



(10) **DE 11 2018 002 796 T5** 2020.03.19

(12)

## Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der  
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2018/220470**  
in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2  
IntPatÜG)  
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2018 002 796.1**  
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/IB2018/053590**  
(86) PCT-Anmeldetag: **22.05.2018**  
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **06.12.2018**  
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung  
in deutscher Übersetzung: **19.03.2020**

(51) Int Cl.: **H03K 5/08 (2006.01)**

**H01L 21/8239 (2006.01)**  
**H01L 21/8242 (2006.01)**  
**H01L 21/8244 (2006.01)**  
**H01L 27/105 (2006.01)**  
**H01L 27/108 (2006.01)**  
**H01L 27/11 (2006.01)**  
**H01L 29/786 (2006.01)**  
**H02M 3/07 (2006.01)**

(30) Unionspriorität:  
**2017-107964 31.05.2017 JP**  
(71) Anmelder:  
**Semiconductor Energy Laboratory Co., Ltd.,  
Atsugi-shi, Kanagawa-ken, JP**

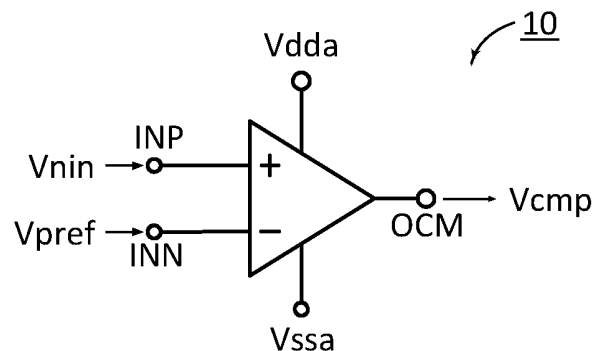
(74) Vertreter:  
**GLAWE DELFS MOLL Partnerschaft mbB von  
Patent- und Rechtsanwälten, 20148 Hamburg, DE**

(72) Erfinder:  
**Matsuzaki, Takanori, Atsugi-shi, Kanagawa, JP;  
Kato, Kiyoshi, Atsugi-shi, Kanagawa, JP**

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.**

(54) Bezeichnung: **Vergleichsschaltung, Halbleitervorrichtung, elektronische Komponente und elektronisches Gerät**

(57) Zusammenfassung: Eine Vergleichsschaltung, in die eine zu vergleichende negative Spannung direkt eingegeben werden kann, wird bereitgestellt. Die Vergleichsschaltung beinhaltet einen ersten Eingangsanschluss, einen zweiten Eingangsanschluss, einen ersten Ausgangsanschluss und ein Differenzpaar. Die Vergleichsschaltung vergleicht eine negative Spannung und eine negative Bezugsspannung und gibt in Reaktion auf das Vergleichsergebnis von dem ersten Ausgangsanschluss eine erste Ausgangsspannung aus. Die negative Spannung wird in den ersten Eingangsanschluss eingegeben. Eine positive Bezugsspannung wird in den zweiten Eingangsanschluss eingegeben. Die positive Bezugsspannung wird derart bestimmt, dass ein Vergleich durchgeführt wird. Das Differenzpaar beinhaltet einen ersten n-Kanal-Transistor und einen zweiten n-Kanal-Transistor, die jeweils ein Gate und ein Rückgate aufweisen. Der erste Eingangsanschluss ist elektrisch mit dem Rückgate des ersten n-Kanal-Transistors verbunden. Der zweite Eingangsanschluss ist elektrisch mit dem Gate des zweiten n-Kanal-Transistors verbunden.



**Beschreibung**

## Technisches Gebiet

**[0001]** Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, die in der Beschreibung, den Zeichnungen und dem Schutzbereich der Ansprüche dieser Anmeldung (nachstehend als diese Beschreibung und dergleichen bezeichnet) offenbart ist, betrifft eine Halbleitervorrichtung, ein Betriebsverfahren dafür, ein Verwendungsverfahren dafür, ein Herstellungsverfahren dafür und dergleichen. Es sei angemerkt, dass eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung nicht auf das vorstehende technische Gebiet beschränkt ist.

## Stand der Technik

**[0002]** Eine Halbleitervorrichtung, bei der eine negative Spannung verwendet wird, ist bekannt. Beispielsweise ist, um einen unterschwelligen Leckstrom zu verringern, eine Substratvorspannung in einem n-Kanal-MOS-Transistor eine negative Spannung, während eine Substratvorspannung in einem p-Kanal-MOS-Transistor eine positive Spannung ist (z. B. Patentedokument 1). Bei einem Flash-Speicher wird je nach dem Betrieb eine negative Spannung verwendet (z. B. Patentedokument 2).

**[0003]** Ein negatives Potential kann durch eine Ladungspumpenschaltung erzeugt werden. Patentedokumente 2 und 3 offenbaren eine Technik zum Erzeugen von negativen Potentialen mit hoher Genauigkeit. In Patentedokumenten 2 und 3 wird eine negative Spannung, die von einer Ladungspumpenschaltung ausgegeben wird, in eine positive Spannung umgewandelt, die Differenz zwischen der positiven Spannung und einer positiven Bezugsspannung wird durch eine Vergleichsschaltung erkannt, und der Betrieb der Ladungspumpenschaltung wird auf Basis der Erkennungsergebnisse gesteuert.

**[0004]** Es sei angemerkt, dass die Erdspannung (**GND**) in dieser Beschreibung und der gleichen als 0 V angenommen wird, und die positive Spannung und die negative Spannung werden auf Basis der Erdspannung definiert.

**[0005]** Ein Transistor, der ein Metalloxid in einem Kanalbildungsbereich enthält (nachstehend kann ein derartiger Transistor als Oxidhalbleitertransistor oder als OS-Transistor bezeichnet werden), ist bekannt. Verschiedene Halbleitervorrichtungen sind unter Verwendung eines Hybrid-CMOS-Prozesses für einen OS-Transistor und einen Si-Transistor hergestellt worden (z. B. Nichtpatentedokument 1). Wie in Nichtpatentedokument 1 offenbart, kann ein OS-Transistor über einem Si-Transistor angeordnet werden.

**[0006]** Ein Si-Transistor kann durch Einführen der Verunreinigung die Schwellenspannung (nachstehend in einigen Fällen als  $V_t$  bezeichnet) steuern. Eine zuverlässige Technik zum Steuern der Schwellenspannung eines OS-Transistors ist jedoch noch nicht geschaffen worden. In Patentedokument 4 wird beispielsweise die Schwellenspannung eines OS-Transistors, der eine erste Gate-Elektrode (auch als Gate oder Vorgertgate bezeichnet) und eine zweite Gate-Elektrode (auch als Rückgate bezeichnet) beinhaltet, durch Steuern der Spannung der zweiten Gate-Elektrode gesteuert. Die Schwellenspannung des OS-Transistors, der ein n-Kanal-Transistor ist, verschiebt sich positiv, wenn eine negative Spannung in die zweite Gate-Elektrode eingegeben wird.

## [Referenzen]

## [Patentedokumente]

[Patentedokument 1] Japanische Patentoffenlegungsschrift Nr. H11-191611

[Patentedokument 2] Japanische Patentoffenlegungsschrift Nr. H7-231647

[Patentedokument 3] Japanische Patentoffenlegungsschrift Nr. H11-150230

[Patentedokument 4] Japanische Patentoffenlegungsschrift Nr. 2012-069932

## [Nichtpatentedokument]

**[0007]** [Nichtpatentedokument 1] T. Onuki et al., „Embedded Memory and ARM Cortex-M0 Core Using 60-nm C-Axis Aligned Crystalline Indium-Gallium-Zinc Oxide FET Integrated with 65-nm Si CMOS (Embedded-Speicher und ARM Cortex-M0 Kern unter Verwendung eines 60 nm c-Axis Aligned Crystalline Indium-Gallium-Zink-Oxid-FET, der mit einem 65 nm Si-CMOS integriert ist),“ Symp. VLSI Circuits Dig. Tech. Papers, S. 124-125, Jun. 2016.

## Offenbarung der Erfindung

**[0008]** Aufgaben einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung sind, eine Vergleichsschaltung bereitzustellen, in die eine zu vergleichende negative Spannung direkt eingegeben werden kann, eine negative Spannung mit hoher Genauigkeit zu erzeugen, den Stromverbrauch zu verringern und dergleichen.

**[0009]** Es sei angemerkt, dass eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung nicht unbedingt alle vorstehend beschriebenen Aufgaben erfüllen muss. Die Beschreibung einer Vielzahl von Aufgaben schließt das Vorhandensein der einzelnen Aufgabe nicht aus. Weitere Aufgaben werden aus der Erläuterung dieser Beschreibung und dergleichen ersichtlich, und derartige Aufgaben könnten Aufgaben einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung sein.

(1) Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist eine Vergleichsschaltung, die einen ersten Eingangsanschluss, einen zweiten Eingangsanschluss, einen ersten Ausgangsanschluss und eine Differenzeingangsschaltung beinhaltet. Die Vergleichsschaltung vergleicht eine negative Spannung und eine negative Bezugsspannung und gibt in Reaktion auf das Vergleichsergebnis von dem ersten Ausgangsanschluss eine erste Ausgangsspannung aus. Die negative Spannung wird in den ersten Eingangsanschluss eingegeben. Eine positive Bezugsspannung wird in den zweiten Eingangsanschluss eingegeben. Die positive Bezugsspannung wird derart bestimmt, dass ein Vergleich durchgeführt wird. Die Differenzeingangsschaltung beinhaltet ein Differenzpaar aus einem ersten n-Kanal-Transistor und einem zweiten n-Kanal-Transistor. Der erste n-Kanal-Transistor und der zweite n-Kanal-Transistor weisen jeweils ein Gate und ein Rückgate auf. Eine erste Vorspannung wird in das Gate des ersten n-Kanal-Transistors eingegeben. Der erste Eingangsanschluss ist elektrisch mit dem Rückgate des ersten n-Kanal-Transistors verbunden. Der zweite Eingangsanschluss ist elektrisch mit dem Gate des zweiten n-Kanal-Transistors verbunden. Eine zweite Vorspannung wird in das Rückgate des zweiten n-Kanal-Transistors eingegeben.

(2) Bei der Ausführungsform (1) enthält ein Kanalbildungsbereich sowohl des ersten n-Kanal-Transistors als auch des zweiten n-Kanal-Transistors ein Metalloxid.

(3) Die Vergleichsschaltung nach der Ausführungsform (1) oder (2) ist eine dynamische Vergleichsschaltung. Die Differenzeingangsschaltung beinhaltet eine Latch-Schaltung, die elektrisch mit dem Differenzpaar verbunden ist.

(4) Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist eine Halbleitervorrichtung, die eine Abwärts-Ladungspumpenschaltung, eine Treiberschaltung und die Vergleichsschaltung nach einem der Ausführungsformen (1) bis (3) beinhaltet. Ein Ausgangsanschluss der Abwärts-Ladungspumpenschaltung ist elektrisch mit dem ersten Eingangsanschluss der Vergleichsschaltung verbunden. Die erste Ausgangsspannung wird von der Vergleichsschaltung in die Treiberschaltung eingegeben. Die Treiberschaltung erzeugt gemäß der ersten Ausgangsspannung ein Taktsignal zum Betreiben der Abwärts-Ladungspumpenschaltung.

**[0010]** Nach einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann eine Vergleichsschaltung, in die eine zu vergleichende negative Spannung direkt eingegeben werden kann, bereitgestellt werden. Des Weiteren kann eine negative Spannung mit hoher

Genauigkeit erzeugt werden. Außerdem kann der Stromverbrauch verringert werden.

**[0011]** Bei einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung muss man nicht notwendigerweise alle vorstehend beschriebenen Wirkungen erzielen. Die Beschreibung der Vielzahl von Wirkungen schließt das Vorhandensein weiterer Wirkungen nicht aus. Bei einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung sind eine andere Aufgabe als die vorstehenden Aufgaben, eine andere Wirkung als die vorstehenden Wirkungen und ein neuartiges Merkmal aus der Erläuterung der Beschreibung und der Zeichnungen ersichtlich.

## Figurenliste

**Fig. 1A** und **Fig. 1B** sind Schaltpläne, die ein Konfigurationsbeispiel für eine Vergleichsschaltung darstellen, und **Fig. 1C** ist eine Darstellung, die Drain-Strom-Gate-Spannungseigenschaften eines Transistors schematisch zeigt.

**Fig. 2** ist ein Schaltplan, der ein Konfigurationsbeispiel für eine Vergleichsschaltung darstellt.

**Fig. 3A** und **Fig. 3B** sind Schaltpläne, die ein Konfigurationsbeispiel für eine Vergleichsschaltung darstellen.

**Fig. 4A** bis **Fig. 4C** sind Schaltpläne, die jeweils ein Konfigurationsbeispiel für eine Vergleichsschaltung zeigen.

**Fig. 5** ist ein Schaltplan, der ein Konfigurationsbeispiel für eine Vergleichsschaltung darstellt.

**Fig. 6** ist ein Blockdiagramm, das ein Strukturbeispiel für eine Versorgungsvorrichtung für eine negative Spannung darstellt.

**Fig. 7** ist ein Schaltplan, der ein Konfigurationsbeispiel für eine Ladungspumpenschaltung darstellt.

**Fig. 8A** bis **Fig. 8C** sind Schaltpläne, die jeweils ein Strukturbeispiel für eine Ladungspumpenschaltung darstellen.

**Fig. 9A** ist ein Schaltplan, der ein Konfigurationsbeispiel für eine Halteschaltung für eine negative Spannung darstellt, und **Fig. 9B** ist eine Wahrheitstabelle einer Treiberschaltung.

**Fig. 10** ist ein Zeitdiagramm, das ein Betriebsbeispiel für eine Versorgungsvorrichtung für eine negative Spannung zeigt.

**Fig. 11** ist ein Blockdiagramm, das ein Konfigurationsbeispiel für eine Versorgungsvorrichtung für eine negative Spannung darstellt.

**Fig. 12** ist ein Schaltplan, der ein Strukturbeispiel für eine Halteschaltung für eine negative Spannung darstellt.

**Fig. 13A** und **Fig. 13B** sind Schaltpläne, die jeweils ein Konfigurationsbeispiel für eine Halteschaltung für eine negative Spannung darstellen.

**Fig. 14A** ist ein Blockdiagramm, das ein Konfigurationsbeispiel für eine Speichervorrichtung darstellt, und **Fig. 14B** ist ein Schaltplan, der ein Konfigurationsbeispiel für eine Speicherzelle darstellt.

**Fig. 15A** bis **Fig. 15F** sind Schaltpläne, die jeweils ein Konfigurationsbeispiel für eine Speicherzelle darstellen.

**Fig. 16A** ist ein Schaltplan, der ein Konfigurationsbeispiel für eine Speicherzelle darstellt, und **Fig. 16B** ist ein Zeitdiagramm, das ein Betriebsbeispiel für die Speicherzelle zeigt.

**Fig. 17A** ist ein Schaltplan, der ein Konfigurationsbeispiel für eine Speicherzelle darstellt, und **Fig. 17B** ist ein Zeitdiagramm, das ein Betriebsbeispiel für die Speicherzelle zeigt.

**Fig. 18** ist ein Blockdiagramm, das ein Strukturbeispiel für eine Mikrocontroller-Einheit darstellt.

**Fig. 19** ist ein Schaltplan, der ein Strukturbeispiel für ein Flipflop darstellt.

**Fig. 20** ist ein Blockdiagramm, das ein Konfigurationsbeispiel für ein FPGA darstellt.

**Fig. 21A** ist ein Schaltplan, der ein Konfigurationsbeispiel für einen Routing-Schalter darstellt, und **Fig. 21B** ist ein Schaltplan, der ein Konfigurationsbeispiel für einen Konfigurationsspeicher zeigt.

**Fig. 22A** ist ein Blockdiagramm, das ein Konfigurationsbeispiel für eine Abbildungsvorrichtung darstellt, und **Fig. 22B** ist ein Schaltplan, der ein Konfigurationsbeispiel für ein Pixel darstellt.

**Fig. 23A** und **Fig. 23B** sind schematische perspektivische Ansichten von elektronischen Komponenten.

**Fig. 24A** bis **Fig. 24D** sind Darstellungen, die jeweils ein Strukturbeispiel für ein elektronisches Gerät darstellen.

**Fig. 25** ist eine Querschnittsansicht, die ein mehrschichtiges Strukturbeispiel für einen Schaltungsabschnitt einer elektronischen Komponente darstellt.

**Fig. 26A** und **Fig. 26B** sind Querschnittsansichten, die jeweils ein Strukturbeispiel für einen OS-Transistor darstellen.

Beste Methode zum Durchführen der Erfindung

**[0012]** Nachstehend werden Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung beschrieben. Es sei angemerkt, dass eine Ausführungsform der vorliegen-

den Erfindung nicht auf die folgende Beschreibung beschränkt ist. Es erschließt sich Fachleuten ohne Weiteres, dass Modi und Details der vorliegenden Erfindung auf verschiedene Weise verändert werden können, ohne dabei vom Gedanken und Schutzbereich der vorliegenden Erfindung abzuweichen. Deshalb sollte eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung nicht als auf die Beschreibung der folgenden Ausführungsformen beschränkt angesehen werden.

**[0013]** Beliebige der nachstehend beschriebenen Ausführungsformen können je nach Bedarf kombiniert werden. In dem Fall, in dem einige Strukturbeispiele (darunter auch ein Beispiel für ein Herstellungsverfahren, ein Beispiel für ein Betriebsverfahren und dergleichen) bei einer Ausführungsform gezeigt werden, können beliebige der Strukturbeispiele je nach Bedarf miteinander kombiniert werden oder je nach Bedarf mit einem oder mehreren Strukturbeispielen, die bei den anderen Ausführungsformen beschrieben werden, kombiniert werden.

**[0014]** Bei dieser Beschreibung und dergleichen werden Ordnungszahlen, wie z. B. „erste“, „zweite“ und „dritte“, verwendet, um eine Verwechslung unter Komponenten zu vermeiden, und die Begriffe beschränken die Anzahl oder die Reihenfolge der Komponenten nicht.

**[0015]** In einigen Fällen werden die gleichen Komponenten, Komponenten, die ähnliche Funktionen aufweisen, Komponenten, die unter Verwendung des gleichen Materials ausgebildet werden, Komponenten, die gleichzeitig ausgebildet werden, und dergleichen in den Zeichnungen durch die gleichen Bezugszeichen bezeichnet, und wird ihre Beschreibung nicht wiederholt.

**[0016]** Wenn eine Vielzahl von Komponenten, die durch die gleichen Bezugszeichen bezeichnet werden, voneinander zu unterscheiden sind, wird in einigen Fällen „\_1“, „\_2“, „[n]“, „[m, n]“ oder dergleichen den Bezugszeichen hinzugefügt.

**[0017]** Bei dieser Beschreibung kann eine Stromversorgungsspannung **VDD** beispielsweise als „Spannung **VDD**“ oder „**VDD**“ abgekürzt werden. Das Gleiche gilt für weitere Komponenten (z. B. ein Signal, eine Spannung, eine Schaltung, ein Element, eine Elektrode und eine Leitung).

**[0018]** In den Zeichnungen ist die Größe, die Dicke einer Schicht, der Bereich und dergleichen in einigen Fällen der Klarheit halber übertrieben dargestellt. Deshalb ist die Größe, die Dicke einer Schicht oder der Bereich nicht auf das dargestellte Größenverhältnis beschränkt. Die Zeichnungen sind schematische Ansichten, die ideale Beispiele zeigen, und Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung sind

nicht auf Formen oder Werte beschränkt, welche in den Zeichnungen gezeigt sind. Beispielsweise können die folgenden Schwankungen mit eingeschlossen werden: Schwankungen eines Signals, einer Spannung oder eines Stroms aufgrund eines Rauschens oder einer Zeitdifferenz.

**[0019]** In dieser Beschreibung werden in einigen Fällen Begriffe zum Beschreiben der Anordnung, wie z. B. „über“, „oberhalb“, „unter“ und „unterhalb“, der Einfachheit halber beim Beschreiben der Positionsbeziehung zwischen Komponenten unter Bezugnahme auf Zeichnungen verwendet. Die Positionsbeziehung zwischen Komponenten wird ferner nach Bedarf entsprechend einer Richtung geändert, in der eine jeweilige Komponente beschrieben wird. Deshalb gibt es keine Beschränkung bezüglich der Begriffe, die in dieser Beschreibung verwendet werden, und eine Beschreibung kann je nach Situation angemessen erfolgen.

**[0020]** Es sei angemerkt, dass ein Transistor drei Anschlüsse beinhaltet: ein Gate, eine Source und einen Drain. Ein Gate dient als Steueranschluss, der den Leitungszustand eines Transistors steuert. In Abhängigkeit von dem Typ des Transistors oder den Pegeln der Potentiale, die den Anschlüssen zugeführt werden, dient einer von zwei Eingangs-/Ausgangsanschlüssen als Source, und der andere dient als Drain. Deshalb können die Begriffe „Source“ und „Drain“ in dieser Beschreibung und dergleichen miteinander vertauscht werden. In dieser Beschreibung und dergleichen können die zwei Anschlüsse außer dem Gate als erster Anschluss und zweiter Anschluss bezeichnet werden.

**[0021]** Ein Knoten kann in Abhängigkeit von der Schaltungskonfiguration, der Bauteilstruktur oder dergleichen als Anschluss, Leitung, Elektrode, leitende Schicht, Leiter, Verunreinigungsgebiet oder dergleichen bezeichnet werden. Außerdem kann ein Anschluss, eine Leitung oder dergleichen als Knoten bezeichnet werden.

**[0022]** In dieser Beschreibung und dergleichen können die Begriffe „Film“ und „Schicht“ je nach Sachlage oder Umständen ausgetauscht werden. Beispielsweise kann der Begriff „leitende Schicht“ in einigen Fällen in den Begriff „leitender Film“ umgewandelt werden. Der Begriff „Isolierfilm“ kann beispielsweise in einigen Fällen in den Begriff „Isolierschicht“ umgewandelt werden.

**[0023]** In dieser Beschreibung und dergleichen bezeichnet eine Halbleitervorrichtung eine Vorrichtung, die Halbleitereigenschaften nutzt, und bedeutet eine Schaltung, die ein Halbleiterelement (z. B. einen Transistor oder eine Diode) beinhaltet, eine Vorrichtung, die die Schaltung beinhaltet, und dergleichen. Die Halbleitervorrichtung bedeutet auch jede Vorrich-

tung, die unter Nutzung von Halbleitereigenschaften arbeiten kann. Beispielsweise sind eine integrierte Schaltung und ein Chip, der eine integrierte Schaltung beinhaltet, Beispiele für Halbleitervorrichtungen. Des Weiteren könnten eine Speichervorrichtung, eine Anzeigevorrichtung, eine Licht emittierende Vorrichtung, eine Beleuchtungsvorrichtung, ein elektronisches Gerät und dergleichen an sich Halbleitervorrichtungen sein oder könnten jeweils eine Halbleitervorrichtung beinhalten.

[Ausführungsform 1]

**[0024]** Bei dieser Ausführungsform werden eine Vergleichsschaltung, in die eine zu vergleichende negative Spannung direkt eingegeben werden kann, und eine Halbleitervorrichtung, die die Vergleichsschaltung beinhaltet, beschrieben.

<<Vergleichsschaltung>>

**[0025]** Hier wird ein Konfigurationsbeispiel für eine Vergleichsschaltung beschrieben, in der eine Differenzverstärkerschaltung verwendet wird.

**[0026]** Fig. 1A stellt ein Beispiel für eine Vergleichsschaltung dar. Eine Vergleichsschaltung 10, die in Fig. 1A dargestellt ist, beinhaltet Anschlüsse INN, INP und OCM. Die Anschlüsse INN, INP und OCM sind ein invertierender Eingangsanschluss, ein nicht invertierender Eingangsanschluss bzw. ein Ausgangsanschluss.

**[0027]** Spannungen Vdda und Vssa werden in die Vergleichsschaltung 10 eingegeben. Bei der Spannung Vdda handelt es sich um eine hohe Stromversorgungsspannung. Bei der Spannung Vssa handelt es sich um eine niedrige Stromversorgungsspannung, wie z. B. 0 V (Erdspannung, GND).

