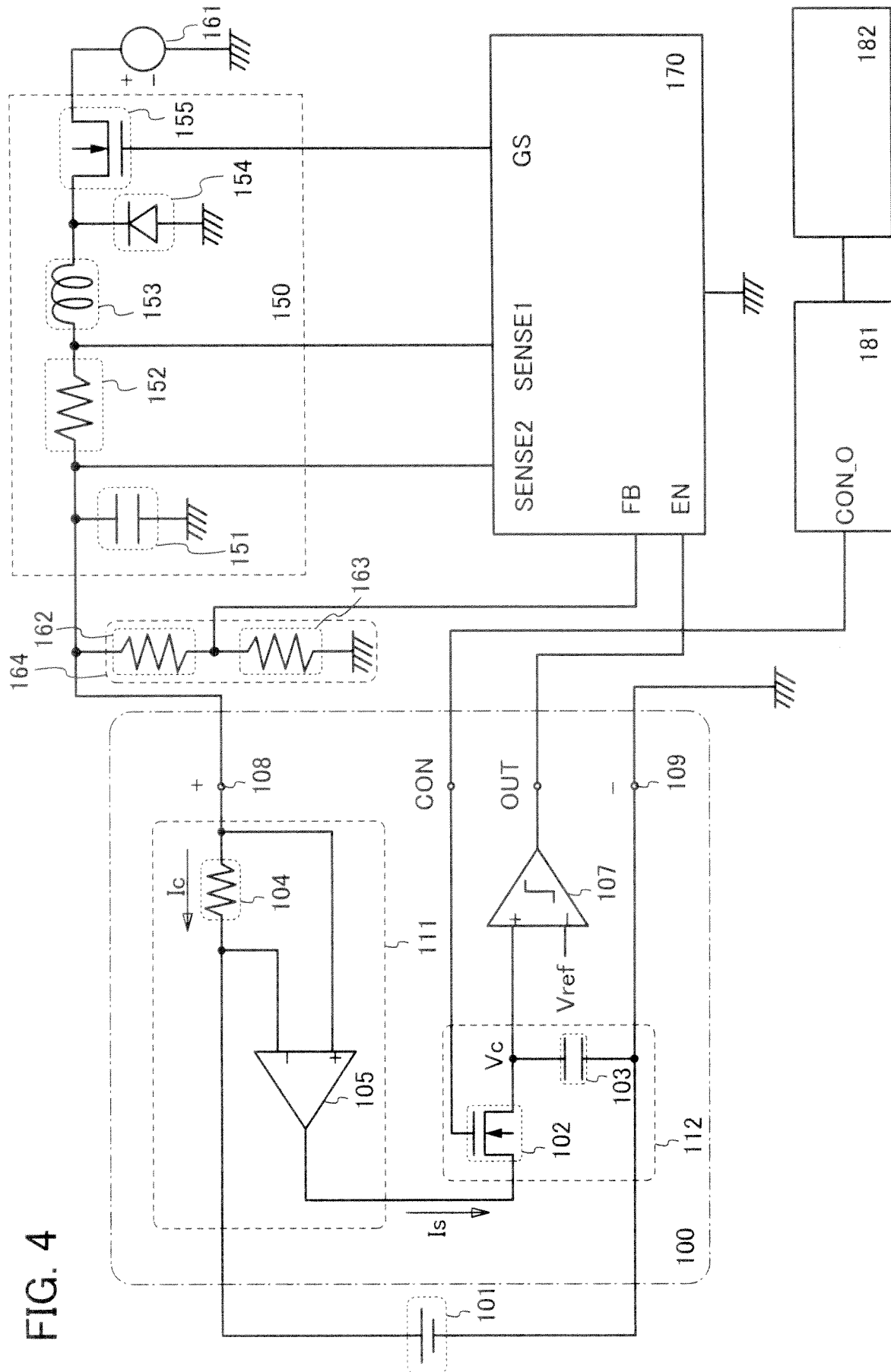