**[0028]** Die Vergleichsschaltung 10 weist eine Funktion zum Vergleichen einer negativen Spannung Vnin mit einer negativen Bezugsspannung Vnref und zum Ausgeben einer Spannung Vcmp, die den Vergleichsergebnissen entspricht, von dem Anschluss OCM auf. Die negative Spannung Vnin wird in den Anschluss INP eingegeben. Nicht die negative Bezugsspannung Vnref, sondern eine positive Bezugsspannung Vpref wird in den Anschluss INN eingegeben. Die positive Bezugsspannung Vpref entspricht der negativen Bezugsspannung Vnref, die in eine positive Spannung umgewandelt wird. Der Wert der positiven Bezugsspannung Vpref wird derart bestimmt, dass die Vergleichsschaltung 10 den Vergleich durchführen kann.

**[0029]** Fig. 1B stellt ein Beispiel für die Schaltungskonfiguration der Vergleichsschaltung 10 dar. Die Vergleichsschaltung 10 besteht aus einer Differenz-

schaltung und beinhaltet ein Differenzpaar **14**, eine Stromquelle **17** und einen Lastkreis **18**.

**[0030]** Das Differenzpaar **14** beinhaltet Transistoren **MO11** und **MO12**. Bei jedem der Transistoren **MO11** und **MO12** handelt es sich um einen OS-Transistor mit einem Rückgate. Das Rückgate des Transistors **MO11** ist elektrisch mit dem Anschluss **INP** verbunden, und die Spannung **Vdda** wird in das Gate eingegeben. Das Gate des Transistors **MO12** ist elektrisch mit dem Anschluss **INN** verbunden, und die Spannung **Vssa** wird in das Rückgate eingegeben.

**[0031]** Hier wird ein Verbindungsknoten zwischen dem Transistor **MO11** und dem Lastkreis **18** als Knoten **X11** bezeichnet, ein Verbindungsknoten zwischen dem Transistor **MO12** und dem Lastkreis **18** wird als Knoten **X12** bezeichnet, und ein Verbindungsknoten zwischen dem Transistor **MO11** und dem Transistor **MO12** wird als Knoten **X13** bezeichnet. Die Stromquelle **17** führt dem Knoten **X13** einen Strom  $I_{ss}$  zu. Der Lastkreis **18** legt an die Knoten **X11** und **X12** Belastungen **Rd1** bzw. **Rd2** an.

**[0032]** Es sei angemerkt, dass in den Zeichnungen der n-Kanal-Transistor mit einem Rückgate ein OS-Transistor ist und der p-Kanal-Transistor und der n-Kanal-Transistor mit keinem Rückgate Si-Transistoren sind, sofern nicht anders festgelegt.

**[0033]** Die Spannung jedes der Knoten **X12** und **X11** wird durch eine Differenz zwischen einem Drain-Strom ( $I_{mo1}$ ) des Transistors **MO11** und einem Drain-Strom ( $I_{mo2}$ ) des Transistors **MO12** bestimmt. In dem Beispiel der **Fig. 1B**, in dem der Anschluss **OCM** elektrisch mit dem Knoten **X12** verbunden ist, liegt die Spannung **Vcmp** auf dem hohen Pegel („H“), wenn  $I_{mo1} > I_{mo2}$  gilt, während die Spannung **Vcmp** auf dem niedrigen Pegel („L“) liegt, wenn  $I_{mo1} < I_{mo2}$  gilt.

(Beispiel zum Einstellen der positiven Bezugsspannung  $V_{pref}$ )

**[0034]** Eine Differenz zwischen dem Strom  $I_{mo1}$  und dem Strom  $I_{mo2}$ , die durch das Differenzpaar **14** fließen, kann in eine Spannungsdifferenz zwischen dem Anschluss **INP** und dem Anschluss **INN** umgewandelt werden. Die positive Bezugsspannung  $V_{pref}$  kann daher gemäß der Spannungsdifferenz eingestellt werden. Insbesondere wird in dem Fall, in dem die Spannung des Anschlusses **INP**, die Gate-Spannung des Transistors **MO11** und die Rückgate-Spannung des Transistors **MO12**  $V_{nref}$ ,  $V_{dda}$  bzw.  $V_{ssa}$  sind, eine Spannungsdifferenz zwischen dem Anschluss **INP** und dem Anschluss **INN** zu dem Zeitpunkt abgeschätzt, zu dem die Differenz zwischen  $I_{mo1}$  und  $I_{mo2}$  0 Ampere ist. Der Wert der positiven Bezugsspannung  $V_{pref}$  kann aus der abgeschätzten Spannungsdifferenz eingestellt werden.

**[0035]** Indem die positive Bezugsspannung  $V_{pref}$  auf diese Weise eingestellt wird, gibt der Anschluss **OCM** die Spannung **Vcmp** auf „H“ aus, wenn  $V_{nin} > V_{nref}$  gilt, während der Anschluss **OCM** die Spannung **Vcmp** auf „L“ ausgibt, wenn  $V_{nin} < V_{nref}$  gilt.

**[0036]** Das Funktionsprinzip der Vergleichsschaltung **10** wird unter Bezugnahme auf **Fig. 1C** beschrieben. **Fig. 1C** zeigt schematisch Drain-Strom-Gate-Spannungs- (Id-Vg-) Eigenschaften des Transistors **MO11**. Eine Kurve **9A** ist die Id-Vg-Kurve zu dem Zeitpunkt, zu dem  $V_{nin} > V_{nref}$  gilt. Eine Kurve **9B** ist die Id-Vg-Kurve zu dem Zeitpunkt, zu dem  $V_{nin} < V_{nref}$  gilt.

**[0037]** Wenn  $V_{nin} > V_{nref}$  gilt, gilt  $I_{mo1} > I_{mo2}$  und daher liegt die Spannung **Vcmp** auf „H“.

**[0038]** Eine Abnahme der Rückgate-Spannung verschiebt  $V_t$  des Transistors **MO11** positiv. Mit anderen Worten: Eine Abnahme der negativen Spannung  $V_{nin}$  verringert den Strom  $I_{mo1}$ . Wenn  $V_{nin} < V_{nref}$  gilt, gilt  $I_{mo1} < I_{mo2}$  und daher liegt die Spannung **Vcmp** auf „L“.

**[0039]** Als Nächstes werden Modifikationsbeispiele für das Differenzpaar beschrieben. In dem Beispiel der **Fig. 1A** werden die Spannungen **Vdda** und **Vssa** als Vorspannungen des Differenzpaares **14** verwendet, jedoch sind Vorspannungen nicht auf diese beschränkt. Durch Verwendung der Spannungen **Vdda** und **Vssa** als Vorspannungen des Differenzpaares **14** kann die Art von Spannungen reduziert werden, die in der Vergleichsschaltung **10** verwendet werden.

**[0040]** Alternativ kann das Rückgate des Transistors **MO12** elektrisch mit dem Anschluss **INP** verbunden sein, und eine Vorspannung, wie z. B. die Spannung **Vssa**, wird in das Gate eingegeben.

**[0041]** Eine Vergleichsschaltung **11**, die in **Fig. 2** dargestellt ist, beinhaltet anstelle des Differenzpaares **14** ein Differenzpaar **15**. Das Differenzpaar **15** beinhaltet Transistoren **MO13** und **MO14**. Der Anschluss **INN** ist elektrisch mit einem Gate des Transistors **MO13** verbunden. Der Anschluss **INP** ist elektrisch mit einem Gate des Transistors **MO14** verbunden. Eine Vorspannung (hier **Vdda**) wird in ein Rückgate des Transistors **MO13** eingegeben. Eine Vorspannung (hier **Vssa**) wird in ein Rückgate des Transistors **MO14** eingegeben.

**[0042]** Das Rückgate des Transistors **MO14** kann elektrisch mit dem Anschluss **INP** verbunden sein, und eine Vorspannung (z. B. **Vssa**) wird in das Gate eingegeben.

**[0043]** Die Vergleichsschaltung **10** kann ohne komplizierte Schaltungskonfiguration eine zu vergleichende negative Spannung direkt eingeben. Durch

Umwandeln einer negativen Bezugsspannung in eine positive Bezugsspannung wird mit Ausnahme der zu vergleichenden negativen Spannung (**V<sub>nin</sub>**) nur 0 V oder eine positive Spannung in die Vergleichsschaltung **10** eingegeben, was zu einem stabilen Betrieb der Vergleichsschaltung **10** führt. Das Gleiche gilt auch für die Vergleichsschaltung **11**.

<Vergleichsschaltungen 20 bis 25>

[0044] Als Nächstes werden spezifische Beispiele für eine Schaltungsconfiguration der Vergleichsschaltung beschrieben.

[0045] Eine Vergleichsschaltung **20**, die in **Fig. 3A** dargestellt ist, beinhaltet die Anschlüsse **INN**, **INP** und **OCM**, eine Differenzeingangsschaltung **30** und eine Ausgangsschaltung **40**.

[0046] Die Differenzeingangsschaltung **30** ist eine einstufige Differenzverstärkerschaltung und beinhaltet ein Differenzpaar **34** und Transistoren **MN1**, **MP1** und **MP2**.

[0047] Das Differenzpaar **34** weist die gleiche Schaltungsconfiguration wie diejenige des Differenzpaares **14** auf und beinhaltet Transistoren **MO1** und **MO2**. Ein Verbindungsknoten zwischen den Transistoren **MO1** und **MP1** wird als Knoten **X1** bezeichnet. Ein Verbindungsknoten zwischen den Transistoren **MO2** und **MP2** wird als Knoten **X2** bezeichnet.

[0048] Der Anschluss **INP** ist elektrisch mit einem Rückgate des Transistors **MO1** verbunden. Der Anschluss **INN** ist elektrisch mit einem Gate des Transistors **MO2** verbunden. Die Spannung **V<sub>dda</sub>** wird in ein Gate des Transistors **MO1** eingegeben. Die Spannung **V<sub>ssa</sub>** wird in ein Rückgate des Transistors **MO2** eingegeben.

[0049] Der Transistor **MN1** dient als Stromquelle. Eine Spannung **V<sub>b1</sub>** wird in ein Gate des Transistors **MN1** eingegeben. Bei der Spannung **V<sub>b1</sub>** handelt es sich um eine positive Spannung.

[0050] Eine Stromspiegelschaltung besteht aus den Transistoren **MP1** und **MP2**. Die Stromspiegelschaltung dient als Lastkreis. Der Lastkreis kann aus den Transistoren **MP1** und **MP2** bestehen, die als Diode geschaltet sind. Alternativ können anstelle der Transistoren **MP1** und **MP2** zwei Widerstände bereitgestellt werden.

[0051] Die Ausgangsschaltung **40** ist elektrisch mit dem Knoten **X2** verbunden. Die Ausgangsschaltung **40** besteht aus einer zweistufigen CMOS-Inverterschaltung. Die CMOS-Inverterschaltung besteht aus Si-Transistoren.

[0052] Eine Vergleichsschaltung **21**, die in **Fig. 3B** dargestellt ist, ist ein Modifikationsbeispiel für die Vergleichsschaltung **20**. Eine Ausgangsschaltung **41** besteht aus einer einstufigen CMOS-Inverterschaltung. Ein Eingangsknoten der CMOS-Inverterschaltung ist elektrisch mit dem Knoten **X1** verbunden.

[0053] Eine Vergleichsschaltung **22**, die in **Fig. 4A** dargestellt ist, ist ein Modifikationsbeispiel für die Vergleichsschaltung **20**. Eine Ausgangsschaltung **42** der Vergleichsschaltung **22** besteht aus einer zweistufigen Sourcefolgerschaltung. Eine Vergleichsschaltung **23**, die in **Fig. 4B** dargestellt ist, ist ein Modifikationsbeispiel für die Vergleichsschaltung **22**. Eine Ausgangsschaltung **43** der Vergleichsschaltung **23** besteht aus einer einstufigen Sourcefolgerschaltung. Ein Eingangsknoten der Sourcefolgerschaltung ist elektrisch mit dem Knoten **X1** verbunden.

[0054] Eine Vergleichsschaltung **24**, die in **Fig. 4C** dargestellt ist, ist ein Modifikationsbeispiel für die Vergleichsschaltung **21** und beinhaltet eine Differenzeingangsschaltung **31**. Die Differenzeingangsschaltung **31** ist ein Modifikationsbeispiel für die Differenzeingangsschaltung **30** und beinhaltet anstelle des Transistors **MN1** einen Transistor **MO3**. Die Spannung **V<sub>b1</sub>** wird in ein Gate des Transistors **MO3** eingegeben, und das Rückgate ist elektrisch mit dem Gate verbunden. Es sei angemerkt, dass eine Vorspannung (z. B. die Spannung **V<sub>ssa</sub>**) in das Rückgate des Transistors **MO3** eingegeben werden kann, und dass das Rückgate elektrisch mit dem Drain verbunden sein kann.

[0055] Die Vergleichsschaltungen **20** bis **24** geben die Spannung **V<sub>cmp</sub>** auf „H“ aus, wenn **V<sub>nin</sub>** > **V<sub>nref</sub>** gilt, und geben die Spannung **V<sub>cmp</sub>** auf „L“ aus, wenn **V<sub>nin</sub>** < **V<sub>nref</sub>** gilt. Die Beziehung zwischen dem Größenverhältnis zwischen **V<sub>nin</sub>** und **V<sub>ref</sub>** und dem Pegel der Spannung **V<sub>cmp</sub>** wird je nach der Schaltungsconfiguration oder dergleichen der Ausgangsschaltung angemessen geändert.

[0056] In der Vergleichsschaltung **20** kann der Anschluss **INP** elektrisch mit dem Gate des Transistors **MO1** verbunden sein, und eine Vorspannung (z. B. **V<sub>dda</sub>**) kann in das Rückgate des Transistors **MO1** eingegeben werden. Der Anschluss **INN** kann elektrisch mit dem Rückgate des Transistors **MO2** verbunden sein, und eine Vorspannung (z. B. **V<sub>ssa</sub>**) kann in das Gate des Transistors **MO2** eingegeben werden. Das Gleiche kann auch für die Vergleichsschaltungen **21** bis **24** gelten.

«Dynamische Vergleichsschaltung»

[0057] Ein Konfigurationsbeispiel für die dynamische Vergleichsschaltung wird unter Bezugnahme auf **Fig. 5** beschrieben. Eine Vergleichsschaltung **25**, die in **Fig. 5** dargestellt ist, beinhaltet eine Differenz-

eingangsschaltung **32**, eine Ausgangsschaltung **45**, die Anschlüsse **INN**, **INP** und **OCM** sowie einen Anschluss **OCMB**. Die Spannungen **Vdda** und **Vssa** sowie ein Taktsignal **CLK** (nachstehend als Signal **CLK** bezeichnet) werden in die Vergleichsschaltung **25** eingegeben.

[0058] Die Vergleichsschaltung **25** vergleicht die negative Spannung **Vnin** mit der negativen Bezugsspannung **Vnref** und gibt die Spannung **Vcmp** und eine Spannung **VcmpB**, die den Vergleichsergebnissen entsprechen, von den Anschlüssen **OCM** und **OCMB** aus. Die negative Spannung **Vnin** und die positive Bezugsspannung **Vpref** werden in die Anschlüsse **INN** bzw. **INP** eingegeben. Die positive Bezugsspannung **Vpref** wird in ähnlicher Weise wie in der Vergleichsschaltung **10** eingestellt.

[0059] Ströme **Imo5** und **Imo6** in der Zeichnung bedeuten Drain-Ströme der Transistoren **MO5** bzw. **MO6**.

[0060] In der Vergleichsschaltung **25** kann die zu vergleichende negative Spannung (**Vnin**) in den Anschluss **INN** eingegeben werden, und eine Spannung von 0 V oder niedriger kann verwendet werden.

[0061] Die Differenzeingangsschaltung **32** beinhaltet die Transistoren **MO5** und **MO6** sowie Transistoren **MN5**, **MN6**, **MN7**, **MP5**, **MP6**, **MP7** und **MP8**.

[0062] Ein Differenzpaar der Differenzeingangsschaltung **32** weist die gleiche Schaltungskonfiguration wie diejenige des Differenzpaares **34** auf und beinhaltet die Transistoren **MO5** und **MO6**. Der Transistor **MN7** dient als Stromquelle. Das Signal **CLK** wird in ein Gate des Transistors **MN7** eingegeben.

[0063] Hier wird ein Verbindungsknoten zwischen den Transistoren **MN5** und **MP5** als Knoten **X5** bezeichnet. Ein Verbindungsknoten zwischen den Transistoren **MN6** und **MP6** wird als Knoten **X6** bezeichnet. Eine Latch-Schaltung besteht aus den Transistoren **MN5**, **MP5**, **MN6** und **MP6**. Die Latch-Schaltung bestimmt auf Basis des Größenverhältnisses zwischen den Strömen **Imo5** und **Imo6** die Spannungspegel der Knoten **X5** und **X6**.

[0064] Die Transistoren **MP7** und **MP8** sind Rücksetztransistoren. Das Ein-/Ausschalten der Transistoren **MP7** und **MP8** wird durch das Signal **CLK** gesteuert. Wenn die Transistoren **MP7** und **MP8** eingeschaltet sind, werden die Spannungen der Knoten **X5** und **X6** auf **Vdda** („H“) festgelegt.

[0065] Die Ausgangsschaltung **45** beinhaltet Inverterschaltungen **38** und **39**. Eingangsanschlüsse der Inverterschaltungen **38** und **39** sind elektrisch mit dem Knoten **X5** bzw. **X6** verbunden. Ausgangsanschlüsse der Inverterschaltungen **38** und **39** sind

elektrisch mit den Anschlüssen **OCM** bzw. **OCMB** verbunden.

[0066] In einer Periode, in der das Signal **CLK** auf „L“ liegt, führt die Vergleichsschaltung **25** das Vorlauden durch. Da die Transistoren **MP7** und **MP8** eingeschaltet sind, werden die Knoten **X5** und **X6** auf „H“ festgelegt und werden die Anschlüsse **OCM** und **OCMB** auf „L“ festgelegt.

[0067] In einer Periode, in der das Signal **CLK** auf „H“ liegt, führt die Vergleichsschaltung **25** die Bewertung durch. Wenn eine Differenz zwischen den Strömen **Imo5** und **Imo6** auftritt, tritt eine Differenz zwischen der Treiberfähigkeit der zwei Inverterschaltungen auf, die in der Latch-Schaltung enthalten sind, so dass eine Spannungsdifferenz zwischen den Knoten **X5** und **X6** auftritt.

[0068] Wenn  $V_{nin} > V_{nref}$  gilt, gilt der Strom **Imo5** > der Strom **Imo6**. Deshalb ist die Spannung des Knotens **X5** niedriger als die Spannung des Knotens **X6**, und der Anschluss **OCM** und der Anschluss **OCMB** liegen auf „H“ bzw. „L“. Im Gegensatz dazu gilt, wenn  $V_{nin} < V_{nref}$  gilt, der Strom **Imo5** < der Strom **Imo6**. Deshalb ist die Spannung des Knotens **X5** höher als die Spannung des Knotens **X6**, und der Anschluss **OCM** und der Anschluss **OCMB** liegen auf „L“ bzw. „H“.

[0069] Da das Differenzpaar in der Vergleichsschaltung **20**, die in **Fig. 3A** dargestellt ist, aus zwei OS-Transistoren mit Rückgates gebildet wird, kann die Spannung **Vssa** die Erdspannung sein. Daher ist es unnötig, eine negative Spannung in die Source des Transistors **MN1** einzugeben.

[0070] Wenn eine negative Spannung in eine Source eines n-Kanal-Si-Transistors eingegeben wird, wird an eine parasitäre Diode (eine p-n-Übergang-Diode) zwischen einer p-Wanne und einem Source-Bereich eine Durchlassvorspannung angelegt. Dies verursacht einen Rückfluss des hohen Stroms von einem Substrat in den Source-Bereich. Um den Rückfluss des hohen Stroms zu verhindern, kommt eine Dreiwannenstruktur, bei der ein n-Kanal-Transistor von einem n-Wanne umgeben ist, im Allgemeinen zum Einsatz (z. B. siehe **Fig. 3b** und **Fig. 6** in Patentdokument 3). Jedoch wird die Schaltungsfläche infolge des Dreiwannen-n-Kanal-Transistors erhöht.

[0071] Die Vergleichsschaltung **20** kann gebildet werden, ohne einen Dreiwannen-n-Kanal-Si-Transistor zu verwenden, und daher kann ihre Schaltungsfläche verringert werden. Das Gleiche gilt auch für die Vergleichsschaltungen **21** bis **25**.

[0072] Wie vorstehend beschrieben, kann dank des Differenzpaares, das aus zwei n-Kanal-Transistoren mit Rückgates gebildet wird, die Vergleichsschal-



tung bei dieser Ausführungsform, ohne komplizierte Schaltungskonfiguration, mit einer zu vergleichenden negativen Spannung versorgt werden, eine Bezugsspannung, die durch Umwandeln einer negativen Bezugsspannung in eine positive Spannung erhalten wird, verwenden und eine niedrige Stromversorgungsspannung zu 0 V (**GND**) machen. Die Vergleichsschaltung bei dieser Ausführungsform kann daher einen Vergleich mit hoher Genauigkeit zwischen einer negativen Spannung und einer negativen Bezugsspannung sowie einen stabilen Betrieb durchführen.

#### [Ausführungsform 2]

**[0073]** Eine Halbleitervorrichtung, die die bei der Ausführungsform 1 gezeigte Vergleichsschaltung beinhaltet, wird bei dieser Ausführungsform beschrieben. Eine Vorrichtung zum Zuführen einer negativen Spannung zu der Halbleitervorrichtung wird als Beispiel beschrieben.

#### «Versorgungsvorrichtung 100 für eine negative Spannung»

**[0074]** Fig. 6 ist ein Blockdiagramm, das ein Strukturbeispiel für eine Versorgungsvorrichtung für eine negative Spannung darstellt. Eine Versorgungsvorrichtung 100 für eine negative Spannung, die in Fig. 6 dargestellt ist, erzeugt intern eine negative Spannung und gibt die erzeugte negative Spannung an eine Vielzahl von Stromversorgungsanschlüssen aus. Die Versorgungsvorrichtung 100 für eine negative Spannung beinhaltet eine Steuerschaltung 111, eine Ladungspumpenschaltung 112, eine Vorspannungserzeugungsschaltung 114, einen Ausgangsspannungseinsteller 120 und eine Vielzahl von Anschlüssen **OB**. Der Anschluss **OB** ist ein Ausgangsanschluss für eine negative Spannung. Die Anzahl der Anschlüsse **OB** ist in diesem Beispiel vier aber ist nicht darauf beschränkt.

**[0075]** Um die vier Anschlüsse **OB** zu unterscheiden, werden Bezugszeichen [1] bis [4] verwendet. Wenn es nötig ist, einen beliebigen der Vielzahl von Anschlüssen **OB** zu spezifizieren, wird beispielsweise der eine als Anschluss **OB[1]** bezeichnet. Der Begriff „Anschluss **OB**“ bezeichnet einen beliebigen Anschluss **OB**. Das Gleiche gilt auch für andere Elemente.

**[0076]** Spannungen **Vdda**, **Vddd** und **GND**, die positive Bezugsspannung **Vpref**, ein Taktsignal **CK1** und ein Signal **WAKE** werden in die Versorgungsvorrichtung 100 für eine negative Spannung eingegeben. Es sei angemerkt, dass die Spannung **GND** 0 V (Erdspeisung) ist und als niedrige Stromversorgungsspannung der Versorgungsvorrichtung 100 für eine negative Spannung verwendet wird. Die Spannung **Vddd** ist eine hohe Stromversorgungsspannung und

ist niedriger als die Spannung **Vdda**. Die Spannung **Vddd** wird in der Steuerschaltung 111 verwendet.