FIG. 5

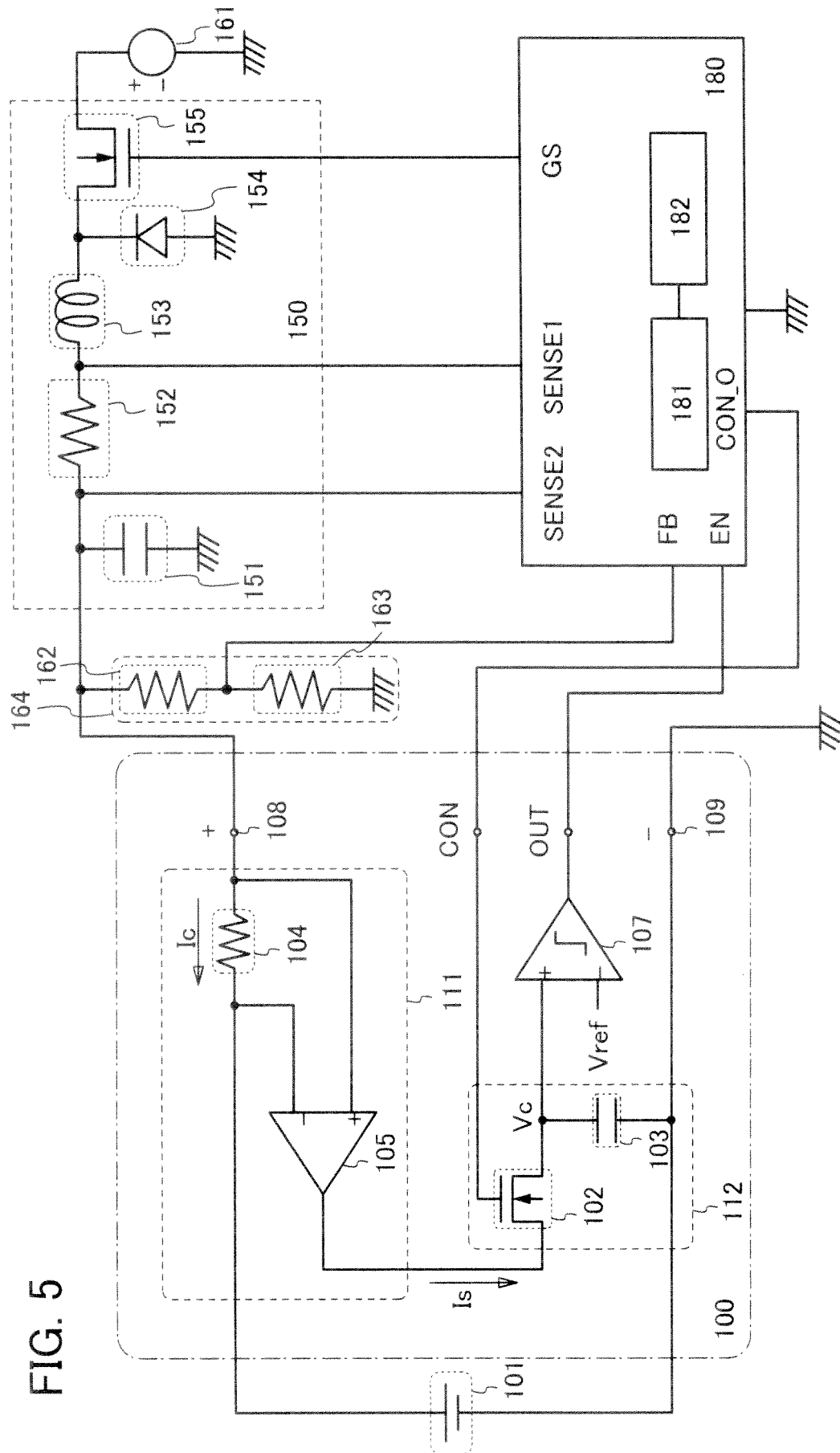