#### <Steuerschaltung 111>

**[0077]** Das Signal **WAKE** dient als Aktivierungssignal der Versorgungsvorrichtung 100 für eine negative Spannung. Die Steuerschaltung 111 steuert gemäß dem Signal **WAKE** die Ladungspumpenschaltung 112 und den Ausgangsspannungseinsteller 120. Die Steuerschaltung 111 dient hier als Gated-Taktpuffer. Die Steuerschaltung 111 erzeugt gemäß dem Signal **WAKE** ein Gated-Taktsignal **GCK1** (nachstehend als Taktsignal **GCK1** bezeichnet) aus dem Taktsignal **CK1**. Die Spannung mit niedrigem Pegel und die Spannung mit hohem Pegel des Taktsignals **CK1** ist **GND** bzw. **Vdda**.

**[0078]** Das Taktsignal **GCK1** wird sowohl in die Ladungspumpenschaltung 112 als auch in den Ausgangsspannungseinsteller 120 eingegeben.

#### <Ladungspumpenschaltung 112>

**[0079]** Die Ladungspumpenschaltung 112 dient als Spannungserzeugungsschaltung für eine negative Spannung. Fig. 7 stellt ein Beispiel für die Schaltungskonfiguration der Ladungspumpenschaltung 112 dar, bei der es sich um eine vierstufige Abwärts-Ladungspumpenschaltung handelt. Die Ladungspumpenschaltung 112 beinhaltet Anschlüsse **IN\_cp** und **OUT\_cp**, zwei Inverterschaltungen, vier OS-Transistoren und vier Kondensatoren. Wenn das Taktsignal **GCK1** aktiv ist, erzeugt die Ladungspumpenschaltung 112 aus der Spannung **GND**, die in den Anschluss **IN\_cp** eingegeben wird, die negative Spannung **Vcp** und gibt von dem Anschluss **OUT\_cp** die negative Spannung **Vcp** aus.

**[0080]** In dem Beispiel der Fig. 7 werden vier Transistoren in einem Transferpfad elektrischer Ladung zwischen den Anschlüssen **IN\_cp** und **OUT\_cp** bereitgestellt, aber die Anzahl von Transistoren ist nicht darauf beschränkt. Außerdem ist der Transistor, der in dem Transferpfad elektrischer Ladung bereitgestellt wird, nicht auf einen OS-Transistor beschränkt. Weitere Beispiele für eine Abwärts-Ladungspumpenschaltung, die als Ladungspumpenschaltung 112 verwendet werden kann, werden in Fig. 8A bis Fig. 8C dargestellt.

**[0081]** Eine Ladungspumpenschaltung 113A in Fig. 8A beinhaltet zwei Inverterschaltungen, vier n-Kanal-Si-Transistoren und vier Kondensatoren. Eine Ladungspumpenschaltung 113B in Fig. 8B beinhaltet drei n-Kanal-Si-Transistoren und einen OS-Transistor. Eine Ladungspumpenschaltung 113C in Fig. 8C beinhaltet zwei Inverterschaltungen, vier p-Kanal-Si-Transistoren und vier Kondensatoren.

## &lt;Vorspannungserzeugungsschaltung 114&gt;

**[0082]** Die Vorspannungserzeugungsschaltung **114** erzeugt die Spannung **Vb1**. Die Spannung **Vb1** wird in den Ausgangsspannungseinsteller **120** eingegeben. Die Spannung **Vb1** kann ohne Vorspannungserzeugungsschaltung **114** von außen eingegeben werden.

## &lt;Ausgangsspannungseinsteller 120&gt;

**[0083]** Der Ausgangsspannungseinsteller **120** wird bereitgestellt, um von jedem der Anschlüsse **OB** eine negative Spannung stabil auszugeben. Der Ausgangsspannungseinsteller **120** beinhaltet vier Halteschaltungen **122** für eine negative Spannung. Die Halteschaltung **122** für eine negative Spannung beinhaltet eine Ladungspumpenschaltung **123**, eine Treiberschaltung **127** und eine Überwachungsschaltung **128**. Die Halteschaltung **122[j]** für eine negative Spannung (*j* ist eine ganze Zahl von 1 bis 4) steuert die Ausgangsspannung des Anschlusses **OB[j]**. **Fig. 9A** stellt ein Beispiel für die Schaltungskonfiguration der Halteschaltung **122** für eine negative Spannung dar.

## &lt;Halteschaltung 122 für eine negative Spannung&gt;

**[0084]** Die Ladungspumpenschaltung **123** beinhaltet Transistoren **MO21** und **MO22** sowie Kondensatoren **C21** und **C22**. Die Ladungspumpenschaltung **123** verringert die Spannung **Vcp**, um eine Spannung **Vob** zu erzeugen. Die Spannung **Vob** wird von dem Kondensator **C22** gehalten. Die Spannung **Vob** wird von dem Anschluss **OB** ausgegeben.

**[0085]** Die Kapazität des Kondensators **C22** ist vorzugsweise größer als diejenige des Kondensators **C21**. Beispielsweise ist die Kapazität des Kondensators **C22** das Zwei- bis Zehnfache der Kapazität des Kondensators **C21**. Je nach der Kapazität, die für den Kondensator **C21** benötigt ist, kann der Kondensator **C21** aus einer parasitären Kapazität des Transistors **MO21** oder einer parasitären Kapazität zwischen dem Transistor **MO21** und einer Leitung oder dergleichen gebildet werden.

**[0086]** Ein Metalloxidhalbleiter weist eine Bandlücke von 2,5 eV oder mehr auf; daher ist der Sperrstrom eines OS-Transistors sehr klein. Beispielsweise kann der Sperrstrom pro Mikrometer der Kanalbreite bei Raumtemperatur (25 °C) und bei einer Source-Drain-Spannung von 3,5 V niedriger als  $1 \times 10^{-20}$  A, niedriger als  $1 \times 10^{-22}$  A oder niedriger als  $1 \times 10^{-24}$  A sein. Das heißt, dass das Ein-/Ausschaltverhältnis des Drain-Stroms größer als oder gleich 20 Stellen und kleiner als oder gleich 150 Stellen sein kann.

**[0087]** Bei einem Metalloxidhalbleiter handelt es sich um einen Halbleiter, der eine große Energielücke

aufweist und bei dem die Wahrscheinlichkeit geringer ist, dass Elektronen angeregt werden, und die effektive Masse eines Lochs groß ist. Folglich tritt bei einem OS-Transistor ein Avalanche-Durchbruch bzw. Lawinendurchbruch und dergleichen mit geringerer Wahrscheinlichkeit auf als bei einem Si-Transistor. Da eine Hot-Carrier-Degradation oder dergleichen infolge des Avalanche-Durchbruchs verhindert wird, weist der OS-Transistor eine hohe Spannungsfestigkeit zwischen dem Source und dem Drain auf.

**[0088]** Beispiele für ein Metalloxid, das in einem Kanalbildungsbereich verwendet werden kann, umfassen ein Zn-Oxid, ein Zn-Sn-Oxid, ein Ga-Sn-Oxid, ein In-Ga-Oxid, ein In-Zn-Oxid und ein In-M-Zn-Oxid (*M* ist Ti, Ga, Y, Zr, La, Ce, Nd, Sn oder Hf). Außerdem kann ein Oxid, das Indium und Zink enthält, eine oder mehrere Arten von Elementen enthalten, die aus Aluminium, Gallium, Yttrium, Kupfer, Vanadium, Beryllium, Bor, Silizium, Titan, Eisen, Nickel, Germanium, Zirkonium, Molybdän, Lanthan, Cer, Neodym, Hafnium, Tantal, Wolfram, Magnesium und dergleichen ausgewählt werden.

**[0089]** Eine negative Spannung wird an ein Gate des Transistors **MO22** angelegt, daher ist die elektrische Verbindung eines Rückgates des Transistors **MO22** mit dem Gate effektiv, um den Abschaltstrom des Transistors **MO22** zu verringern. Das liegt daran, dass sich die Schwellenspannung des Transistors **MO22** positiv verschiebt, indem das Rückgate elektrisch mit dem Gate des Transistors **MO22** verbunden wird. Es sei angemerkt, dass der Abschaltstrom einen Drain-Strom bezeichnet, wenn die Gate-Source-Spannung des Transistors 0 V ist.

**[0090]** Deshalb ist die Tatsache, dass die Transistoren **MO21** und **MO22** OS-Transistoren mit Rückgates sind, effektiv, um eine negative Spannung lange Zeit stabil zuzuführen.

**[0091]** Da ein OS-Transistor über einem Si-Transistor angeordnet werden kann, sind die Transistoren **MO21** und **MO22**, die OS-Transistoren sind, effektiv, um die Größe der Versorgungsvorrichtung **100** für eine negative Spannung zu verringern.

**[0092]** Die Überwachungsschaltung **128** überwacht die Spannung **Vob** des Anschlusses **OB**. Die Überwachungsschaltung **128** besteht aus einer Vergleichsschaltung, in der eine Differenzverstärkerschaltung verwendet wird. Eine Vergleichsschaltung, die in **Fig. 9A** dargestellt ist, ist ein Modifikationsbeispiel für die Vergleichsschaltung **20** (siehe **Fig. 3A**). Hier beinhaltet eine Ausgangsschaltung eine CMOS-Inverterschaltung.

**[0093]** Der Anschluss **INP** ist elektrisch mit dem Anschluss **OB** verbunden. Die positive Bezugsspannung **Vpref** wird in den Anschluss **INN** eingegeben.

Der Anschluss **OCM** ist elektrisch mit einem Eingangsanschluss der Treiberschaltung **127** verbunden. Ein Signal **MON** ist die Ausgabe des Anschlusses **OCM**.

**[0094]** Eine Ausgangsspannung der Versorgungsvorrichtung **100** für eine negative Spannung wird auf eine negative Spannung **VBG** eingestellt. Die Überwachungsschaltung **128** vergleicht die Spannung **Vob** mit der negativen Spannung **VBG**, die als Referenz verwendet wird. Der Wert der positiven Bezugsspannung **Vpref** wird derart eingestellt, dass die Überwachungsschaltung **128** den Vergleich durchführen kann.

**[0095]** Hier überwacht die Überwachungsschaltung **128** die Verringerung der Spannung **Vob**. Wenn die Spannung **Vob** höher ist als die negative Spannung **VBG**, gibt die Überwachungsschaltung **128** das Signal **MON** auf „L“ aus. Wenn die Spannung **Vob** niedriger ist als die negative Spannung **VBG**, gibt die Überwachungsschaltung **128** das Signal **MON** auf „H“ aus.

**[0096]** Eine Vielzahl von positiven Bezugsspannungen kann je nach Schwankungen von Eigenschaften (z. B. Offset-Spannung) zwischen der Vielzahl von Überwachungsschaltungen **128** verwendet werden. Beispielsweise werden zwei positive Bezugsspannungen **Vpref1** und **Vpref2** mit Werten, die sich voneinander unterscheiden, in die Versorgungsvorrichtung **100** für eine negative Spannung eingegeben. Die positive Bezugsspannung **Vpref1** wird in Überwachungsschaltungen **128[1]** und **128[2]** eingegeben. Die positive Bezugsspannung **Vpref2** wird in Überwachungsschaltungen **128[3]** und **128[4]** eingegeben.

**[0097]** Die Treiberschaltung **127** führt eine logische Operation zwischen dem Signal **MON** und dem Taktsignal **GCK1** durch und erzeugt ein Taktsignal **GCK2** zum Betreiben der Ladungspumpenschaltung **123**. Die Treiberschaltung **127** weist eine Schaltungskonfiguration auf, bei der das Taktsignal **GCK2** aktiv ist, wenn das Signal **MON** auf „L“ liegt, und das Taktsignal **GCK2** in den anderen Perioden inaktiv ist. **Fig. 9B** zeigt ein Beispiel für eine Wahrheitstabelle der Treiberschaltung **127**.

#### «Betriebsbeispiel»

**[0098]** Das Betriebsbeispiel für die Versorgungsvorrichtung **100** für eine negative Spannung wird unter Bezugnahme auf **Fig. 10** beschrieben. **Fig. 10** ist ein Zeitdiagramm, das das Betriebsbeispiel für die Versorgungsvorrichtung **100** für eine negative Spannung zeigt. Ein Zeitpunkt wird durch **t0** und dergleichen dargestellt. Hier sind die Ausgangsspannung **Vcp** der Ladungspumpenschaltung **112** und Span-

nungen **Vob[1]** bis **Vob[4]** des Anschlusses **OB[1]** bis **OB[4]** zu dem Zeitpunkt **t0** 0 V (**GND**).

**[0099]** Bei einer Periode **Tc1** in **Fig. 10** handelt es sich um eine Zyklusperiode des Betriebs der Versorgungsvorrichtung **100** für eine negative Spannung. Das Signal **WAKE** dient als Chipaktivierungssignal der Versorgungsvorrichtung **100** für eine negative Spannung. In einer Periode, während der das Signal **WAKE** auf „H“ liegt, ist die Versorgungsvorrichtung **100** für eine negative Spannung aktiv.

**[0100]** In der Periode, während der das Signal **WAKE** auf „H“ liegt, ist das Taktsignal **GCK1** aktiv, das von der Steuerschaltung **111** ausgegeben wird, und daher führt die Ladungspumpenschaltung **112** einen Abwärtsbetrieb durch. Hier wird die Ausgangsspannung **Vcp** der Ladungspumpenschaltung **112** von dem Zeitpunkt **t0** bis zum Zeitpunkt **t1** bei der negativen Spannung **VBG** gesättigt.

**[0101]** Da die Spannung **Vob[1]** zu dem Zeitpunkt **t0** **GND** ist, wird ein Signal **MON[1]** auf „L“ von der Überwachungsschaltung **128[1]** ausgegeben. Auch Signale **MON[2]** bis **MON[4]** liegen auf „L“. Somit geben die Treiberschaltungen **127[1]** bis **127[4]** jeweils aktive Taktsignale **GCK2[1]** bis **GCK2[4]** aus.

**[0102]** Da eine Ladungspumpenschaltung **123[1]** einen Abwärtsbetrieb durchführt, wird die Spannung **Vob[1]** verringert. Auch Ladungspumpenschaltungen **123[2]** bis **123[4]** führen einen Abwärtsbetrieb durch.

**[0103]** Schwankungen von elektrischen Eigenschaften (z. B. Schwellenspannung) der Transistoren **MO21** und **MO22** zwischen den Ladungspumpenschaltungen **123[1]** bis **123[4]** verursachen eine Differenz der Stromtreiberfähigkeit zwischen den Ladungspumpenschaltungen **123[1]** bis **123[4]**. Daher erreichen die Anschlüsse **OB[1]** bis **OB[4]** zu unterschiedlichen Zeitpunkten die negative Spannung **VBG**. Bei dieser Ausführungsform überwachen die Überwachungsschaltungen **128[1]** bis **128[4]** unabhängig die Spannungen der Anschlüsse **OB[1]** bis **OB[4]**, was Schwankungen der erhaltenen Spannungen zwischen den Anschlüssen **OB[1]** bis **OB[4]** verringern kann, um diese Spannungen ungefähr gleich der negativen Spannung **VBG** zu machen.

**[0104]** Zum Beispiel wird eine Halteschaltung **122[1]** für eine negative Spannung beschrieben. Wenn die Überwachungsschaltung **128[1]** erkennt, dass die Spannung **Vob[1]** die negative Spannung **VBG** erreicht, gibt sie das Signal **MON[1]** auf „H“ an die Treiberschaltung **127[1]** aus. In Reaktion auf die Eingabe des Signals **MON[1]** auf „H“ legt die Treiberschaltung **127[1]** das Taktsignal **GCK2** auf „H“ fest. Folglich stoppt die Ladungspumpenschaltung **123[1]** den

Abwärtsbetrieb, und die Spannung **Vob[1]** wird auf ungefähr die negative Spannung **VBG** eingestellt.

«Versorgungsvorrichtung 101  
für eine negative Spannung»

[0105] Da ein Transistor **MO22[1]** ein OS-Transistor mit sehr kleinem Sperrstrom ist, kann ein Kondensator **C22[1]** die negative Spannung **VBG** lange Zeit halten, auch wenn das Taktsignal **GCK2** inaktiv ist.

[0106] Halteschaltungen **122[2]** bis **122[4]** für eine negative Spannung arbeiten auf die vorstehende Weise, und Spannungen **Vob[2]** bis **Vob[4]** werden auf ungefähr die negative Spannung **VBG** eingestellt.

[0107] Da das Signal **WAKE** von dem Zeitpunkt **t1** bis zum Zeitpunkt **t2** auf „L“ liegt, ist die Versorgungsvorrichtung **100** für eine negative Spannung inaktiv. Hier wird Clock-Gating durchgeführt, um das Taktsignal **CK1** auf „L“ einzustellen, wodurch der Standby-Strom der Versorgungsvorrichtung **100** für eine negative Spannung verringert wird.

[0108] Dank der ausgezeichneten Halteeigenschaften der Halteschaltung **122** für eine negative Spannung kann eine Periode länger sein, während der das Signal **WAKE** auf „L“ liegt. Daher kann Power-Gating zum Stoppen der Zufuhr der Stromversorgungsspannungen (**Vddd**, **Vdda**) zur Versorgungsvorrichtung **100** für eine negative Spannung in der Periode durchgeführt werden. Das Power-Gating kann ferner den Stromverbrauch der Versorgungsvorrichtung **100** für eine negative Spannung verringern.

[0109] Fig. 10 zeigt ein Beispiel zum Durchführen des Power-Gatings in einer Periode, während der das Signal **WAKE** auf „L“ liegt. Zu dem Zeitpunkt **t2** wird die Zufuhr der Spannungen **Vddd** und **Vdda** gestartet, das Signal **WAKE** geht auf „H“, und das Taktsignal **CK1** wird aktiviert. Der Betrieb der Versorgungsvorrichtung **100** für eine negative Spannung von dem Zeitpunkt **t2** bis zum Zeitpunkt **t3** ist dem Betrieb von dem Zeitpunkt **t0** bis zum Zeitpunkt **t1** ähnlich. In Fig. 10 überschreiten die Spannungen **Vob[1]** bis **Vob[4]** von dem Zeitpunkt **t1** bis zum Zeitpunkt **t3** die negative Spannung **VBG** nicht. Wenn die Überwachungsschaltungen **128[1]** bis **128[4]** aktiviert werden, gehen Anschlüsse **OCM[1]** bis **OCM[4]** auf „L“ auf „H“. Deshalb befinden sich die Ladungspumpenschaltungen **123[1]** bis **123[4]** im Standby-Zustand.

[0110] Da die Halteschaltung **122** für eine negative Spannung die Funktion zum Steuern der Abwärts-transformation des Anschlusses **OB** und die Funktion zum Halten der Spannung des Anschlusses **OB** aufweist, kann die bestimmte negative Spannung von dem Anschluss **OB** lange Zeit stabil ausgegeben werden.

[0111] Ein weiteres Konfigurationsbeispiel für die Versorgungsvorrichtung für eine negative Spannung wird unter Bezugnahme auf Fig. 11, Fig. 12 sowie Fig. 13A und Fig. 13B beschrieben. In dem Konfigurationsbeispiel wird eine dynamische Vergleichsschaltung für eine Überwachungsschaltung für eine negative Spannung verwendet.

[0112] Eine Versorgungsvorrichtung **101** für eine negative Spannung, die in Fig. 11 dargestellt ist, beinhaltet eine Steuerschaltung **141**, eine Ladungspumpenschaltung **142**, eine Teilerschaltung **143**, einen Ausgangsspannungseinsteller **150** und vier Anschlüsse **OB**. Der Ausgangsspannungseinsteller **150** beinhaltet vier Halteschaltungen **152** für eine negative Spannung.

[0113] Die Spannungen **Vdda**, **Vddd** und **GND**, die positive Bezugsspannung **Vpref**, die Taktsignal **CK1** und das Signal **WAKE** werden in die Versorgungsvorrichtung **101** für eine negative Spannung eingegeben.

[0114] Die Steuerschaltung **141** weist die gleiche Funktion wie die Steuerschaltung **111** auf. Die Steuerschaltung **141** erzeugt gemäß dem Signal **WAKE** das Taktsignal **GCK1**.

[0115] Die Ladungspumpenschaltung **142** weist die gleiche Schaltungskonfiguration wie die Ladungspumpenschaltung **112** auf (siehe Fig. 7). Die Ladungspumpenschaltung **142** führt in Reaktion auf das Taktsignal **GCK1** einen Abwärtsbetrieb durch, um die Spannung **Vcp** auszugeben.

[0116] Die Teilerschaltung **143** führt eine Frequenzteilung des Taktsignals **GCK1** durch, um ein Taktsignal **GCK3** zu erzeugen. Das Taktsignal **GCK3** wird in jede der vier Halteschaltungen **152** für eine negative Spannung eingegeben.

[0117] Fig. 12 stellt ein Beispiel für die Schaltungskonfiguration der Halteschaltung **152** für eine negative Spannung dar. Die Halteschaltung **152** für eine negative Spannung beinhaltet eine Ladungspumpenschaltung **153**, eine Treiberschaltung **154** und eine Überwachungsschaltung **155**.

[0118] Die Ladungspumpenschaltung **153** weist die gleiche Schaltungskonfiguration wie die Ladungspumpenschaltung **123** auf und beinhaltet Transistoren **MO25** und **MO26** sowie Kondensatoren **C25** und **C26**.

[0119] Die Treiberschaltung **154** weist eine ähnliche Funktion wie die Treiberschaltung **127** auf (siehe Fig. 9B). Die Treiberschaltung **154** führt eine logi-

sche Operation zwischen dem Signal **MON** und dem Taktsignal **GCK3** durch und erzeugt ein Taktsignal **GCK4** zum Betreiben der Ladungspumpenschaltung **153**. Wenn das Signal **MON** auf „L“ liegt, ist das Taktsignal **GCK4** aktiv. Wenn das Signal **MON** nicht auf „L“ liegt, ist das Taktsignal **GCK4** inaktiv.

[0120] Die Überwachungsschaltung **155** beinhaltet die Vergleichsschaltung **25** (siehe Fig. 5). Das Taktsignal **GCK3** wird in die Überwachungsschaltung **155** eingegeben. Der Anschluss **INP** ist elektrisch mit dem Anschluss **OB** verbunden, und die positive Bezugsspannung **Vpref** wird in den Anschluss **INN** eingegeben. Der Anschluss **OCMB** ist elektrisch mit einem Eingangsanschluss der Treiberschaltung **154** verbunden.

[0121] Hier überwacht die Überwachungsschaltung **155** die Verringerung der Spannung **Vob**. Wenn die Spannung **Vob** höher ist als die negative Spannung **VBG**, gibt die Überwachungsschaltung **155** das Signal **MON** auf „L“ aus. Wenn die Spannung **Vob** niedriger ist als die negative Spannung **VBG**, gibt die Überwachungsschaltung **155** das Signal **MON** auf „H“ aus.

[0122] Die Versorgungsvorrichtung **101** für eine negative Spannung arbeitet auf ähnliche Weise wie die Versorgungsvorrichtung **100** für eine negative Spannung (siehe Fig. 10). Der Stromverbrauch der Versorgungsvorrichtung **101** für eine negative Spannung in einer Periode, während der das Signal **WAKE** auf „H“ liegt (d. h. dynamischer Stromverbrauch), ist kleiner als derjenige der Versorgungsvorrichtung **100** für eine negative Spannung.

[0123] In einer Periode, während der das Signal **WAKE** auf „H“ liegt, fließt ein Strom stets in die Überwachungsschaltung **128** der Versorgungsvorrichtung **100** für eine negative Spannung unabhängig von dem Pegel des Taktsignals **GCK2**. Im Gegensatz dazu wird der Ausgang **OCMB** der Überwachungsschaltung **155** in einer Periode, während der das Taktsignal **GCK3** auf „L“ liegt, auf „L“ festgelegt. Daher kann der Stromverbrauch der Überwachungsschaltung **155** kleiner als der Stromverbrauch der Überwachungsschaltung **128** sein.

[0124] Die Überwachungsschaltung **155** wird für jeden Anschluss **OB** bereitgestellt, so dass eine negative Spannung von jedem Anschluss **OB** stabil ausgegeben werden kann. Wenn die Anzahl von Anschlüssen **OB** zunimmt, vergrößert sich jedoch der Einfluss des Stromverbrauchs der Überwachungsschaltung **155**. Daher ist die Verringerung des Stromverbrauchs der Überwachungsschaltung **155** effektiv, um den gesamten dynamischen Stromverbrauch der Versorgungsvorrichtung **101** für eine negative Spannung zu verringern.

[0125] Um einen dynamischen Stromverbrauch zu verringern, wird ein Taktsignal auf eine niedrige Geschwindigkeit eingestellt. Wenn das Taktsignal **GCK1** auf eine niedrige Geschwindigkeit eingestellt wird, wird die Zeit dazu benötigt, dass die Spannung **Vcp** die negative Spannung **VBG** erreicht. Mit anderen Worten: Die Zeit, während der das Signal **WAKE** auf „H“ liegt, wird länger. Daher wird nur das Taktsignal **GCK3** auf eine niedrige Geschwindigkeit eingestellt, so dass ein dynamischer Stromverbrauch der Versorgungsvorrichtung **101** für eine negative Spannung effektiv verringert werden kann.

<Weiteres Konfigurationsbeispiel  
für die Überwachungsschaltung>

[0126] Da die Überwachungsschaltung **155** aus einer dynamischen Vergleichsschaltung besteht, könnte das Signal **MON** des Anschlusses **OCM** instabil werden, wenn die gleiche Menge an Strom durch zwei OS-Transistoren eines Differenzpaares fließt. Als Nächstes werden Maßnahmen zur Stabilisierung des Signals **MON** unter Bezugnahme auf Fig. 13A und Fig. 13B beschrieben.

[0127] Fig. 13A stellt ein Beispiel dar, in dem die positive Bezugsspannung für die dynamische Vergleichsschaltung in Reaktion auf das Signal **MON** umgeschaltet wird. Fig. 13B stellt ein Beispiel dar, in dem die Stromversorgung zur Differenzeingangsschaltung der dynamischen Vergleichsschaltung in Reaktion auf das Signal **MON** gesteuert wird.

(Überwachungsschaltung 161)

[0128] Eine Überwachungsschaltung **161**, die in Fig. 13A dargestellt ist, beinhaltet eine Vergleichsschaltung **171**, eine Latch-Schaltung **173** und eine Auswahlsschaltung **175**.

[0129] Die Vergleichsschaltung **171** besteht aus der Vergleichsschaltung **25**. Ein Differenzpaar der Vergleichsschaltung **171** besteht aus Transistoren **MO7** und **MO8**. Ströme **Imo7** und **Imo8** sind Drain-Ströme der Transistoren **MO7** bzw. **MO8**.

[0130] Daten der Latch-Schaltung **173** werden durch die Ausgabe der Vergleichsschaltung **171** synchron mit dem Anstieg des Taktsignals **GCK3** aktualisiert. Ein Ausgangssignal der Latch-Schaltung **173** ist das Signal **MON**. Beispielsweise kann die Latch-Schaltung **173** eine Verzögerungs-Flipflop- (delay flip-flop, DFF-) Schaltung beinhalten.

[0131] Die Auswahlsschaltung **175** wählt eine Spannung, die in den Anschluss **INN** der Vergleichsschaltung **171** eingegeben wird, aus der positiven Bezugsspannung **Vpref** und der Spannung **GND** aus. Das Signal **MON** und das Signal **WAKE** werden in die Auswahlsschaltung **175** eingegeben. Das Signal **WA-**

**KE** dient als Rücksetzsignal (RESET) für die Auswahlsschaltung **175**. Es sei angemerkt, dass ein Signal außer dem Signal **WAKE** als Rücksetzsignal verwendet werden kann.

[0132] Das Betriebsbeispiel für die Überwachungsschaltung **161** wird beschrieben. Wenn das Signal **WAKE** auf „L“ auf „H“ geht, wird die Auswahlsschaltung **175** zurückgesetzt, um dem Anschluss **INN** die positive Bezugsspannung **V<sub>pref</sub>** zuzuführen. Wenn das Taktsignal **GCK3** aktiv ist, vergleicht die Vergleichsschaltung **171** die Spannung **V<sub>ob</sub>** des Anschlusses **OB** mit der negativen Spannung **V<sub>BG</sub>**. Wenn die Spannung **V<sub>ob</sub>** höher ist als die negative Spannung **V<sub>BG</sub>**, liegt das Signal **MON** auf „L“. Wenn das Signal **MON** auf „L“ liegt, gibt die Auswahlsschaltung **175** die positive Bezugsspannung **V<sub>pref</sub>** in den Anschluss **INN** ein.

[0133] Wenn die Spannung **V<sub>ob</sub>** niedriger als die negative Spannung **V<sub>BG</sub>** wird und das Taktsignal **GCK3** auf „H“ liegt, wird ein Signal auf „H“ von dem Anschluss **OCMB** ausgegeben. Zu diesem Zeitpunkt kann der Strom **I<sub>mo7</sub>** dem Strom **I<sub>mo8</sub>** gleichen, so dass die Ausgabe des Anschlusses **OCMB** oszillieren könnte. Wenn die Auswahlsschaltung **175** den Anstieg des Signals **MON** mit der vorbestimmten Häufigkeit (einmal oder mehrmals) erkennt, wird dem Anschluss **INN** die Spannung **GND** zugeführt. Dann wird der Strom **I<sub>mo8</sub>** verringert, um eine Differenz zwischen dem Strom **I<sub>mo7</sub>** und dem Strom **I<sub>mo8</sub>** zu erzeugen, so dass die Ausgabe des Anschlusses **OCMB** stabilisiert wird. Der Anschluss **OCMB** kann ein Signal auf „H“ stabil ausgeben, wenn das Taktsignal **GCK3** auf „H“ liegt.

[0134] In diesem Beispiel wird die Spannung **GND** in den Anschluss **INN** eingegeben, aber es gibt keine Beschränkung bezüglich eines Signals, solange es eine Differenz zwischen den Strömen **I<sub>mo7</sub>** und **I<sub>mo8</sub>** gibt, wenn das Signal **MON** auf „H“ liegt. Eine positive Spannung, die kleiner ist als die Spannung **V<sub>pref</sub>**, kann in den Anschluss **INN** eingegeben werden. Durch die Verwendung der Spannung **GND** steigen die Anzahl der Typen der zu verwendenden Spannung nicht an.

(Überwachungsschaltung 162)

[0135] Eine Überwachungsschaltung **162**, die in Fig. 13B dargestellt ist, beinhaltet eine Vergleichsschaltung **172** und eine Auswahlsschaltung **177**. Die Vergleichsschaltung **172** besteht aus der Vergleichsschaltung **25**. Die Latch-Schaltung **173** kann in der Überwachungsschaltung **162** bereitgestellt werden, wie in der Überwachungsschaltung **161**.

[0136] Die Auswahlsschaltung **177** steuert die Zufuhr einer hohen Stromversorgungsspannung zu einer Differenzeingangsschaltung **172A** der Vergleichs-

schaltung **172**. Die Signale **MON** und **WAKE** werden in die Auswahlsschaltung **177** eingegeben. Das Signal **WAKE** dient als Rücksetzsignal der Auswahlsschaltung **177**. Ein Signal außer dem Signal **WAKE** kann als Rücksetzsignal verwendet werden.

[0137] Wenn das Signal **WAKE** auf „L“ auf „H“ geht, wird die Auswahlsschaltung **177** zurückgesetzt, um der Differenzeingangsschaltung **172A** die Spannung **V<sub>dda</sub>** zuzuführen. Wenn das Taktsignal **GCK3** aktiv ist, vergleicht die Vergleichsschaltung **172** die Spannung **V<sub>ob</sub>** des Anschlusses **OB** mit der negativen Spannung **V<sub>BG</sub>**. Wenn die Auswahlsschaltung **177** den Anstieg des Signals **MON** mit der vorbestimmten Häufigkeit (einmal oder mehr) erkennt, wird der Differenzeingangsschaltung **172A** die Spannung **GND** zugeführt. Folglich werden zwei Inverterschaltungen in der Differenzeingangsschaltung **172A** inaktiviert, und daher oszilliert die Ausgabe der Vergleichsschaltung **172** nicht.

[0138] Die Versorgungsvorrichtung für eine negative Spannung bei dieser Ausführungsform ist zu einer Stromversorgungsschaltung für eine negative Spannung bei verschiedenen Halbleitervorrichtungen geeignet. Als Halbleitervorrichtung, bei der die Versorgungsvorrichtung für eine negative Spannung als Stromversorgungsschaltung verwendet wird, gibt es beispielsweise verschiedene Halbleitervorrichtungen, bei denen eine Substratvorspannung eine negative Spannung ist (z. B. ein DRAM und einen Bildsensor), eine Halbleitervorrichtung, die mit einer negativen Spannung betrieben wird (z. B. eine Speichervorrichtung, wie z. B. einen Flash-Speicher), und eine Halbleitervorrichtung, die einen OS-Transistor mit einem Rückgate beinhaltet. Bei der Ausführungsform **3** wird ein Strukturbeispiel für eine Halbleitervorrichtung beschrieben, die die Versorgungsvorrichtung für eine negative Spannung beinhaltet.

[Ausführungsform 3]

«Speichervorrichtung»

[0139] Hier wird eine Speichervorrichtung, deren Datenhalteabschnitt einen OS-Transistor beinhaltet, als Halbleitervorrichtung beschrieben, bei der ein OS-Transistor verwendet wird.

[0140] Eine Speichervorrichtung **200**, die in Fig. 14A dargestellt ist, beinhaltet eine Versorgungsvorrichtung **210** für eine negative Spannung, eine Steuerschaltung **215**, ein Speicherzellenarray **220** und eine Peripherieschaltung **221**. Die Peripherieschaltung **221** beinhaltet eine Zeilenschaltung **223**, eine Spaltenschaltung **224** und eine Eingangs-/Ausgangsschaltung **225**.

[0141] Das Speicherzellenarray **220** beinhaltet eine Speicherzelle **230**, eine Auslese-Wortleitung **RWL**,

eine Schreib-Wortleitung **WWL**, eine Auslese-Bitleitung **RBL**, eine Schreib-Bitleitung **WBL**, eine Source-Leitung **SL** und eine Leitung **BGL**. Es sei angemerkt, dass die Auslese-Wortleitung **RWL** und die Schreib-Wortleitung **WWL** als Wortleitung **RWL** bzw. Wortleitung **WWL** bezeichnet werden können. Die Auslese-Bitleitung **RBL** und die Schreib-Bitleitung **WBL** können als Bitleitung **RBL** bzw. Bitleitung **WBL** bezeichnet werden.

**[0142]** Die Steuerschaltung **215** steuert die gesamte Speichervorrichtung **200** und führt das Schreiben von Daten **WDA** und das Lesen von Daten **RDA** durch. Die Steuerschaltung **215** verarbeitet Befehlssignale (z. B. ein Chipaktivierungssignal und ein Schreibaktivierungssignal) von außen und erzeugt Steuersignale für die Peripherieschaltungen **221**.

**[0143]** Die Versorgungsvorrichtung für eine negative Spannung, die bei der Ausführungsform **2** beschrieben wird, wird als Versorgungsvorrichtung **210** für eine negative Spannung verwendet. Die Versorgungsvorrichtung **210** für eine negative Spannung beinhaltet  $N$  Anschlüsse **OB[1]** bis **OB[N]** ( $N$  ist eine ganze Zahl von 2 oder mehr). Die Anschlüsse **OB[1]** bis **OB[N]** geben jeweils eine negative Spannung  $V_{bg1}$  aus. Das Speicherzellenarray **220** ist in  $N$  Blöcke eingeteilt. Die Leitung **BGL** jedes Blocks ist elektrisch mit dem Anschluss **OB** verbunden.

**[0144]** Die Zeilenschaltung **223** weist eine Funktion zum Auswählen einer Zeile auf, auf die zugegriffen werden soll. Beispielsweise beinhaltet die Zeilenschaltung **223** einen Zeilendecoder und einen Wortleitungstreiber. Die Spaltenschaltung **224** weist eine Funktion zum Vorladen der Bitleitungen **WBL** und **RBL**, eine Funktion zum Schreiben von Daten in die Bitleitung **WBL**, eine Funktion zum Verstärken von Daten der Bitleitung **RBL**, eine Funktion zum Lesen von Daten von der Bitleitung **RBL** und dergleichen auf. Die Eingangs-/Ausgangsschaltung **225** weist eine Funktion zum Halten von Schreibdaten, eine Funktion zum Halten von Auslesedaten und dergleichen auf.

**[0145]** Die Konfiguration der Peripherieschaltungen **221** wird in Abhängigkeit von der Konfiguration, dem Ausleseverfahren, dem Schreibverfahren und dergleichen des Speicherzellenarrays **220** angemessen geändert.

<Speicherzelle 230>

**[0146]** Fig. 14B stellt das Beispiel für die Schaltungskonfiguration der Speicherzelle **230** dar. Die Speicherzelle **230** in diesem Beispiel ist eine 2-Transistor- (2T-) Verstärkungszelle. Die Speicherzelle **230** beinhaltet Transistoren **MW1** und **MR1** sowie einen Kondensator **CS1**. Die Transistoren **MW1** und **MR1** sind ein Schreibtransistor bzw. ein Auslesetransistor.

Die Rückgates der Transistoren **MW1** und **MR1** sind elektrisch mit der Leitung **BGL** verbunden.

**[0147]** Da der Auslesetransistor ein OS-Transistor ist, verbraucht die Speicherzelle **230** keinen Strom zum Halten von Daten. Daher ist die Speicherzelle **230** eine Speicherzelle mit geringem Stromverbrauch, die lange Zeit Daten halten kann. Die Speichervorrichtung **200** kann als nichtflüchtige Speichervorrichtung verwendet werden. Der OS-Transistor und der Kondensator können über einem Si-Transistor angeordnet werden. Demzufolge kann das Speicherzellenarray **220** über der Peripherieschaltung **221** angeordnet werden, was zu einem höherem Integrationsgrad des Speicherzellenarrays **220** führt.

**[0148]** Weitere Konfigurationsbeispiele für eine Speicherzelle werden unter Bezugnahme auf Fig. 15A bis Fig. 15F beschrieben.

<Speicherzellen 231 bis 235>

**[0149]** Eine Speicherzelle **231**, die in Fig. 15A dargestellt ist, ist eine 3T-Verstärkungszelle, die Transistoren **MW2**, **MR2** und **MS2** sowie einen Kondensator **CS2** beinhaltet. Die Transistoren **MW2**, **MR2** und **MS2** sind ein Schreibtransistor, ein Auslesetransistor bzw. ein Auswahltransistor. Rückgates der Transistoren **MW2**, **MR2** und **MS2** sind elektrisch mit der Leitung **BGL** verbunden. Die Speicherzelle **231** ist elektrisch mit den Wortleitungen **RWL** und **WWL**, den Bitleitungen **RBL** und **WBL**, einer Kondensatorleitung **CDL** und einer Stromversorgungsleitung **PL2** verbunden. Beispielsweise wird eine Spannung **GND** (eine niedrige Stromversorgungsspannung) in die Kondensatorleitung **CDL** und die Stromversorgungsleitung **PL2** eingegeben.

**[0150]** Fig. 15B und Fig. 15C stellen weitere Konfigurationsbeispiele für eine 2T-Verstärkungszelle dar. In einer Speicherzelle **232**, die in Fig. 15B dargestellt ist, wird ein n-Kanal-Si-Transistor als Auslesetransistor verwendet. In einer Speicherzelle **233**, die in Fig. 15C dargestellt ist, wird ein p-Kanal-Si-Transistor als Auslesetransistor verwendet.

**[0151]** Fig. 15D und Fig. 15E stellen weitere Konfigurationsbeispiele für eine 3T-Verstärkungszelle dar. In einer Speicherzelle **234**, die in Fig. 15D dargestellt ist, werden n-Kanal-Si-Transistoren als Auslesetransistor und Auswahltransistor verwendet. In einer Speicherzelle **235**, die in Fig. 15E dargestellt ist, werden p-Kanal-Si-Transistoren als Auslesetransistor und Auswahltransistor verwendet. In dem Beispiel der Fig. 15E wird die Spannung **V<sub>ddd</sub>** (eine hohe Stromversorgungsspannung) in die Stromversorgungsleitung **PL2** eingegeben.

**[0152]** In diesen Verstärkungszellen kann eine Bitleitung, die als beide der Auslese-Bitleitung **RBL** und

der Schreib-Bitleitung **WBL** dient, bereitgestellt werden.

#### <Speicherzelle 236>

**[0153]** Fig. 15F stellt ein Beispiel für eine 1T1C- (Capacitor bzw. Kondensator) Speicherzelle dar. Eine Speicherzelle **236**, die in Fig. 15F dargestellt ist, ist elektrisch mit einer Wortleitung **WL**, einer Bitleitung **BL**, der Kondensatorleitung **CDL** und der Leitung **BGL** verbunden. Die Speicherzelle **236** beinhaltet einen Transistor **MW3** und einen Kondensator **CS3**. Ein Rückgate des Transistors **MW3** ist elektrisch mit der Leitung **BGL** verbunden.

#### <Speicherzelle 237>

**[0154]** Eine Speicherzelle **237**, die in Fig. 16A dargestellt ist, beinhaltet eine Speicherzelle **240** und eine Sicherungsschaltung **241**. Die Speicherzelle **240** weist die gleiche Schaltungskonfiguration wie eine normale 6T-SRAM-Zelle auf.

**[0155]** Die Sicherungsschaltung **241** ist eine Schaltung zum Sichern von Daten von Knoten **Q** und **Qb**, die in der Speicherzelle **240** enthalten sind, und besteht aus zwei 1T1C-Zellen. Knoten **SN1** und **SN2** sind Halteknoten. Eine Verstärkungszelle, die aus einem Transistor **MW5** und einem Kondensator **CS5** besteht, sichert Daten des Knotens **Q**. Eine Verstärkungszelle, die aus einem Transistor **MW6** und dem Kondensator **CS6** besteht, sichert Daten eines Knotens **Qb**.

**[0156]** Da die Transistoren **MW5** und **MW6** OS-Transistoren sind, kann die Speicherzelle **240** über der Sicherungsschaltung **241** angeordnet werden. Demzufolge kann der zusätzliche Flächenverbrauch der Speicherzelle **237** infolge Zusatzes der Sicherungsschaltung **241** verringert werden. Der zusätzliche Flächenverbrauch kann null sein.

**[0157]** Die Speicherzelle **240** ist elektrisch mit Stromversorgungsleitungen **V\_VDM** und **V\_VSM**, der Wortleitung **WL** und einem Bitleitungspaar (**BL** und **BLB**) verbunden. Die Stromversorgungsleitungen **V\_VDM** und **V\_VSM** sind Stromversorgungsleitungen für **Vddd** bzw. **GND**. Die Sicherungsschaltung **241** ist elektrisch mit Leitungen **OGL** und **BGL** sowie einer Stromversorgungsleitung **PL3** verbunden. Die Spannung **GND** wird in die Stromversorgungsleitung **PL3** eingegeben.

**[0158]** Die Speicherzelle **237** in einem normalen Zustand arbeitet als SRAM-Zelle. Das Betriebsbeispiel für die Speicherzelle **237** wird unter Bezugnahme auf Fig. 16B beschrieben. Wenn auf die Speicherzelle **237** in einem vorbestimmten Zeitraum oder länger nicht zugegriffen wird, werden die Zufuhr der Spannungen **Vddd** und **GND** zu den Stromversorgungslei-

tungen **V\_VDM** und **V\_VSM** gestoppt. Bevor die Zufuhr der Spannung **Vddd** gestoppt wird, werden Daten der Knoten **Q** und **Qb** in die Sicherungsschaltung **241** geschrieben. Ein Zeitpunkt wird in Fig. 16B durch **t1**, **t2** und dergleichen dargestellt.

#### (Normalbetrieb)

**[0159]** Vor dem Zeitpunkt **t1** befindet sich die Speicherzelle **237** in einem normalen Betriebszustand (einem Schreibzustand oder einem Auslesezustand). Die Speicherzelle **237** arbeitet auf eine ähnliche Weise wie ein Single-Port-SRAM. Zu dem Zeitpunkt **t1** liegen die Knoten **Q**, **Qb**, **SN1** und **SN2** auf „H“, „L“, „L“ bzw. „H“.

#### (Sicherung)

**[0160]** Die Leitung **OGL** geht zu **t1** auf „H“, wodurch ein Sicherungsvorgang startet und die Transistoren **MW5** und **MW6** eingeschaltet werden. Die Spannung des Knotens **SN1** wird von **GND** auf **Vddd** erhöht. Die Spannung des Knotens **SN2** wird von **Vddd** auf **GND** verringert. Die Leitung **OGL** geht zu **t2** auf „L“, wodurch der Sicherungsvorgang endet. Daten des Knotens **Q** und Daten des Knotens **Qb** zu **t1** werden in den Knoten **SN1** bzw. den Knoten **SN2** geschrieben.

#### (Power-Gating)

**[0161]** Power-Gating startet zu **t2**. Die Spannung der Stromversorgungsleitung **V\_VDM** wird von **Vddd** auf **GND** geändert. Eine Spannungsdifferenz zwischen den Stromversorgungsleitungen **V\_VDM** und **V\_VSM** wird verringert, wodurch die Speicherzelle **240** inaktiv wird. Obwohl Daten in der Speicherzelle **240** verloren gehen, hält die Sicherungsschaltung **241** Daten kontinuierlich. Während des Power-Gatings befinden sich die Bitleitungen **BL** und **BLB** in einem potentialfreien Zustand.

#### (Wiederherstellung)

**[0162]** Bei einem Wiederherstellungsvorgang handelt es sich um einen Vorgang zur Wiederherstellung von Daten der Speicherzelle **240** unter Verwendung von Daten, die in der Sicherungsschaltung **241** gehalten werden. Im Wiederherstellungsvorgang dient die Speicherzelle **240** als Leseverstärker zum Erfassen von Daten in den Knoten **Q** und **Qb**.

**[0163]** Zuerst wird der Rücksetzvorgang der Knoten **Q** und **Qb** durchgeführt. Zu **t3** wird die Spannung des Bitleitungspaares (**BL** und **BLB**) auf eine Spannung **Vpr2** vorgeladen. Außerdem wird die Wortleitung **WL** ausgewählt. Daher werden die Stromversorgungsleitungen **V\_VDM** und **V\_VSM** auf die Spannung **Vpr2** vorgeladen, und die Spannungen der Knoten **Q** und **Qb** werden auf **Vpr2** festgelegt.



[0164] Die Leitung **OGL** geht zu **t4** auf „H“, wodurch die Transistoren **MW5** und **MW6** eingeschaltet werden. Die Ladung in dem Kondensator **CS5** wird auf den Knoten **Q** und den Knoten **SN1** verteilt. Die Ladung in dem Kondensator **CS6** wird auf den Knoten **Qb** und den Knoten **SN2** verteilt. Folglich wird eine Spannungsdifferenz zwischen dem Knoten **Q** und dem Knoten **Qb** erzeugt.

[0165] Die Zufuhr der Spannungen **VDM** und **GND** wird zu **t5** wiederaufgenommen. Die Speicherzelle **240** wird aktiviert, um eine Spannungsdifferenz zwischen den Knoten **Q** und **Qb** zu verstärken. Schließlich werden die Spannungen der Knoten **Q** und **SN1** zu **Vddd**, und die Spannungen der Knoten **Qb** und **SN2** werden zu **GND**. Mit anderen Worten: Die Zustände der Knoten **Q** und **Qb** kehren in die Zustände zu **t1**, d. h. auf „H“ bzw. „L“, zurück.

<Speicherzelle 238>

[0166] Eine Speicherzelle **238**, die in **Fig. 17A** dargestellt ist, ist ein Modifikationsbeispiel für die Speicherzelle **237** und beinhaltet anstelle der Sicherungsschaltung **241** eine Sicherungsschaltung **242**. Die Sicherungsschaltung **242** besteht aus einer 1T1C-Speicherzelle und beinhaltet einen Knoten **SN3**, einen Transistor **MW7** und einen Kondensator **CS7**.