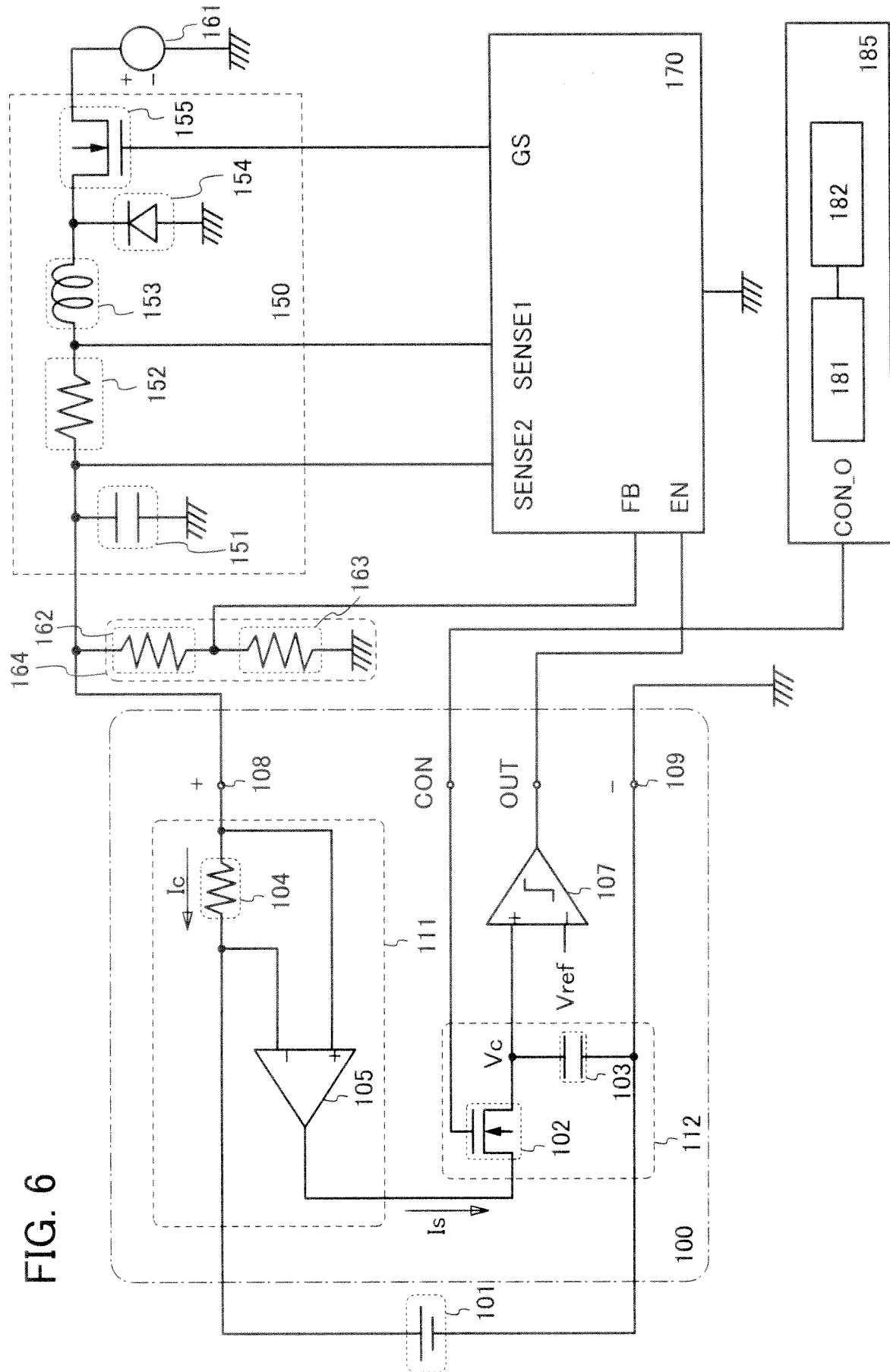