[0167] **Fig. 17B** ist ein Ablaufdiagramm, das ein Betriebsbeispiel für die Speicherzelle **238** zeigt. Die Speicherzelle **238** arbeitet auf eine ähnliche Weise wie die Speicherzelle **237**. Bezüglich der Beschreibung der **Fig. 17B** kann auf die Beschreibung der **Fig. 16B** Bezug genommen werden.

[0168] Die Sicherungsschaltung **242** sichert nur Daten des Knotens **Q**, aber sie kann auch Daten in den Knoten **Q** und **Qb** mittels der Daten, die in dem Knoten **SN3** gehalten werden, wiederherstellen. Das liegt daran, dass die Knoten **Q** und **Qb** im Voraus auf **Vpr2** vorgeladen werden; daher kann eine Potentialdifferenz zwischen dem Knoten **Q** und dem Knoten **Qb** unter Verwendung einer Ladung in einem Kondensator **CS7** erzeugt werden.

[0169] In dieser Beschreibung und dergleichen wird in einigen Fällen eine Speichervorrichtung, deren Datenhalteabschnitt, wie z. B. eine Speicherzelle, einen OS-Transistor beinhaltet, als OS-Speichervorrichtung bezeichnet. Beispiele für die OS-Speichervorrichtung umfassen ein DOSRAM (eingetragenes Markenzeichen), ein NOSRAM (eingetragenes Markenzeichen), ein OS-SRAM und dergleichen.

[0170] DOSRAM ist eine Abkürzung für dynamisches Oxidhalbleiter-RAM (dynamic oxide semiconductor RAM) und bezeichnet ein RAM, das eine 1T1C-Speicherzelle beinhaltet (siehe **Fig. 15F**). NOSRAM ist eine Abkürzung für nichtflüchtiges

Oxidhalbleiter-RAM (nonvolatile oxide semiconductor RAM) und bezeichnet ein RAM, das eine Verstärkungszelle beinhaltet (siehe **Fig. 14A** und **Fig. 15A** bis **Fig. 15D**). OS-SRAM bezeichnet ein RAM, das eine SRAM-Zelle beinhaltet (siehe **Fig. 16A** und **Fig. 17A**), die eine Sicherungsschaltung beinhaltet.

[0171] Als Nächstes wird eine Verarbeitungsvorrichtung als Beispiel für eine Halbleitervorrichtung beschrieben. Hier werden eine Mikrocontroller-Einheit (MCU) und ein FPGA als Beispiele gezeigt.

«MCU»

[0172] Eine MCU **250** in **Fig. 18** ist eine Halbleitervorrichtung, die zu einem Clock-Gating und einem Power-Gating geeignet ist.

[0173] Die Spannungen **Vddd**, **Vdda** und **GND** werden in die MCU **250** eingegeben. Die MCU **250** beinhaltet eine Stromverwaltungseinheit (power management unit, PMU) **260**, eine Versorgungsvorrichtung **261** für eine negative Spannung, einen Bus **262**, Stromschalter **264** und **265**, eine Pegelverschieber- (level shifter, LS-) und Pufferschaltung **267**, einen Prozessorkern **270** (nachstehend als Kern **270** bezeichnet) und eine Speichervorrichtung **280**. Der Austausch von Daten und dergleichen zwischen der PMU **260**, dem Kern **270** und der Speichervorrichtung **280** wird über den Bus **262** durchgeführt.

[0174] Um den Stromverbrauch einer Halbleitervorrichtung zu verringern, werden Schaltungen, die nicht arbeiten müssen, durch Power-Gating oder Clock-Gating gestoppt. Ein Flipflop ist eine Art von Folgeschaltung (Speicherschaltung, die ihren Zustand hält), die in vielen Fällen in einer Halbleitervorrichtung enthalten ist. Daher ist eine Verringerung des Stromverbrauchs des Flipflops zum Verringern des Stromverbrauchs einer Halbleitervorrichtung effektiv, die das Flipflop beinhaltet. Im Allgemeinen wird der Zustand des Flipflops gelöscht (Daten, die darin gehalten sind, gehen verloren), wenn die Stromversorgung gestoppt wird. Somit ist es notwendig, den Zustand des Flipflops zu sichern, damit die Halbleitervorrichtung dem Power-Gating unterzogen wird.

[0175] Der Kern **270** beinhaltet eine Vielzahl von Flipflops **271**. Das Flipflop **271** wird in verschiedenen Registern in dem Kern **270** bereitgestellt. Das Flipflop **271** beinhaltet eine Sicherungsschaltung **272** und ein Abtast-Flipflop **273**. Mit anderen Worten: Das Flipflop **271** ist ein Abtast-Flipflop, das eine Sicherungsschaltung beinhaltet.

[0176] Die Sicherungsschaltung **272** wird in dem Flipflop **271** bereitgestellt, um bei Clock-Gating und Power-Gating Daten des Flipflops **271** zu speichern. Die Sicherungsschaltung **272** beinhaltet eine Vielzahl von OS-Transistoren mit Rückgates. Die Siche-

rungsschaltung **272** kann über einer Logikzelle, die aus einem Si-Transistor besteht, angeordnet werden, da kein Si-Transistor in der Sicherungsschaltung **272** enthalten ist. **Fig. 19** stellt ein Beispiel für die Schaltungskonfiguration des Flipflops **271** dar.

**[0177]** Das Abtast-Flipflop **273** beinhaltet Knoten **D1**, **Q1**, **SD**, **SE**, **RT** und **CK10** und eine Takt-Pufferschaltung **273A**.

**[0178]** Der Knoten **D1** ist ein Dateneingangsknoten, der Knoten **Q1** ist ein Datenausgangsknoten, und der Knoten **SD** ist ein Eingangsknoten für Scan-Test-Daten. Der Knoten **SE** ist ein Eingangsknoten für ein Signal **SCE**. Der Knoten **CK10** ist ein Eingangsknoten für ein Taktsignal **GCLK10**. Das Taktsignal **GCLK10** wird in die Takt-Pufferschaltung **272A** eingegeben. Jeweilige analoge Schalter in dem Abtast-Flipflop **273** sind elektrisch mit Knoten **CK11** und **CKB11** der Takt-Pufferschaltung **273A** verbunden. Der Knoten **RT** ist ein Eingangsknoten für ein Rücksetzsignal.

**[0179]** Wenn das Signal **SCE** auf „L“ liegt, werden Daten des Knotens **D1** in das Abtast-Flipflop **273** eingegeben. Wenn das Signal **SCE** auf „H“ liegt, werden Daten des Knotens **SD** in das Abtast-Flipflop **273** eingegeben.

**[0180]** Die Schaltungskonfiguration des Abtast-Flipflops **273** ist nicht auf diejenige in **Fig. 19** beschränkt. Ein beliebiges Abtast-Flipflop, das in einer normalen Schaltungsbibliothek vorbereitet ist, kann verwendet werden.

**[0181]** Die Sicherungsschaltung **272** beinhaltet Knoten **SD\_IN** und **SN11**, Transistoren **MO11** bis **MO13**, einen Kondensator **C11** und einen Knoten **SN11**. Das Ein-/Ausschalten des Transistors **MO11** und das Ein-/Ausschalten des Transistors **MO13** werden durch das Signal **BKH** gesteuert, und das Ein-/Ausschalten des Transistors **MO12** wird durch das Signal **RCH** gesteuert. Die Rückgates der Transistoren **MO11** bis **MO13** sind elektrisch mit einer Leitung **BGL2** in dem CPU-Kern **330** verbunden. Die negative Spannung **Vbg2** wird in eine Leitung **BGL1** eingegeben.

**[0182]** Der Knoten **SD\_IN** ist ein Eingangsknoten für Scan-Test-Daten und ist elektrisch mit dem Knoten **Q1** eines weiteren Abtast-Flipflops **273** verbunden. Der Knoten **SN11** ist ein Halteknoten der Sicherungsschaltung **340**.

**[0183]** Dank der Besonderheit des OS-Transistors, d. h. eines sehr niedrigen Sperrstroms, kann eine Verringerung der Spannung des Knotens **SN11** verhindert werden, und fast kein Strom wird verbraucht, um Daten zu halten; somit kann die Sicherungsschaltung **272** Daten lange Zeit halten, d. h., ist nichtflüchtig. Daher können, während sich der CPU-Kern **330** in

einem Power-Gating-Zustand befindet, Daten in der Sicherungsschaltung **340** gehalten werden.

**[0184]** Die Speichervorrichtung **280** beinhaltet eine Steuerschaltung **281**, eine Peripherieschaltung **282** und ein Speicherzellenarray **283**. Die OS-Speichervorrichtung kann für die Speichervorrichtung **280** verwendet werden.

**[0185]** Die Versorgungsvorrichtung für eine negative Spannung bei der Ausführungsform **2** wird als Versorgungsvorrichtung **261** für eine negative Spannung verwendet. Die Versorgungsvorrichtung **261** für eine negative Spannung erzeugt aus der Spannung **GND** die negativen Spannungen **Vbg1** und **Vbg2**. Die Versorgungsvorrichtung **261** für eine negative Spannung beinhaltet eine Vielzahl von Anschlüssen **OB1** zum Ausgeben von **Vbg1** und eine Vielzahl von Anschlüssen **OB2** zum Ausgeben von **Vbg2**. Die negativen Spannungen **Vbg1** und **Vbg2** werden in die Speichervorrichtung **280** bzw. den Kern **270** eingegeben.

**[0186]** Ein Taktsignal, ein Interrupt-Request-Signal und dergleichen werden von außen in die MCU **250** eingegeben. Das externe Taktsignal wird in die PMU **260** eingegeben. Das Interrupt-Request-Signal wird in die PMU **260** und den Kern **270** eingegeben.

**[0187]** Die PMU **260** weist eine Funktion zum Steuern von Clock-Gating und Power-Gating auf. Die PMU **260** erzeugt aus einem externen Taktsignal ein Gated-Taktsignal **GCK 10** (nachstehend als **GCLK10** bezeichnet). Das Taktsignal **GCLK10** wird in den Kern **270** und die Speichervorrichtung **280** eingegeben. Die PMU **260** erzeugt verschiedene Steuersignale. Die Steuersignale umfassen Steuersignale für die Stromschalter **264** und **265**, ein Steuersignal für die Sicherungsschaltung **272** und ein Steuersignal für das Abtast-Flipflop **273** (z. B. ein Rücksetzsignal).

**[0188]** Das Steuersignal für die Sicherungsschaltung **272** wird in die LS- und Pufferschaltung **267** eingegeben. Die LS- und Pufferschaltung **267** weist eine Funktion zur Pegelverschiebung des Steuersignals und zum Halten des Steuersignals auf, dessen Pegel verschoben wird. Das Steuersignal, das durch die LS- und Pufferschaltung **267** gehalten wird, wird in die Sicherungsschaltung **272** eingegeben.

**[0189]** Der Stromschalter **264** steuert die Zufuhr der Spannung **Vddd** zu dem Kern **270**. Der Stromschalter **265** steuert die Zufuhr der Spannungen **Vddd** und **Vdda** zu der Speichervorrichtung **280**. Wenn der Kern **270** eine Vielzahl von Stromversorgungsdomänen beinhaltet, werden Stromschalter, die den Stromversorgungsdomänen entsprechen, als Stromschalter **264** bereitgestellt. Das Gleiche gilt auch für den Stromschalter **265**. Zusätzlich zu den Spannungen **Vddd** und **Vdda** wird eine Vielzahl von positiven Spannungen gemäß der Schaltungskonfiguration in

die Speichervorrichtung **280** eingegeben. Die positiven Spannungen, die in die Speichervorrichtung **280** eingegeben werden, sind eine Spannung zum Vorladen einer Bitleitung, eine Bezugsspannung zum Auslesen von Daten und dergleichen.

**[0190]** Ein Signal SLEEP wird von dem Kern **270** an die PMU **260** ausgegeben. Das Signal SLEEP ist ein Auslösesignal zum Versetzen des Kerns **270** in den Schlafmodus (Standby-Modus). Wenn das Signal SLEEP in die PMU **260** eingegeben wird, gibt die PMU **260** ein Steuersignal zum Wechsel von dem aktiven Modus in den Schlafmodus an eine zu steuernde Funktionsschaltung aus. Der Wechsel von dem aktiven Modus in den Schlafmodus kann auch durch das Eingeben eines Interrupt-Request-Signals durchgeführt werden.

**[0191]** Zuerst stoppt die PMU **260** die Zufuhr des Taktsignals zu dem Kern **270**, um ihn von dem aktiven Modus in den Schlafmodus zu versetzen. Dann werden Daten in dem Abtast-Flipflop **273** in die Sicherungsschaltung **272** geschrieben. Insbesondere wird das Signal BKH auf „H“ in die Sicherungsschaltung **272** für die Dauer eines vorbestimmten Taktzyklus eingegeben.

**[0192]** Durch das Eingeben eines Interrupt-Request-Signals wird beispielsweise eine Verarbeitung zum Zurücksetzen des Kerns **270** von dem Schlafmodus in den aktiven Modus ausgeführt. In Reaktion auf das Interrupt-Request-Signal gibt die PMU **260** ein Steuersignal zum Wechsel von dem Schlafmodus in den aktiven Modus an eine zu steuernde Funktionsschaltung aus. Die PMU **260** steuert die Stromschalter **264** und **265**, um die Potentialversorgung zu dem Kern **270** und der Speichervorrichtung **280** wieder aufzunehmen. Dann werden die Daten, die in der Sicherungsschaltung **272** gehalten sind, in das Abtast-Flipflop **273** zurückgesetzt. Insbesondere wird das Signal BCH auf „H“ in die Sicherungsschaltung **272** für die Dauer eines vorbestimmten Taktzyklus eingegeben, und ein Signal SCE auf „H“ wird in das Abtast-Flipflop **273** eingegeben. Schließlich wird die Zufuhr des Taktsignals GCLK10 zu dem Kern **270** und der Speichervorrichtung **280** wiederaufgenommen.

**[0193]** Die PMU **260** führt Clock-Gating und Power-Gating der Speichervorrichtung **280** durch, wie der Kern **270**.

**[0194]** Eine Zeitschaltung zum Messen der Zeit kann in der PMU **260** bereitgestellt werden, um Power-Gating des Kerns **270** und der Speichervorrichtung **280** auf Basis der gemessenen Zeit durchzuführen.

<<FPGA>>

**[0195]** Fig. 20 stellt ein Beispiel für ein FPGA dar. Ein FPGA **400**, das in Fig. 20 dargestellt ist, beinhaltet

eine Versorgungsvorrichtung **405** für eine negative Spannung, ein Logikarray **410**, eine Eingabe-/Ausgabeeinheit (I/O) **411** und Peripherieschaltungen. Eine oder mehrere der OS-Speichervorrichtungen kann/können in dem FPGA **400** eingebaut sein.

**[0196]** Die I/O **411** ist eine Eingabe-/Ausgabeschnittstelle des Logikarrays **410**. Die Peripherieschaltungen umfassen Funktionsschaltungen zum Betreiben des Logikarrays **410** und der I/O **411**. Beispielsweise umfassen die Peripherieschaltungen einen Taktgenerator **412**, einen Konfigurationsregler **413**, einen Kontextregler **414**, einen Zeilentreiber **415** und einen Spaltentreiber **416**. Die Vddd, Vdda und GND werden in das FPGA **400** eingegeben.

**[0197]** Die Versorgungsvorrichtung für eine negative Spannung bei der Ausführungsform **2** wird als Versorgungsvorrichtung **405** für eine negative Spannung verwendet. Die Versorgungsvorrichtung **405** für eine negative Spannung erzeugt aus der Spannung GND eine negative Spannung Vbg4 und beinhaltet eine Vielzahl von Anschlüssen OB für die negative Spannung Vbg4. Das FPGA **400** beinhaltet in einem Konfigurationsdatenhalteabschnitt einen OS-Transistor. Die negative Spannung Vbg4 wird in ein Rückgate des OS-Transistors eingegeben.

**[0198]** Das Logikarray **410** beinhaltet ein Routing-Schalter-Array (RSA) **421** und ein Logikelement (LE) **425**. Hier ist ein LE **425** eine Logikschaltung mit vier Eingängen und einem Ausgang. Das RSA **421** beinhaltet eine Vielzahl von Routing-Schaltern (RSs) **422**. Der RS **422** steuert eine Verbindung zwischen zwei LEs **425**. Eine Vielzahl der LEs **425**, die in der gleichen Spalte angeordnet sind, kann miteinander verbunden sein, um eine Registerkette zu bilden.

**[0199]** Das LE **425** beinhaltet eine Vielzahl von Konfigurationsspeichern (configuration memories, CFMs) **426**. Die Schaltungskonfiguration des LE **425** wird durch Konfigurationsdaten bestimmt, die in den CFMs **426** gespeichert sind. Der CFM **426** ist ein Konfigurationsspeicher, der einem Multikontext entspricht, und dazu geeignet, Sätze von Konfigurationsdaten zu speichern. Des Weiteren beinhaltet jeder RS **422** eine Speichervorrichtung, die einem Multikontext entspricht, und eine Verbindung zwischen den LEs **425** wird durch Konfigurationsdaten bestimmt, die in den RSs **422** gespeichert sind.

**[0200]** Die Konfiguration des FPGA **400** kann schnell durch Umschalten zwischen den Sätzen von zu ladenden Konfigurationsdaten geändert werden. Die Sätze von Konfigurationsdaten können durch den Kontextregler **414** umgeschaltet werden. Bei dem Zeilentreiber **415** und dem Spaltentreiber **416** handelt es sich um Schaltungen zum Betreiben der RSs **422** und CFMs **426**. Der Konfigurationsregler **413** weist ei-

ne Funktion zum Steuern des Zeilentreibers **415** und des Spaltentreibers **416** auf.

[0201] Hier wird ein Konfigurationsbeispiel für das Logikarray **410** mit zwei Kontexten beschrieben. Die zwei Kontexte werden als „**CNTXT0**“ und „**CNTXT1**“ bezeichnet. Ein Kontextsignal zum Auswählen von **CNTXT0** wird als „**ctx[0]**“ bezeichnet, und ein Kontextsignal zum Auswählen von **CNTXT1** wird als „**ctx[1]**“ bezeichnet.

<Leitungsschalter (RS)>

[0202] Das **RSA 421** beinhaltet eine Vielzahl von **RSs 422**. **Fig. 21A** stellt ein Konfigurationsbeispiel für den **RS 422** dar. Der **RS 422** ist ein programmierbarer Routing-Schalter, bei dem ein Anschluss **IN2** elektrisch mit einem Ausgangsanschluss eines **LE 425** verbunden ist und ein Anschluss **OUT2** elektrisch mit einem Eingangsknoten eines anderen **LE 425** verbunden ist. Bei dem **RS 422** sind zwei Schalterschaltungen **423** (nachstehend als **SWs 423** bezeichnet) parallel zwischen dem Anschluss **IN2** und dem Anschluss **OUT2** elektrisch miteinander verbunden. Es sei angemerkt, dass in dem Fall, in dem die Anzahl von Kontexten größer als 2 ist, genauso viele **SWs 423** wie Kontexte parallel zwischen dem Anschluss **IN2** und dem Anschluss **OUT2** elektrisch miteinander verbunden sein können.

[0203] Die **SW 423** weist die gleiche Schaltungskonfiguration wie eine 3T-Verstärkungszelle auf. Ein Rückgate eines OS-Transistors der **SW 423** ist elektrisch mit der Leitung **BGL2** verbunden. Die negative Spannung **Vbg4** wird in die Leitung **BGL2** eingegeben.

[0204] Eine **SW 423[0]** und eine **SW 423[1]** sind mit einer gemeinsamen Bitleitung **BL** verbunden. Der Spaltentreiber **416** schreibt Konfigurationsdaten in die Bitleitung **BL**. Eine **SW 423[i]** (i ist 0 oder 1) ist elektrisch mit einer Wortleitung **WL[i]** und einer Leitung **CXL[i]** verbunden. Die Leitung **CXL[i]** ist eine Leitung für ein Kontextsignal. Wenn **CNTXT0** ausgewählt wird, wird der Auswahltransistor des **SW 423[0]** durch **ctx[0]** eingeschaltet, und der Auswahltransistor des **SW 423[1]** wird durch **ctx[1]** ausgeschaltet. Im Gegensatz dazu wird dann, wenn **CNTXT1** ausgewählt wird, der Auswahltransistor der **SW 423[0]** ausgeschaltet und der Auswahltransistor der **SW 423[1]** eingeschaltet.

<Konfigurationsspeicher (CFM)>

[0205] **Fig. 21B** stellt ein Konfigurationsbeispiel für einen **CFM 426** dar. Der **CFM 426** beinhaltet zwei Speicherzellen **428** und zwei Transistoren **ME**.

[0206] Speicherzellen **428[0]** und **428[1]** sind elektrisch mit einem gemeinsamen Bitleitungspaar (**BL**

und **BLB**) verbunden. Konfigurationsdaten und die invertierten Daten davon werden in die Bitleitung **BL** bzw. die Bitleitung **BLB** geschrieben. Die Speicherzelle **428[i]** ist elektrisch mit der Wortleitung **WL[i]** und der Leitung **CXL[i]** verbunden. Der Transistor **ME[i]** steuert das Leiten zwischen einem Anschluss **OUT3** und einem Ausgangsanschluss der Speicherzelle **428[i]**.

[0207] Die Speicherzelle **428[i]** besteht aus zwei Verstärkungszellen. Eine der Verstärkungszellen speichert Daten der Bitleitung **BL**, und die andere speichert Daten der Bitleitung **BLB**. Ein Rückgate eines OS-Transistors der Speicherzelle **428[i]** ist elektrisch mit der Leitung **BGL4** verbunden.

[0208] In dem Fall, in dem **CNTXT0** ausgewählt wird, wird der Transistor **ME[0]** durch **ctx[0]** eingeschaltet, und Konfigurationsdaten, die in der Speicherzelle **428[0]** gespeichert sind, werden von dem Anschluss **OUT3** ausgegeben. In dem Fall, in dem **CNTXT1** ausgewählt wird, wird der Transistor **ME[1]** durch **ctx[1]** eingeschaltet, und Konfigurationsdaten, die in der Speicherzelle **428[1]** gespeichert sind, werden ausgegeben.

<<Abbildungsvorrichtung>>

[0209] Bei dieser Ausführungsform wird eine Abbildungsvorrichtung als Beispiel für eine Halbleitervorrichtung beschrieben. Eine Abbildungsvorrichtung **440**, die in **Fig. 22A** dargestellt ist, beinhaltet eine Versorgungsvorrichtung **441** für eine negative Spannung, eine Steuerschaltung **442**, ein Pixelarray **443** und eine Peripherieschaltung **444**. Die Peripherieschaltung **444** beinhaltet einen Zeilentreiber **445** und einen Spaltentreiber **446**. Das Pixelarray **443** beinhaltet eine Vielzahl von Pixeln **448**, die in einer Matrix von Zeilen und Spalten angeordnet sind. Das Pixel **448** ist eine Abbildungsvorrichtung, die eine Funktion zum Umwandeln des Lichts in elektrische Ladung, eine Funktion zum Akkumulieren elektrischer Ladung und dergleichen aufweist.

[0210] Die Spannungen **Vddd**, **Vdda** und **GND** werden in die Abbildungsvorrichtung **440** eingegeben. Die Versorgungsvorrichtung für eine negative Spannung bei der Ausführungsform **2** wird als Versorgungsvorrichtung **441** für eine negative Spannung verwendet. Die Versorgungsvorrichtung **441** für eine negative Spannung erzeugt aus der Spannung **GND** eine negative Spannung **Vbg5** und beinhaltet eine Vielzahl von Anschlüssen **OB** für die negative Spannung **Vbg5**.