FIG. 6



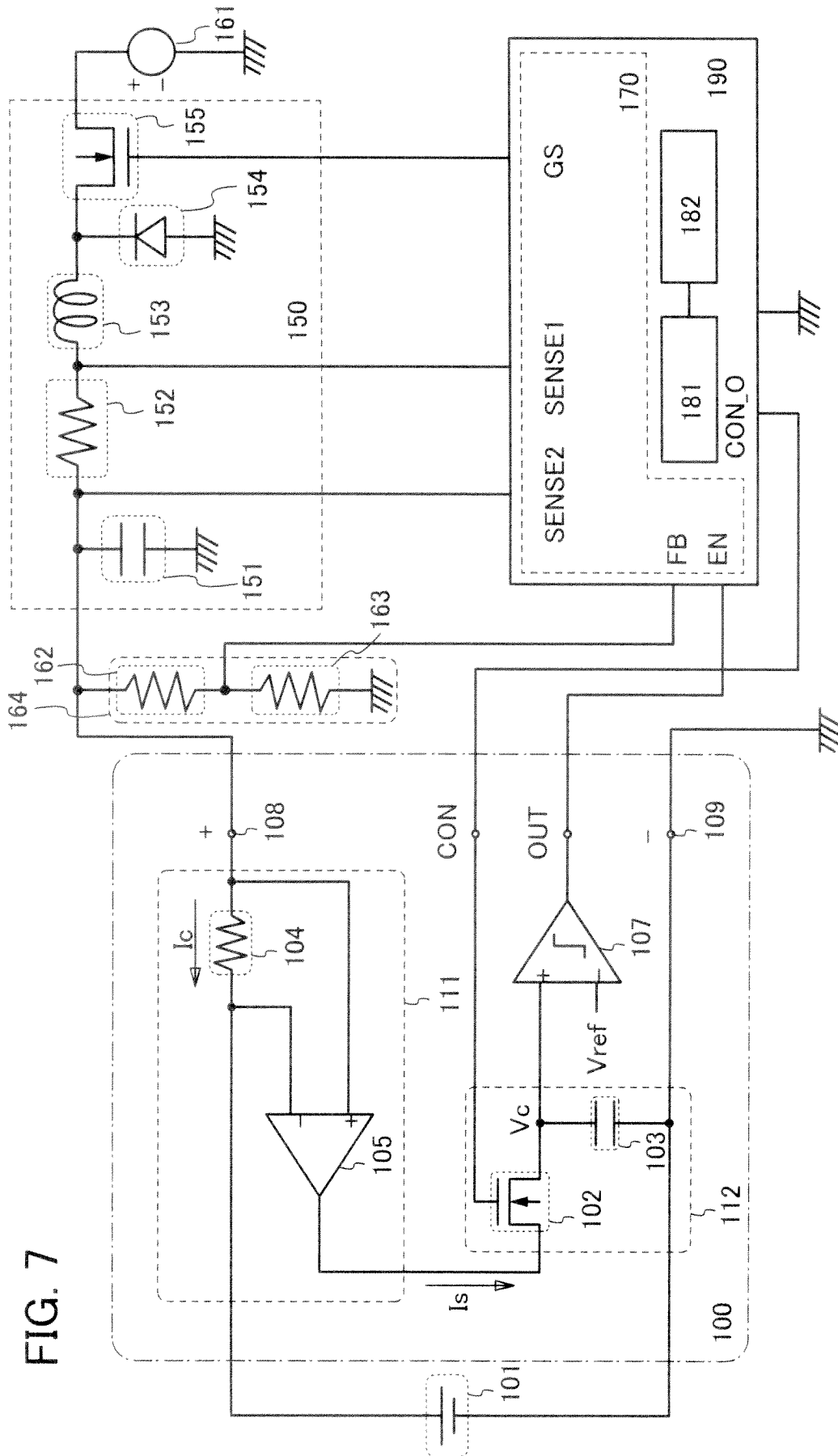


FIG. 8A

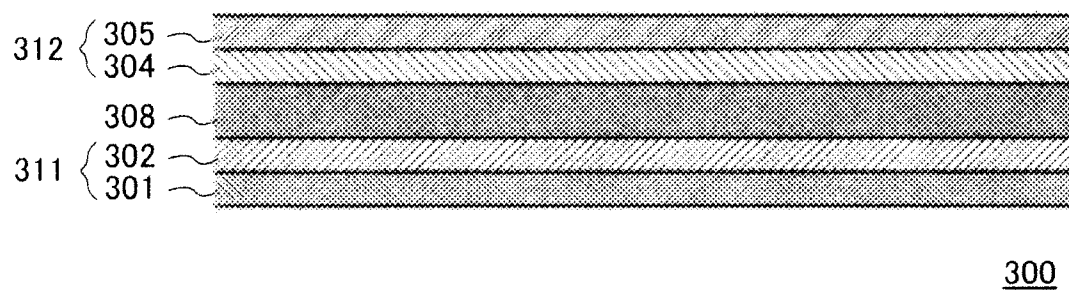


FIG. 8B

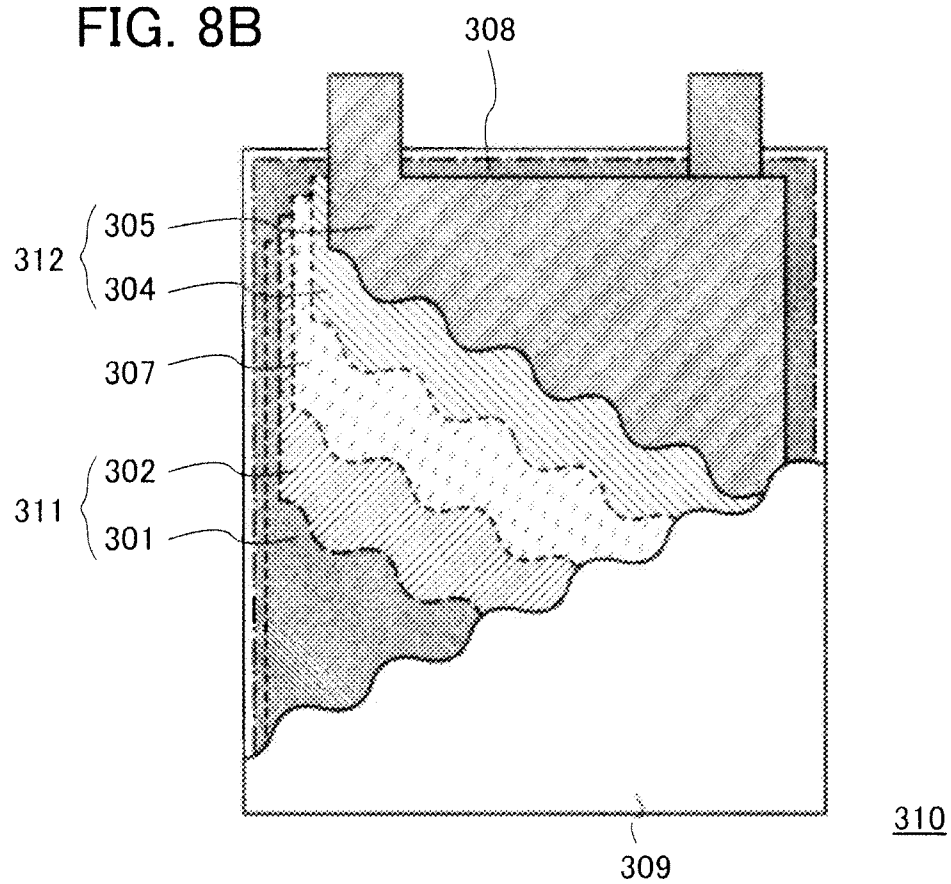


FIG. 9

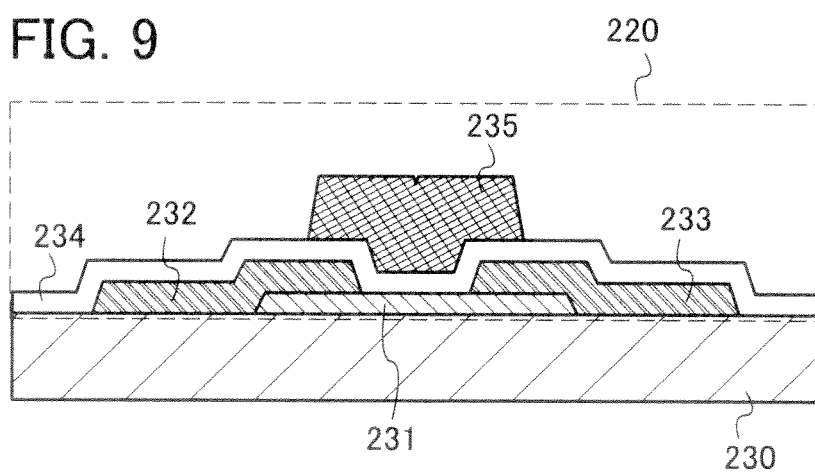


FIG. 10