[0211] **Fig. 22B** zeigt ein Beispiel für das Pixel **448**. Das Pixel **448** beinhaltet eine Photodiode **PD1**, Transistoren **MI1** bis **MI4**, einen Kondensator **C40** und einen Knoten **FN40**. Der Knoten **FN40** dient als Datenhalteknuten. Der Kondensator **C40** ist ein Speicher-

kondensator zum Halten der Spannung des Knotens **FN40**. Der Transistor **MI1** wird als Rücksetztransistor bezeichnet. Der Transistor **MI1** weist eine Funktion zum Zurücksetzen der Spannung des Knotens **FN40** auf. Der Transistor **MI2** wird als Belichtungs-transistor bezeichnet, der einen Belichtungsvorgang steuert. Der Transistor **MI2** ist ein Passtransistor bzw. Durchlasstransistor, der einen Leitungszustand zwischen dem Knoten **FN40** und der Photodiode **PD1** steuert. Mit dem Transistor **MI2** kann der zeitliche Ablauf des Belichtungsvorgangs gesteuert werden; daher kann ein Bild mittels eines Global-Shutter-Verfahrens bzw. Verfahrens mit globalen Verschluss aufgenommen werden. Der Transistor **MI3** wird als Verstärkertransistor bezeichnet. Der Transistor **MI3** weist entsprechend der Spannung des Knotens **FN40** eine Funktion zum Erzeugen des Durchlassstroms auf. Der Transistor **MI4** wird als Auswahltransistor bezeichnet. Der Transistor **MI4** ist ein Passtransistor bzw. Durchlasstransistor, der einen Leitungszustand zwischen dem Transistor **MI3** und einem Ausgangsanschluss des Pixels **448** steuert.

[0212] Rückgates der Transistoren **MI1** und **MI2** sind elektrisch mit einer Leitung **BGL5** verbunden. Die negative Spannung **Vbg5** wird in die Leitung **BGL5** eingegeben, wodurch der Abschaltstrom der Transistoren **MI1** und **MI2** verringert werden kann. Daher können Schwankungen der Spannung des Knotens **FN40** ferner verringert werden, und eine hochauflösende Abbildung kann durchgeführt werden.

[0213] Ein p-n-Übergang- oder p-i-Übergang-Diodenelement in einem Siliziumsubstrat, ein p-i-n-Diodenelement, in dem ein amorpher Siliziumfilm (ein amorpher Siliziumfilm oder ein mikrokristalliner Siliziumfilm) verwendet wird, oder dergleichen kann als Photodiode **PD1** verwendet werden. Es sei angemerkt, dass ein anderes photoelektrisches Umwandlungselement anstelle der Photodiode in dem Pixel **448** verwendet werden kann. Beispielsweise kann ein als Diode geschalteter Transistor verwendet werden. Alternativ kann ein veränderlicher Widerstand oder dergleichen, der einen photoelektrischen Effekt nutzt, unter Verwendung von Silizium, Germanium, Selen oder dergleichen ausgebildet werden. Ein photoelektrisches Umwandlungselement, das Selen enthält und ein Lawinendurchbruch genanntes Phänomen nutzt, kann verwendet werden. In dem photoelektrischen Umwandlungselement kann ein in hohem Maße empfindlicher Sensor erhalten werden, in dem der Betrag einer Verstärkung von Elektronen bezüglich des Betrags des einfallenden Lichts groß ist. Als auf Selen basierendes Material kann amorphes Selen oder kristallines Selen verwendet werden. Kristallines Selen kann erhalten werden, indem beispielsweise amorphes Selen abgeschieden wird und dann eine Wärmebehandlung durchgeführt wird. Wenn die Größe des Kristallkorns von kristallinem Selen kleiner ist als ein Pixelabstand, können die Schwankung der

Eigenschaften unter den Pixeln **448** verringert werden.

#### «Elektronische Komponente»

[0214] Als Nächstes wird eine elektronische Komponente, die die vorstehend beschriebene Halbleitervorrichtung beinhaltet, unter Bezugnahme auf **Fig. 23A** und **Fig. 23B** beschrieben.

[0215] Eine elektronische Komponente **7000**, die in **Fig. 23A** dargestellt ist, ist ein Package-IC-Chip, der einen Leitungsanschluss und einen Schaltungsabschnitt beinhaltet. Obwohl ein Quad Flat Package (QFP) als Package der elektronischen Komponente **7000** in **Fig. 23A** verwendet wird, ist die Ausführungsform des Packages nicht darauf beschränkt.

[0216] Die elektronische Komponente **7000** ist beispielsweise auf einer gedruckten Leiterplatte **7002** montiert. Eine Vielzahl derartiger IC-Chips sind kombiniert und auf der gedruckten Leiterplatte **7002** elektrisch miteinander verbunden; somit ist eine Leiterplatte ausgebildet, auf der elektronische Komponenten montiert sind (eine Leiterplatte **7004**).

[0217] Der Schaltungsabschnitt der elektronischen Komponente **7000** weist eine mehrschichtige Struktur auf. Mindestens drei Arten von Schichten **7031** bis **7033** sind in dem Schaltungsabschnitt enthalten. Die Schicht **7031** beinhaltet einen Si-Transistor, der aus einem Si-Wafer ausgebildet wird. Die Schichten **7032** und **7033** beinhalten einen OS-Transistor bzw. einen Kondensator. Die Schicht **7033** kann zwischen den Schichten **7031** und **7032** bereitgestellt werden.

[0218] **Fig. 23B** ist eine schematische Ansicht einer elektronischen Komponente **7400**. Die elektronische Komponente **7400** ist ein Kameramodul, das einen Bildsensorchip **7451** beinhaltet. Der Bildsensorchip **7451** beinhaltet die Abbildungsvorrichtung **440** (siehe **Fig. 22A**). Mindestens die Schichten **7031** bis **7033** und eine Schicht **7034** werden in dem Bildsensorchip **7451** enthalten. Die Schicht **7034** beinhaltet ein photoelektrisches Umwandlungselement.

[0219] Die elektronische Komponente **7400** beinhaltet ein Package-Substrat **7411**, an dem der Bildsensorchip **7451** befestigt wird, eine Lin senabdeckung **7421**, eine Linse **7435** und dergleichen. Ein Teil der Lin senabdeckung **7421** und der Linse **7435** sind in **Fig. 23B** nicht dargestellt, um eine innere Struktur der elektronischen Komponente **7400** darzustellen.

[0220] Eine Signalverarbeitungsschaltung und dergleichen werden zwischen dem Package-Substrat **7411** und dem Bildsensorchip **7451** bereitgestellt. Die elektronische Komponente **7400** ist ein System-in-Package (SiP).

**[0221]** Ein Steg **7441** ist elektrisch mit einem Elektrodenpad **7461** verbunden. Das Elektrodenpad **7461** ist über eine Leitung **7471** elektrisch mit dem Bildsensorchip **7451** oder einem IC-Chip **7490** verbunden. Der IC-Chip **7490** kann die vorstehend beschriebene OS-Speichervorrichtung beinhalten.

«Elektronisches Gerät»

**[0222]** Ausführungsformen eines elektronischen Geräts, das die vorstehende elektronische Komponente beinhaltet, werden unter Bezugnahme auf **Fig. 24A** und **Fig. 24D** beschrieben.

**[0223]** **Fig. 24A** stellt ein Strukturbeispiel für ein Tablet-Informationsendgerät dar. Ein Informationsendgerät **2010**, das in **Fig. 24A** dargestellt ist, beinhaltet ein Gehäuse **2011**, einen Anzeigeabschnitt **2012**, einen Beleuchtungsstärkesensor **2013**, eine Kamera **2015**, einen Bedienungsknopf **2016** und dergleichen. Eine Speichervorrichtung, eine Verarbeitungsvorrichtung und dergleichen, die aus der elektronischen Komponente **7000** gebildet werden, sind in das Gehäuse **2011** eingebaut. Die elektronische Komponente **7000** kann für einen Regler oder dergleichen in dem Anzeigeabschnitt **2012** verwendet werden. Die elektronische Komponente **7440** wird für die Kamera **2015** verwendet.

**[0224]** Der Anzeigeabschnitt **2012** beinhaltet das Anzeigesystem, in dem ein Berührungssensor eingebaut ist. Das Informationsendgerät **2010** kann arbeiten, wenn ein Stift **2017** (oder ein elektronischer Stift), ein Finger oder dergleichen einen Bildschirm des Informationsendgeräts **2010** berührt. Das Informationsendgerät **2010** weist Funktionen zu einem Sprachanruf, einem Videoanruf unter Verwendung der Kamera **2015**, Versenden und Empfangen von E-Mails, einem Termin-Organisator, Internet-Kommunikation, Wiedergeben von Musik und dergleichen auf.

**[0225]** **Fig. 24B** stellt ein Strukturbeispiel für einen Personal-Computer (PC) dar. Ein PC **2030** in **Fig. 24B** beinhaltet ein Gehäuse **2031**, einen Anzeigeabschnitt **2032**, einen optischen Sensor **2034**, eine Kamera **2035** und eine Tastatur **2036**. Die Tastatur **2036** kann an das Gehäuse **2031** angebracht oder von dem Gehäuse **2031** abgenommen werden. Wenn die Tastatur **2036** an das Gehäuse **2031** angebracht wird, kann der PC **2030** als Laptop-PC verwendet werden. Wenn die Tastatur **2036** von dem Gehäuse **2031** abgenommen wird, kann der PC **2030** als Tablet-PC verwendet werden.

**[0226]** Eine Speichervorrichtung, eine Verarbeitungsvorrichtung, ein Regler des Anzeigeabschnitts **2032** und dergleichen sind in das Gehäuse **2011** eingebaut. Die elektronische Komponente **7000** wird für diese verwendet. Die elektronische Komponente **2440** wird für die Kamera **2035** verwendet.

**[0227]** Ein Roboter **2100**, der in **Fig. 24C** dargestellt ist, beinhaltet einen Beleuchtungsstärkesensor **2101**, ein Mikrofon **2102**, eine obere Kamera **2103**, einen Lautsprecher **2104**, einen Anzeigeabschnitt **2105**, eine untere Kamera **2106**, einen Hindernissensor **2107**, einen Bewegungsmechanismus **2108**, eine Verarbeitungsvorrichtung **2110** und eine Speichervorrichtung **2111**.

**[0228]** Die elektronische Komponente **7000** kann für die Verarbeitungsvorrichtung **2110**, die Speichervorrichtung **2111**, einen Regler des Anzeigeabschnitts **2105** und dergleichen verwendet werden. Die elektronische Komponente **7440** wird für die obere Kamera **2103** und die untere Kamera **2106** verwendet.

**[0229]** Verschiedene Informationen werden auf dem Anzeigeabschnitt **2105** angezeigt. Der Roboter **2100** kann in dem Anzeigeabschnitt **2105** Informationen anzeigen, die der Benutzer sehen will. Ein Touchscreen kann in dem Anzeigeabschnitt **2105** eingebaut sein.

**[0230]** Sprachkommunikation zwischen dem Benutzer und dem Roboter **2100** wird unter Verwendung des Mikrofons **2102** und des Lautsprechers **2104** erzielt.

**[0231]** Bilder der Umgebung des Roboters **2100** werden durch die obere Kamera **2103** und die untere Kamera **2106** aufgenommen. Beispielsweise wird der Ton des Roboters **2100** von dem Lautsprecher **2104** auf Basis der Informationen über den durch die obere Kamera **2103** aufgenommenen Benutzer ausgewählt.

**[0232]** Der Roboter **2100** kann sich mit dem Bewegungsmechanismus **2108** bewegen. Der Hindernissensor **2107** kann das Vorhandensein oder Nichtvorhandensein eines Hindernisses in der Bewegungsrichtung des Roboters **2100** erfassen. Der Roboter **2100** kann unter Verwendung der oberen Kamera **2103**, der unteren Kamera **2106** und des Hindernissensors **2107** die Umgebung erkennen und kann sich sicher und unabhängig bewegen.

**[0233]** Ein Flugobjekt **2120**, der in **Fig. 24D** dargestellt ist, beinhaltet eine Verarbeitungsvorrichtung **2121**, eine Speichervorrichtung **2122**, eine Kamera **2123** und einen Propeller **2124**. Die elektronische Komponente **7000** wird in der Verarbeitungsvorrichtung **2121**, der Speichervorrichtung **2122** und dergleichen verwendet. Die elektronische Komponente **7400** ist in der Kamera **2123** enthalten.

**[0234]** Ein Fahrzeug **2140**, das in **Fig. 24D** dargestellt ist, beinhaltet verschiedene Sensoren, wie z. B. Infrarot-Radar, Millimeterwellen-Radar und Laser-Radar. Das Fahrzeug **2140** beurteilt Verkehrsinformationen um dieses herum, wie z. B. das Vorhan-

densein einer Leitplanke **2150** oder eines Fußgängers, indem ein durch die Kamera **2141** aufgenommenes Bild analysiert wird, und kann ein automatisches Fahren durchführen. Die elektronische Komponente **7400** ist in der Kamera **2141** eingebaut. Außerdem ist die elektronische Komponente **7000** in einer elektronischen Schaltung (z. B. einer Verarbeitungsvorrichtung und einer Speichervorrichtung) des Fahrzeugs **2140** eingebaut.

«Schaltungsabschnitt der elektronischen Komponente»

**[0235]** Eine mehrschichtige Struktur eines Schaltungsabschnitts der elektronischen Komponente **7000** wird unter Bezugnahme auf **Fig. 25** beschrieben. **Fig. 25** stellt eine Querschnittsstruktur der Speicherzelle **237** (siehe **Fig. 16A**) als Beispiel dar. **Fig. 25** stellt den Transistor **MW5**, den Kondensator **CS5** und den Transistor **MT5** dar. Der Transistor **MT5** ist ein Transfertransistor, der elektrisch mit der Bitleitung **BL** verbunden ist, und wird mit einem einkristallinen Siliziumwafer **5500** ausgebildet. Es sei angemerkt, dass **Fig. 25** keine Querschnittsansicht eines IC-Chips entlang einer spezifischen Linie, sondern eine Querschnittsansicht zum Darstellen eines Beispiels für die mehrschichtige Struktur des IC-Chips ist.

**[0236]** Der Transistor **MT5**, der Transistor **MW5** und der Kondensator **CS5** werden in der Schicht **7031**, der Schicht **7032** bzw. der Schicht **7033** ausgebildet. Eine Vielzahl von Leitungsschichten wird zwischen den Schichten **7031** und **7032** bereitgestellt. Die Wortleitung **WL** und dergleichen sind in den Leitungsschichten bereitgestellt. Der Transistor **MW5** weist eine Struktur auf, die derjenigen eines OS-Transistors **5003** ähnlich ist (siehe **Fig. 26B**), der nachstehend beschrieben wird.

«Strukturbeispiel für den OS-Transistor»

**[0237]** Als Nächstes werden Strukturbeispiele für den OS-Transistor unter Bezugnahme auf **Fig. 26A** und **Fig. 26B** beschrieben. Querschnittsstrukturen der OS-Transistoren in der Kanallängsrichtung werden auf der linken Seite der **Fig. 26A** und **Fig. 26B** dargestellt. Querschnittsstrukturen der OS-Transistoren in der Kanalbreitenrichtung werden auf der rechten Seite der **Fig. 26A** und **Fig. 26B** dargestellt.

**[0238]** Der OS-Transistor **5001**, der in **Fig. 26A** dargestellt ist, wird über einer isolierenden Oberfläche ausgebildet, hier über einer Isolierschicht **5001**. Hier wird der OS-Transistor **5001** über einer Isolierschicht **5021** ausgebildet. Der OS-Transistor **5001** ist mit Isolierschichten **5028** und **5029** bedeckt. Der OS-Transistor **5001** beinhaltet Isolierschichten **5022** bis **5027** und **5030** bis **5032**, Metalloxidschichten **5011** bis **5013** und leitende Schichten **5050** bis **5054**.

**[0239]** Es sei angemerkt, dass die Isolierschicht, die Metalloxidschicht, die Leiter und dergleichen in der Zeichnung jeweils eine einschichtige Struktur oder eine mehrschichtige Struktur aufweisen können. Diese Schichten können durch ein beliebiges der verschiedenen Abscheidungsverfahren, wie z. B. ein Sputterverfahren, ein Molekularstrahlepitaxie- (molecular beam epitaxy, MBE-) Verfahren, ein Puls laserabscheidungs- (pulsed laser ablation, PLA-) Verfahren, ein CVD-Verfahren und ein Atomlagenabscheidungs- (atomic layer deposition, ALD-) Verfahren, ausgebildet werden. Beispiele für das CVD-Verfahren umfassen ein plasmaunterstütztes CVD-Verfahren, ein thermisches CVD-Verfahren und ein metallorganisches CVD-Verfahren.

**[0240]** Die Metalloxidschichten **5011** bis **5013** werden insgesamt als Oxidschicht **5010** bezeichnet. Wie in **Fig. 26A** dargestellt, beinhaltet die Oxidschicht **5010** einen Abschnitt, in dem die Metalloxidschicht **5011**, die Metalloxidschicht **5012** und die Metalloxidschicht **5013** in dieser Reihenfolge übereinander angeordnet sind. Wenn der OS-Transistor **5001** eingeschaltet ist, wird ein Kanal hauptsächlich in der Metalloxidschicht **5012** der Oxidschicht **5010** gebildet.

**[0241]** Eine Gate-Elektrode des OS-Transistors **5001** wird unter Verwendung der leitenden Schicht **5050** ausgebildet. Ein Paar von Elektroden, die als Source-Elektrode und Drain-Elektrode des OS-Transistors **5001** dienen, wird unter Verwendung der leitenden Schichten **5051** und **5052** ausgebildet. Die leitenden Schichten **5050** bis **5052** sind jeweils mit den Isolierschichten **5030** bis **5032**, die als Sperrschichten dienen, bedeckt. Eine Rückgate-Elektrode des OS-Transistors **5001** ist unter Verwendung einer Schichtanordnung aus den leitenden Schichten **5053** und **5054** ausgebildet.

**[0242]** Eine Gate-Isolierschicht auf einer Seite des Gates wird unter Verwendung der Isolierschicht **5027** ausgebildet. Eine Gate-Isolierschicht auf einer Seite des Rückgates wird unter Verwendung einer Schichtanordnung der Isolierschichten **5024** bis **5026** ausgebildet. Die Isolierschicht **5028** ist eine isolierende Zwischenschicht. Die Isolierschicht **5029** ist eine Sperrschicht.

**[0243]** Die Metalloxidschicht **5013** bedeckt eine Schichtanordnung aus den Metalloxidschichten **5011** und **5012** sowie den leitenden Schichten **5051** und **5052**. Die Isolierschicht **5027** bedeckt die Metalloxidschicht **5013**. Die leitenden Schichten **5051** und **5052** weisen jeweils einen Bereich auf, der sich mit der leitenden Schicht **5050** überlappt, wobei die Metalloxidschicht **5013** und die Isolierschicht **5027** dazwischen angeordnet sind.

**[0244]** Beispiele für ein leitendes Material, das für die leitenden Schichten **5050** bis **5054** verwendet

wird, umfassen einen Halbleiter, typischerweise polykristallines Silizium, das mit einem Verunreinigungselement, wie z. B. Phosphor, dotiert ist; Silizid, wie z. B. Nickelsilizid; ein Metall, wie z. B. Molybdän, Titan, Tantal, Wolfram, Aluminium, Kupfer, Chrom, Neodym oder Scandium; und ein Metallnitrid, das ein beliebiges der vorstehenden Metalle als seine Komponente enthält (Tantalnitrid, Titannitrid, Molybdännitrid oder Wolframnitrid). Ein leitendes Material, wie z. B. Indiumzinnoxid, Indiumoxid, das Wolframoxid enthält, Indiumzinkoxid, das Wolframoxid enthält, Indiumoxid, das Titanoxid enthält, Indiumzinnoxid, das Titanoxid enthält, Indiumzinkoxid oder Indiumzinnoxid, dem Siliziumoxid zugesetzt worden ist, kann verwendet werden.

[0245] Beispielsweise ist die leitende Schicht **5050** eine Einzelschicht aus Tantalnitrid oder Wolfram. Alternativ können in dem Fall, in dem die leitende Schicht **5050** eine zweischichtige Struktur oder eine dreischichtige Struktur aufweist, die folgenden Kombinationen verwendet werden: Aluminium und Titan; Titannitrid und Titan; Titannitrid und Wolfram; Tantalnitrid und Wolfram; Wolframnitrid und Wolfram; Titan, Aluminium und Titan; Titannitrid, Aluminium und Titan; sowie Titannitrid, Aluminium und Titannitrid. Der zuerst beschriebene Leiter wird für eine Schicht auf der Seite der Isolierschicht **5027** verwendet.

[0246] Die leitenden Schichten **5051** und **5052** weisen die gleiche Schichtstruktur auf. Beispielsweise kann in dem Fall, in dem die leitende Schicht **5051** eine Einzelschicht ist, ein beliebiges der Metalle, wie z. B. Aluminium, Titan, Chrom, Nickel, Kupfer, Yttrium, Zirkonium, Molybdän, Silber, Tantal und Wolfram, oder eine Legierung verwendet werden, die ein beliebiges dieser Metalle als ihre Hauptkomponente enthält. In dem Fall, in dem die leitende Schicht **5051** eine zweischichtige Struktur oder eine dreischichtige Struktur aufweist, können die folgenden Kombinationen verwendet werden: Titan und Aluminium; Wolfram und Aluminium; Wolfram und Kupfer; eine Kupfer-Magnesium-Aluminium-Legierung und Kupfer; Titan und Kupfer; Titan oder Titannitrid, Aluminium oder Kupfer und Titan oder Titannitrid; sowie Molybdän oder Molybdännitrid, Aluminium oder Kupfer und Molybdän oder Molybdännitrid. Der zuerst beschriebene Leiter wird für eine Schicht auf der Seite der Isolierschicht **5027** verwendet.

[0247] Beispielsweise wird es bevorzugt, dass die leitende Schicht **5053** eine leitende Schicht ist, die eine Wasserstoffsperreigenschaft aufweist (z. B. eine Tantalnitridschicht), und dass die leitende Schicht **5054** eine leitende Schicht ist, die höhere Leitfähigkeit als die leitende Schicht **5053** aufweist (z. B. eine Wolframschicht). Bei einer derartigen Struktur dient die Schichtanordnung aus den leitenden Schichten **5053** und **5054** als Leitung und weist eine Funktion

zur Unterdrückung der Verteilung von Wasserstoff in die Oxidschicht **5010** auf.

[0248] Beispiele für ein isolierendes Material, das für die Isolierschichten **5021** bis **5032** verwendet wird, umfassen Aluminiumnitrid, Aluminiumoxid, Aluminiumnitridoxid, Aluminiumoxynitrid, Magnesiumoxid, Siliziumnitrid, Siliziumoxid, Siliziumnitridoxid, Siliziumoxynitrid, Galliumoxid, Germaniumoxid, Yttriumoxid, Zirkoniumoxid, Lanthanoxid, Neodymoxid, Hafniumoxid, Tantaloxid und Aluminiumsilikat. Die Isolierschichten **5021** bis **5032** werden jeweils unter Verwendung einer einschichtigen Struktur oder einer mehrschichtigen Struktur dieser isolierenden Materialien ausgebildet. Die Schichten, die für die Isolierschichten **5021** bis **5032** verwendet werden, können eine Vielzahl von isolierenden Materialien enthalten.

[0249] Es sei angemerkt, dass in dieser Beschreibung und dergleichen ein Oxynitrid eine Verbindung bezeichnet, die mehr Sauerstoff als Stickstoff enthält, und ein Nitridoxid eine Verbindung bezeichnet, die mehr Stickstoff als Sauerstoff enthält.

[0250] Bei dem OS-Transistor **5001** wird die Oxidschicht **5010** vorzugsweise von einer Isolierschicht mit Sperreigenschaften gegen Sauerstoff und Wasserstoff umschlossen (nachstehend wird eine derartige Isolierschicht als Sperrschicht bezeichnet). Bei einer derartigen Struktur können die Abgabe von Sauerstoff von der Oxidschicht **5010** und das Eindringen von Wasserstoff in die Oxidschicht **5010** unterdrückt werden; somit können die Zuverlässigkeit und die elektrischen Eigenschaften des OS-Transistors **5001** verbessert werden.

[0251] Beispielsweise kann die Isolierschicht **5029** als Sperrschicht dienen, und mindestens eine der Isolierschichten **5021**, **5022** und **5024** kann als Sperrschicht dienen. Die Sperrschicht kann unter Verwendung eines Materials, wie z. B. Aluminiumoxid, Aluminiumoxynitrid, Galliumoxid, Galliumoxynitrid, Yttriumoxid, Yttriumoxynitrid, Hafniumoxid, Hafniumoxynitrid oder Siliziumnitrid, ausgebildet werden. Eine weitere Sperrschicht kann zwischen der Oxidschicht **5010** und der leitenden Schicht **5050** bereitgestellt werden. Alternativ kann eine Metalloxidschicht, die Sperreigenschaften gegen Sauerstoff und Wasserstoff aufweist, als die Metalloxidschicht **5013** bereitgestellt werden.

[0252] Die Isolierschicht **5030** ist vorzugsweise eine Sperrschicht, die verhindert, dass die leitende Schicht **5050** oxidiert wird. Wenn die Isolierschicht **5030** eine Sauerstoffsperreigenschaft aufweist, kann die Oxidation der leitenden Schicht **5050** infolge Sauerstoffs, der von der Isolierschicht **5028** oder dergleichen abgegeben wird, unterdrückt werden. Beispielsweise kann die Isolierschicht **5030** unter Verwendung



eines Metalloxides, wie z. B. Aluminiumoxides, ausgebildet werden.

**[0253]** Fig. 26A stellt ein Beispiel dar, in dem die Oxidschicht **5010** eine dreischichtige Struktur aufweist; jedoch ist eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung nicht darauf beschränkt. Die Oxidschicht **5010** kann beispielsweise eine zweischichtige Struktur ohne die Metalloxidschicht **5011** oder **5013** aufweisen, oder kann aus einer der Metalloxidschichten **5011** und **5012** bestehen. Alternativ kann die Oxidschicht **5010** aus vier oder mehr Metalloxidschichten bestehen.

**[0254]** Der OS-Transistor **5003** in Fig. 26B unterscheidet sich von dem OS-Transistor **5001** in den Strukturen der Gate-Elektrode und der Oxidschicht.

**[0255]** Die Gate-Elektrode (**5050**) des OS-Transistors **5003** ist mit Isolierschichten **5033** und **5034** bedeckt. Der OS-Transistor **5003** beinhaltet eine Oxidschicht **5009**, die aus den Metalloxidschichten **5011** und **5012** ausgebildet ist. Anstelle der leitenden Schichten **5051** und **5052** sind niederohmige Bereiche **5011a** und **5011b** in der Metalloxidschicht **5011** bereitgestellt, und niederohmige Bereiche **5012a** und **5012b** sind in der Metalloxidschicht **5012** bereitgestellt. Indem der Oxidschicht **5009** Verunreinigungselemente (z. B. Wasserstoff oder Stickstoff) selektiv zugesetzt werden, können die niederohmigen Bereiche **5011a**, **5011b**, **5012a** und **5012b** ausgebildet werden.

**[0256]** Wenn der Metalloxidschicht Verunreinigungselemente zugesetzt werden, werden Sauerstofffehlstellen in den Bereichen ausgebildet, denen die Verunreinigungselemente zugesetzt werden, und die Verunreinigungselemente dringen in die Sauerstofffehlstellen ein. Dies erhöht die Ladungsträgerdichte und verringert daher den Widerstand der Bereiche.

«Metalloid»

**[0257]** Ein Kanalbildungsbereich des OS-Transistors enthält vorzugsweise einen wolkenartig ausgerichteten Verbundmetalloxidhalbleiter (cloud-aligned composite metal oxide semiconductor, CAC-OS).

**[0258]** Der CAC-OS weist eine leitende Funktion in einem Teil des Materials auf und weist eine isolierende Funktion in einem anderen Teil des Materials auf; in seiner Gesamtheit weist der CAC-OS eine Funktion eines Halbleiters auf. In dem Fall, in dem der CAC-OS oder ein CAC-Metalloid in einer Aktivschicht eines Transistors verwendet wird, ermöglicht die leitende Funktion, dass Elektronen (oder Löcher) fließen, die als Ladungsträger dienen, und die isolierende Funktion ermöglicht nicht, dass Elektronen fließen, die als Ladungsträger dienen. Durch die kom-

plementäre Wirkung der leitenden Funktion und der isolierenden Funktion kann der CAC-OS eine Schaltfunktion (Ein-/Ausschaltfunktion) aufweisen. In dem CAC-OS kann eine Trennung der Funktionen jede Funktion maximieren.

**[0259]** Der CAC-OS beinhaltet leitende Bereiche und isolierende Bereiche. Die leitenden Bereiche weisen die vorstehend beschriebene leitende Funktion auf, und die isolierenden Bereiche weisen die vorstehend beschriebene isolierende Funktion auf. In einigen Fällen sind in dem Material die leitenden Bereiche und die isolierenden Bereiche in der Größenordnung von Nanoteilchen getrennt. In einigen Fällen sind die leitenden Bereiche und die isolierenden Bereiche in dem Material ungleichmäßig verteilt. Die leitenden Bereiche werden in einigen Fällen wolkenartig gekoppelt beobachtet, wobei ihre Grenzen unscharf sind.

**[0260]** Des Weiteren weisen in einigen Fällen in dem CAC-OS die leitenden Bereiche und die isolierenden Bereiche jeweils eine Größe von größer als oder gleich 0,5 nm und kleiner als oder gleich 10 nm, bevorzugt größer als oder gleich 0,5 nm und kleiner als oder gleich 3 nm auf, und sie sind in dem Material dispergiert.

**[0261]** Der CAC-OS enthält Komponenten mit unterschiedlichen Bandlücken. Der CAC-OS enthält beispielsweise eine Komponente mit einer großen Lücke aufgrund des isolierenden Bereichs und eine Komponente mit einer kleinen Lücke aufgrund des leitenden Bereichs. In dem Fall einer derartigen Zusammensetzung fließen Ladungsträger hauptsächlich in der Komponente mit einer kleinen Lücke. Die Komponente mit einer kleinen Lücke komplementiert die Komponente mit einer großen Lücke, und Ladungsträger fließen auch in der Komponente mit einer großen Lücke in Zusammenhang mit der Komponente mit einer kleinen Lücke. Folglich kann in dem Fall, in dem der vorstehend beschriebene CAC-OS in einem Kanalbildungsbereich eines Transistors verwendet wird, eine hohe Stromtreiberfähigkeit und eine hohe Feldeffektbeweglichkeit des OS-Transistors erhalten werden.

**[0262]** Ein Metalloxydhalbleiter wird gemäß der Kristallinität in einen einkristallinen Metalloxydhalbleiter und in einen nicht-einkristallinen Metalloxydhalbleiter unterteilt. Beispiele für einen nicht-einkristallinen Metalloxydhalbleiter umfassen einen kristallinen Oxidhalbleiter mit Ausrichtung bezüglich der c-Achse (c-axis-aligned crystalline oxide semiconductor, CAAC-OS), einen polykristallinen Oxidhalbleiter, einen nanokristallinen Oxidhalbleiter (nanocrystalline oxide semiconductor, nc-OS), einen amorphähnlichen Oxidhalbleiter (a-ähnlichen OS) und dergleichen.

**[0263]** Der Kanalbildungsbereich des OS-Transistors enthält vorzugsweise ein Metalloxid mit einem Kristallteil, wie z. B. einen CAAC-OS oder einen nc-OS.

**[0264]** Der CAAC-OS weist eine Ausrichtung bezüglich der c-Achse auf, seine Nanokristalle sind in Richtung der a-b-Ebene verbunden, und seine Kristallstruktur weist eine Verzerrung auf. Es sei angemerkt, dass sich eine Verzerrung auf einen Abschnitt bezieht, in dem sich die Richtung einer Gitteranordnung zwischen einem Bereich mit einer gleichmäßigen Gitteranordnung und einem anderen Bereich mit einer gleichmäßigen Gitteranordnung in einem Bereich verändert, in dem die Nanokristalle verbunden sind.

**[0265]** In dem nc-OS weist ein mikroskopischer Bereich (zum Beispiel ein Bereich mit einer Größe von größer als oder gleich 1 nm und kleiner als oder gleich 10 nm, insbesondere ein Bereich mit einer Größe von größer als oder gleich 1 nm und kleiner als oder gleich 3 nm) eine regelmäßige Atomanordnung auf. Es gibt keine Regelmäßigkeit der Kristallausrichtung zwischen unterschiedlichen Nanokristallen in dem nc-OS. Daher wird keine Ausrichtung des gesamten Films beobachtet. Deshalb kann man in einigen Fällen den nc-OS von einem a-ähnlichen OS oder einem amorphen Oxidhalbleiter in Abhängigkeit von einem Analyseverfahren nicht unterscheiden.

**[0266]** Der a-ähnlicher OS weist eine Struktur auf, die zwischen derjenigen des nc-OS und derjenigen des amorphen Oxidhalbleiters liegt. Der a-ähnliche OS weist einen Hohlraum oder einen Bereich mit niedriger Dichte auf. Der a-ähnliche OS weist eine niedrigere Kristallinität auf als der nc-OS und der CAAC-OS.

**[0267]** In dieser Beschreibung und dergleichen bezeichnet ein CAC die Funktion oder ein Material eines Metalloxidhalbleiters, und ein CAAC bezeichnet die Kristallstruktur eines Metalloxidhalbleiters.

#### Bezugszeichenliste

9A, 9B: Kurve, 10, 11, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 171, 172: Vergleichsschaltung, 14, 15, 34: Differenzpaar, 17: Stromquelle, 18: Lastkreis, 30, 31, 32, 33, 172A: Differenzeingangsschaltung, 35, 40, 41, 42, 43, 45: Ausgangsschaltung, 38, 39: Inverterschaltung, 100, 101: Versorgungsvorrichtung für eine negative Spannung, 111, 141: Steuerschaltung, 112, 117A, 117B, 117C, 123, 142, 153: Ladungspumpenschaltung, 114: Vorspannungserzeugungsschaltung, 120, 150: Ausgangsspannungseinsteller, 122, 152: Halteschaltung für eine negative Spannung, 127, 154: Treiberschaltung, 128, 155, 161, 162: Überwachungsschaltung, 143: Teilerschaltung, 171,

172: Vergleichsschaltung, 173: Latch-Schaltung, 175, 177: Auswahlsschaltung, 200, 211, 280: Speichervorrichtung, 210, 261: Versorgungsvorrichtung für eine negative Spannung, 215, 281: Steuerschaltung, 220, 283: Speicherzellenarray, 221, 282: Peripherieschaltung, 223: Zeilenschaltung, 224: Spaltenschaltung, 225: Eingangs-/Ausgangsschaltung, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 236, 237, 238, 240: Speicherzelle, 241, 242, 272: Sicherungsschaltung, 250: Mikrocontroller-Einheit (MCU), 260: Stromverwaltungseinheit (PMU), 262: Bus, 264, 265: Stromschalter, 265: Stromschalter, 267: Pegelverschieber- (LS-) und Pufferschaltung, 270: Prozessorkern, 271: Flipflop, 272A, 273A: Takt-Pufferschaltung, 273: Abtast-Flipflop, 330: CPU-Kern, 340: Sicherungsschaltung, 400: FPGA, 405: Versorgungsvorrichtung für eine negative Spannung, 410: Logikarray, 411: Eingabe-/Ausgabeeinheit (I/O), 412: Taktgenerator, 413: Konfigurationsregler, 414: Kontextregler, 415: Zeilentreiber, 416: Spaltentreiber, 421: Leitungsschalter-Array (RSA), 422: Routing-Schalter (RS), 423: Schalterschaltung (SW), 425: Logikelement (LE), 426: Konfigurationsspeicher (CFM), 428: Speicherzelle, 440: Abbildungsvorrichtung, 441: Versorgungsvorrichtung für eine negative Spannung, 442: Steuerschaltung, 443: Pixelarray, 444: Peripherieschaltung, 445: Zeilentreiber, 446: Spaltentreiber, 448: Pixel, 2010: Informationsendgerät, 2011, 2031, 3011, 3031: Gehäuse, 2012, 2032, 2105: Anzeigeabschnitt, 2013, 2034, 2101: Beleuchtungsstärkesensor, 2015, 2035, 2123, 2141: Kamera, 2016: Bedienungsknopf, 2017: Stift, 2030, 3030: PC, 2036: Tastatur, 2100: Roboter, 2102: Mikrofon, 2103: obere Kamera, 2104: Lautsprecher, 2106: untere Kamera, 2107: Hindernissensor, 2108: Bewegungsmechanismus, 2110, 2121: Verarbeitungsvorrichtung, 2111, 2122: Speichervorrichtung, 2120: Flugobjekt, 2121: Verarbeitungsvorrichtung, 2124: Propeller, 2140, 2980: Fahrzeug, : 2150: Leitplanke, 5001, 5003: OS-Transistor, 5009, 5010: Oxidschicht, 5011, 5012, 5013: Metalloxidschicht, 5011a, 5011b, 5012a, 5012b: niederohmiger Bereich, 5021, 5022, 5024, 5027, 5028, 5029, 5030, 5033, 5034: Isolierschicht, 5050, 5051, 5052, 5053, 5054: leitende Schicht, 5500: einkristalliner Siliziumwafer, 7400: elektronische Komponente, 7411: Package-Substrat, 7421: Linsenabdeckung, 7435: Linse, 7440: elektronische Komponente, 7441: Steg, 7451: Bildsensorchip, 7461: Elektrodenpad, 7471: Leitung, 7490: IC-Chip, BGL, BGL1, BGL2, BGL4, BGL5, CXL, OGL: Leitung, BL, BLB: Bitleitung, : CK10, CK11, D1, FN40, Q, Qb, Q1, RT, SD, SD\_IN, SE, SN1, SN2, SN3, SN11, X1, X2, X5, X6, X11, X12, X13: Knoten, CDL: Kondensatorleitung, C11, C21, C22, C25, C40, CS1, CS3, CS5, CS6, CS7: Kondensator, IN2, INN, INP, IN\_cp, OB, OB1, OB2, OCM, OCMB, OUT2, OUT cp, OUT3: Anschluss, MI1, MI2, MI3, MI4, MN1, MN5, MN6, MN7, MO1, MO2, MO3, MO5,

MO7, MO11, MO12, MO13, MO14, MO21, MO22,  
MO25, MP1, MP2, MP5, MP6, MP7, MR1, MT5,  
MW1, MW2, MW3, MW5, MW6, MW7: Transistor,  
PL2, PL3, V VDM, V\_VSM: Stromleitung, RBL: Aus-  
lese-Bitleitung, RWL: Auslese-Wortleitung, Rd1,  
Rd2: Belastung, SL: Source-Leitung, WBL: Schreib-  
Bitleitung, WL: Wortleitung, WWL: Schreib-Wortlei-  
tung.

**[0269]** Diese Anmeldung basiert auf der japanischen  
Patentanmeldung mit der Seriennr. 2017-107964,  
eingereicht beim japanischen Patentamt am 31. Mai  
2017, 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 2017107964 [0269]

**Patentansprüche****1. Vergleichsschaltung, die umfasst:**

einen ersten Eingangsanschluss;  
 einen zweiten Eingangsanschluss;  
 einen ersten Ausgangsanschluss; und  
 eine Differenzeingangsschaltung, die ein Differenzpaar aus einem ersten n-Kanal-Transistor und einem zweiten n-Kanal-Transistor umfasst, die jeweils ein Gate und ein Rückgate umfassen,  
 wobei die Vergleichsschaltung eine negative Spannung und eine negative Bezugsspannung vergleicht und in Reaktion auf ein Vergleichsergebnis von dem ersten Ausgangsanschluss eine erste Ausgangsspannung ausgibt,  
 wobei die negative Spannung in den ersten Eingangsanschluss eingegeben wird,  
 wobei eine positive Bezugsspannung in den zweiten Eingangsanschluss eingegeben wird,  
 wobei die positive Bezugsspannung derart bestimmt wird, dass ein Vergleich durchgeführt wird,  
 wobei eine erste Vorspannung in eines des Gates und des Rückgates des ersten n-Kanal-Transistors eingegeben wird,  
 wobei der erste Eingangsanschluss elektrisch mit dem anderen des Gates und des Rückgates des ersten n-Kanal-Transistors verbunden ist,  
 wobei der zweite Eingangsanschluss elektrisch mit einem des Gates und des Rückgates des zweiten n-Kanal-Transistors verbunden ist, und  
 wobei eine zweite Vorspannung in das andere des Gates und des Rückgates des zweiten n-Kanal-Transistors eingegeben wird.

**2. Vergleichsschaltung nach Anspruch 1,**  
 wobei die erste Vorspannung in das Rückgate des ersten n-Kanal-Transistors eingegeben wird, und  
 wobei eine erste negative Spannung in das Gate des ersten n-Kanal-Transistors eingegeben wird.

**3. Vergleichsschaltung nach Anspruch 1 oder 2,**  
 wobei die positive Bezugsspannung in das Rückgate des zweiten n-Kanal-Transistors eingegeben wird, und  
 wobei die zweite Vorspannung in das Gate des zweiten n-Kanal-Transistors eingegeben wird.

**4. Vergleichsschaltung nach Anspruch 1, wobei**  
 die erste Vorspannung eine hohe Stromversorgungsspannung der Vergleichsschaltung ist.

**5. Vergleichsschaltung nach Anspruch 1, wobei**  
 die zweite Vorspannung eine niedrige Stromversorgungsspannung der Vergleichsschaltung ist.

**6. Vergleichsschaltung nach Anspruch 1, wobei**  
 ein Kanalbildungsbereich sowohl des ersten n-Kanal-Transistors als auch des zweiten n-Kanal-Transistors ein Metalloxid umfasst.

**7. Vergleichsschaltung nach Anspruch 1,**  
 wobei die Vergleichsschaltung eine dynamische Vergleichsschaltung ist, und  
 wobei die Differenzeingangsschaltung eine Latch-Schaltung beinhaltet, die elektrisch mit dem Differenzpaar verbunden ist.

**8. Halbleitervorrichtung, die umfasst:**  
 eine Ladungspumpenschaltung;  
 eine Treiberschaltung; und  
 die Vergleichsschaltung nach Anspruch 1,  
 wobei ein Ausgangsanschluss der Ladungspumpenschaltung elektrisch mit dem ersten Eingangsanschluss der Vergleichsschaltung verbunden ist,  
 wobei die erste Ausgangsspannung von der Vergleichsschaltung in die Treiberschaltung eingegeben wird, und  
 wobei die Treiberschaltung gemäß der ersten Ausgangsspannung ein Taktsignal zum Betreiben der Ladungspumpenschaltung erzeugt.

**9. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 8,**  
 wobei eine Vielzahl von n-Kanal-Transistoren, die elektrisch in Reihe geschaltet sind, in einem Transferpfad elektrischer Ladung der Ladungspumpenschaltung bereitgestellt wird,  
 wobei die Vielzahl von n-Kanal-Transistoren jeweils ein Rückgate beinhaltet, das elektrisch mit einem Gate verbunden ist, und  
 wobei ein Kanalbildungsbereich jedes der Vielzahl von n-Kanal-Transistoren ein Metalloxid enthält.

**10. Halbleitervorrichtung, die umfasst:**  
 erste bis N-te Spannungsausgangsanschlüsse, wobei N eine ganze Zahl von 2 oder mehr ist;  
 eine Spannungserzeugungsschaltung für eine negative Spannung;  
 eine Steuerschaltung;  
 erste bis N-te Ladungspumpenschaltungen;  
 erste bis N-te Überwachungsschaltungen; und  
 erste bis N-te Treiberschaltungen,  
 wobei die Steuerschaltung ein erstes Taktsignal zum Betreiben der Spannungserzeugungsschaltung für eine negative Spannung erzeugt,  
 wobei ein Ausgangsanschluss der Spannungserzeugungsschaltung für eine negative Spannung elektrisch mit Eingangsanschlüssen der ersten bis N-ten Ladungspumpenschaltungen verbunden ist,  
 wobei ein Ausgangsanschluss einer j-ten Ladungspumpenschaltung elektrisch mit einem j-ten Spannungsausgangsanschluss verbunden ist, wobei j eine ganze Zahl von 1 bis N ist,  
 wobei eine j-te Überwachungsschaltung eine Vergleichsschaltung [j] beinhaltet,  
 wobei die Vergleichsschaltung [j] die Vergleichsschaltung nach Anspruch 1 ist,  
 wobei der erste Eingangsanschluss der Vergleichsschaltung [j] elektrisch mit dem j-ten Spannungsausgangsanschluss verbunden ist,

wobei der erste Ausgangsanschluss der Vergleichsschaltung [j] elektrisch mit einem Eingangsanschluss der j-ten Treiberschaltung verbunden ist, und wobei die j-te Treiberschaltung gemäß dem ersten Taktsignal und einer ersten Ausgangsspannung, die von der Vergleichsschaltung [j] ausgegeben wird, ein zweites Taktsignal zum Betreiben der j-ten Ladungspumpenschaltung erzeugt.

11. Halbleitervorrichtung, die umfasst: erste bis N-te Spannungsausgangsanschlüsse, wobei N eine ganze Zahl von 2 oder mehr ist; eine Spannungserzeugungsschaltung für eine negative Spannung; eine Steuerschaltung; eine Teilerschaltung; erste bis N-te Ladungspumpenschaltungen; erste bis N-te Überwachungsschaltungen; und erste bis N-te Treiberschaltungen, wobei die Steuerschaltung ein erstes Taktsignal zum Betreiben der Spannungserzeugungsschaltung für eine negative Spannung erzeugt, wobei die Teilerschaltung das erste Taktsignal teilt, um ein zweites Taktsignal zu erzeugen, wobei ein Ausgangsanschluss der Spannungserzeugungsschaltung für eine negative Spannung elektrisch mit Eingangsanschlüssen der ersten bis N-ten Ladungspumpenschaltungen verbunden ist, wobei ein Ausgangsanschluss einer j-ten Ladungspumpenschaltung elektrisch mit einem j-ten Spannungsausgangsanschluss verbunden ist, wobei j eine ganze Zahl von 1 bis N ist, wobei eine j-te Überwachungsschaltung eine Vergleichsschaltung [j] beinhaltet, wobei die Vergleichsschaltung [j] die Vergleichsschaltung nach Anspruch 7 ist, wobei der erste Eingangsanschluss der Vergleichsschaltung [j] elektrisch mit dem j-ten Spannungsausgangsanschluss verbunden ist, wobei der erste Ausgangsanschluss der Vergleichsschaltung [j] elektrisch mit einem Eingangsanschluss der j-ten Treiberschaltung verbunden ist, und wobei die j-te Treiberschaltung gemäß dem zweiten Taktsignal und einer ersten Ausgangsspannung, die von der Vergleichsschaltung [j] ausgegeben wird, ein drittes Taktsignal zum Betreiben der j-ten Ladungspumpenschaltung erzeugt.

12. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 11, wobei die j-te Überwachungsschaltung ferner eine Latch-Schaltung [j] und eine Schaltung [j] beinhaltet, wobei die j-te Latch-Schaltung zwischen dem ersten Ausgangsanschluss der Vergleichsschaltung [j] und dem j-ten Spannungsausgangsanschluss liegt, und wobei die Schaltung [j] gemäß einer Ausgabe der j-ten Latch-Schaltung eine Spannung, die niedriger als die positive Bezugsspannung ist, in den zweiten Eingangsanschluss der Vergleichsschaltung [j] eingibt.

13. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 11,

wobei die j-te Überwachungsschaltung ferner eine Auswahlsschaltung [j] beinhaltet, und wobei die Auswahlsschaltung [j] gemäß der ersten Ausgangsspannung von dem ersten Ausgangsanschluss der Vergleichsschaltung [j] eine niedrige Stromversorgungsspannung in die Differenzeingangsschaltung der Vergleichsschaltung [j] eingibt.

14. Elektronische Komponente, in der ein Chip eingebaut ist, wobei der Chip die Halbleitervorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 13 beinhaltet.

15. Elektronisches Gerät, das umfasst: die elektronische Komponente nach Anspruch 14; und einen Anzeigeabschnitt und/oder ein Mikrofon und/oder einen Lautsprecher und/oder eine Bedientaste und/oder ein Gehäuse.

Es folgen 25 Seiten Zeichnungen

## Anhängende Zeichnungen

FIG. 1A

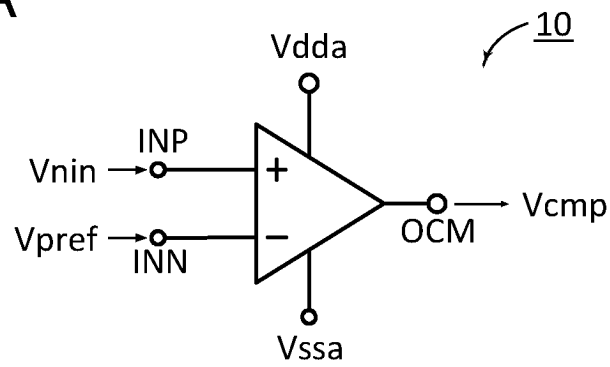


FIG. 1B

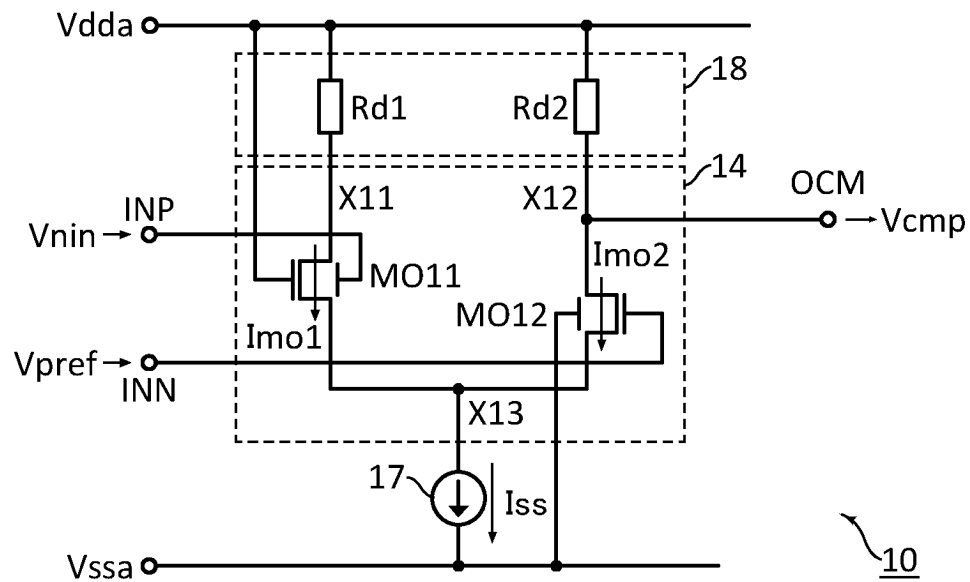


FIG. 1C

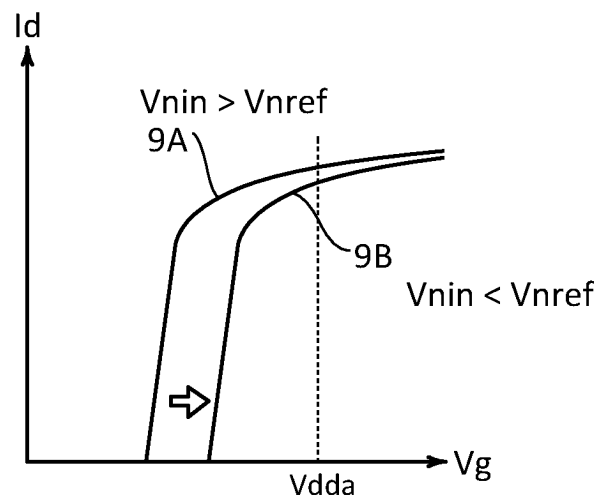


FIG. 2

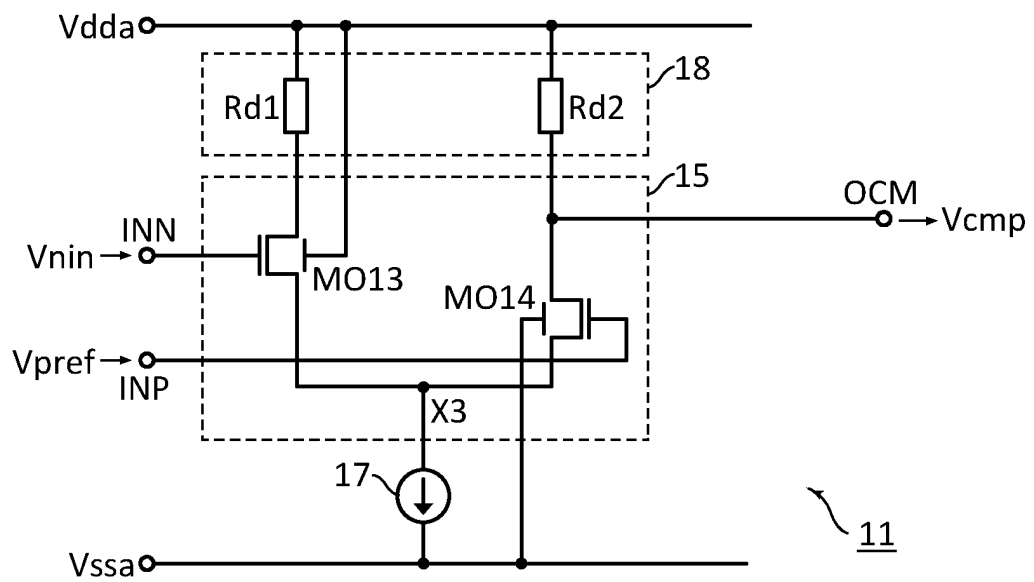




FIG. 3A

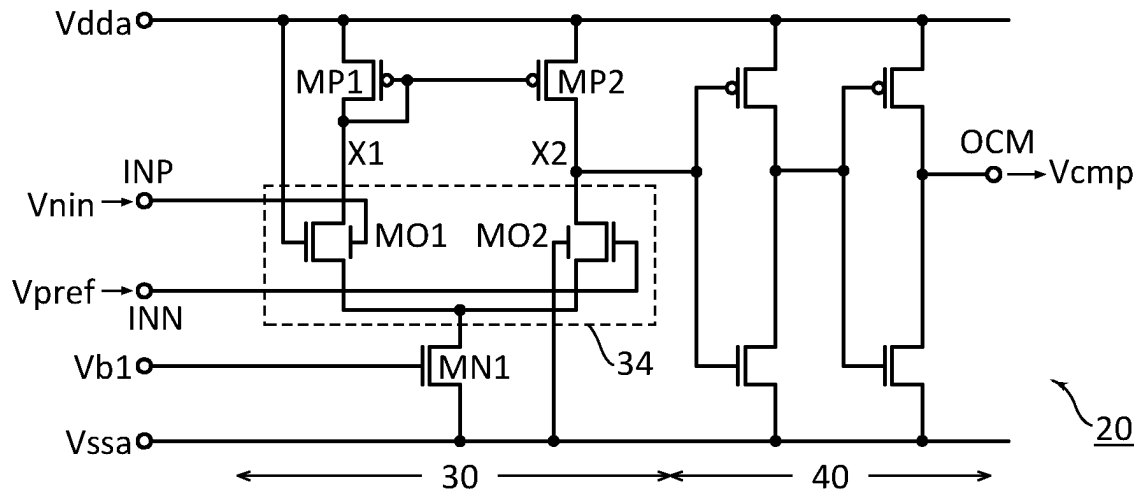


FIG. 3B

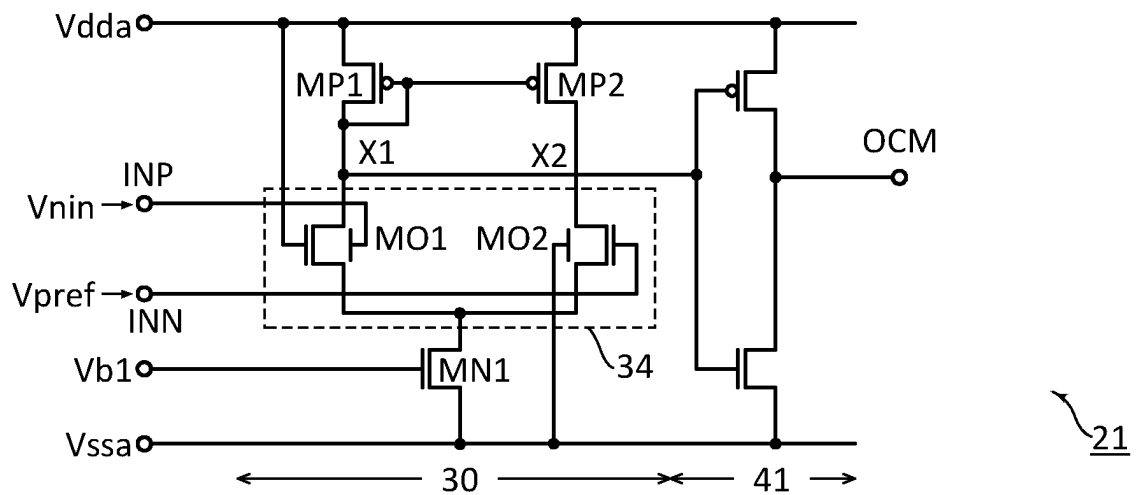


FIG. 4A

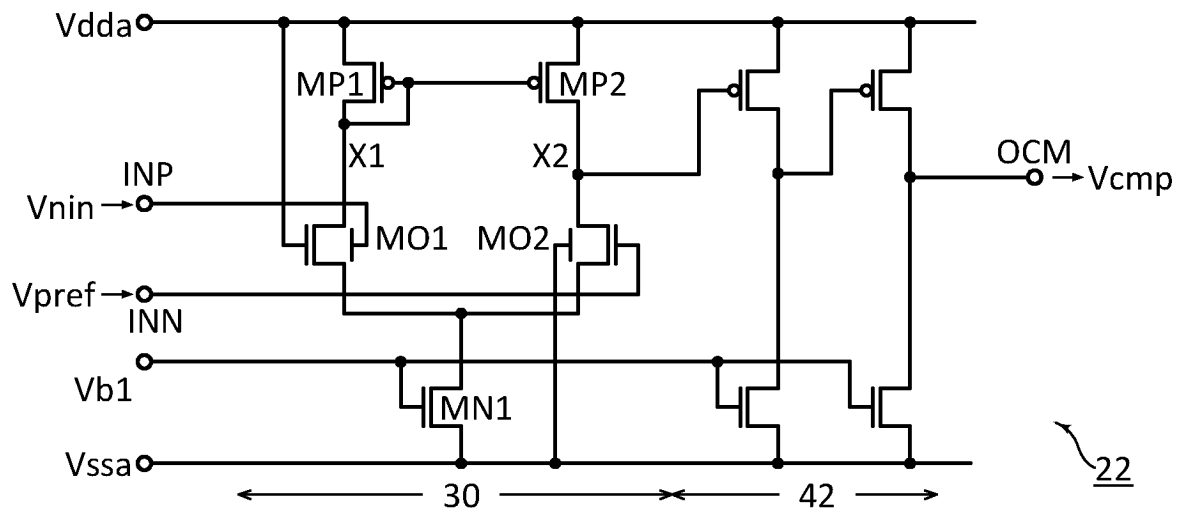


FIG. 4B

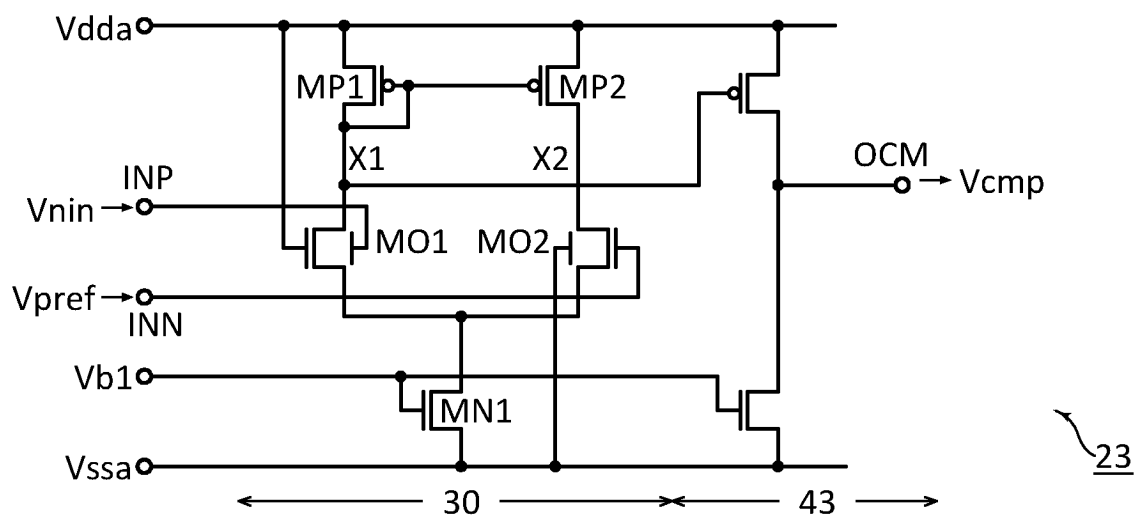


FIG. 4C

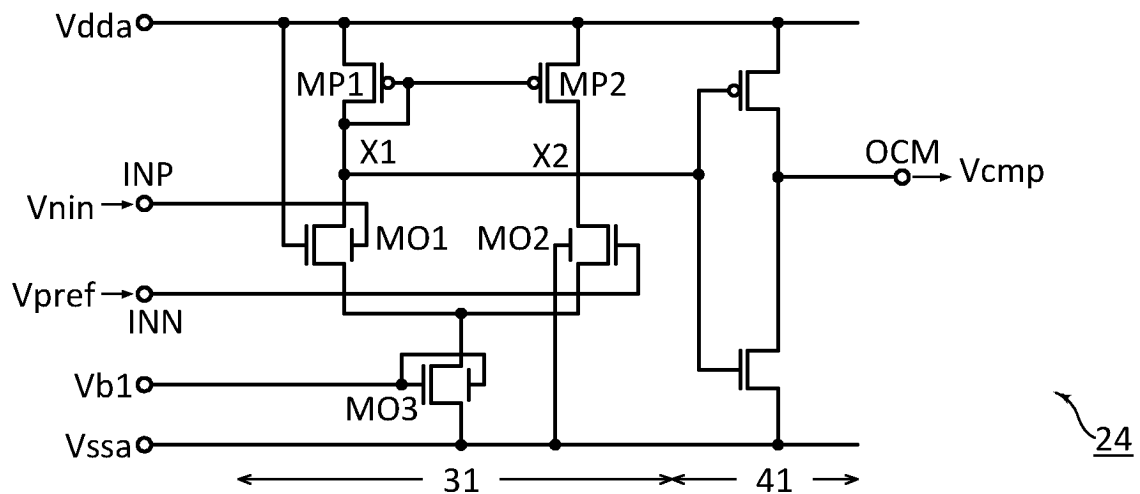


FIG. 5

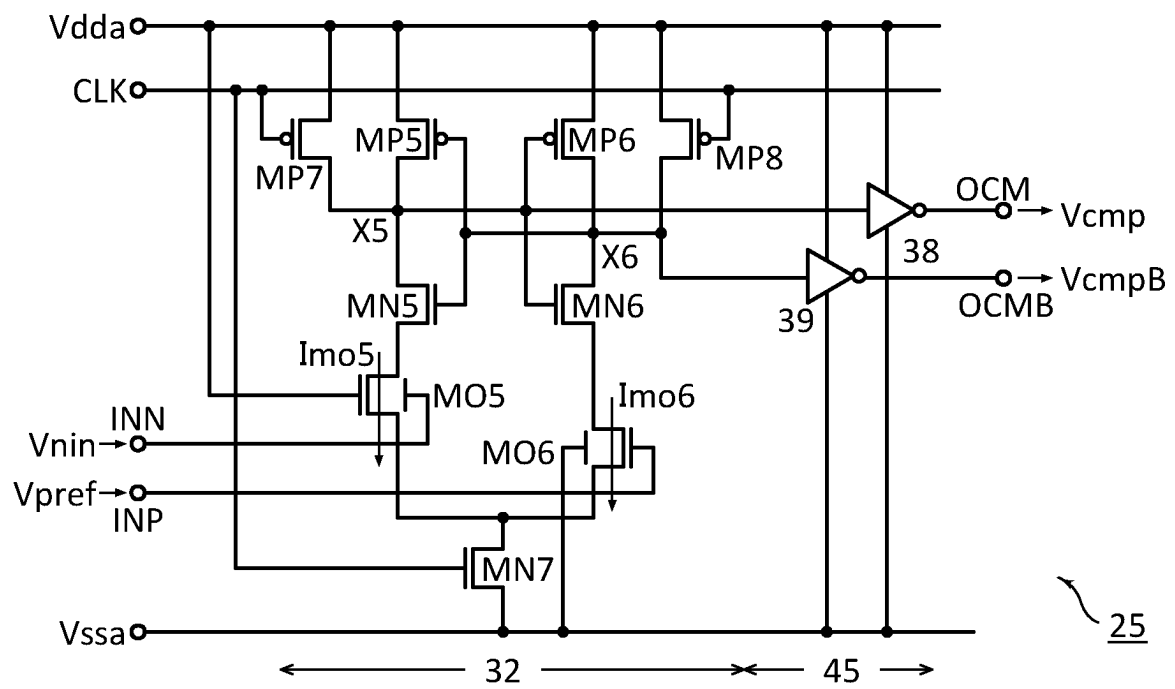


FIG. 6

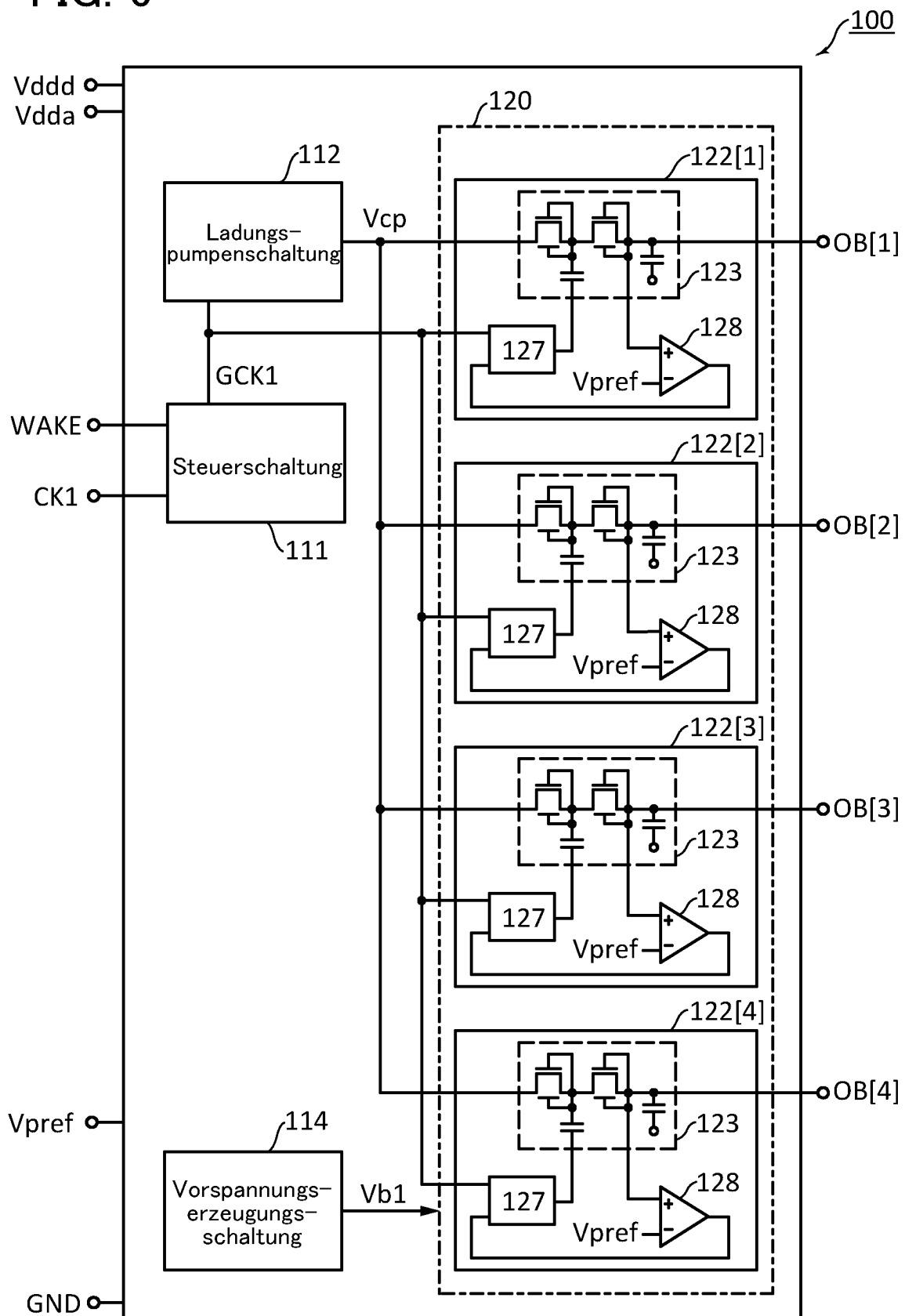


FIG. 7

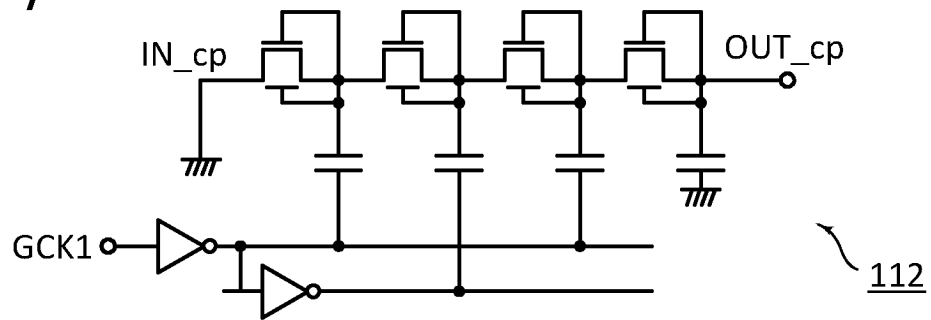
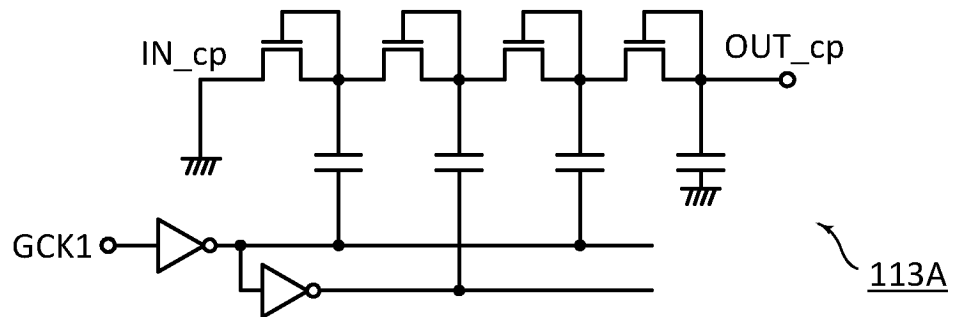


FIG. 8A



**FIG. 8B**

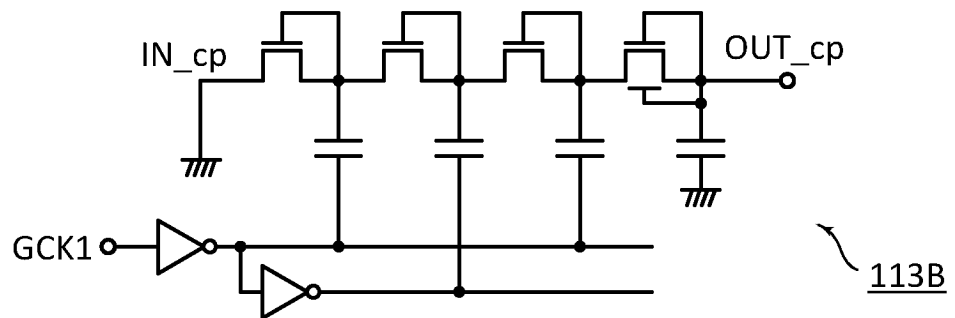


FIG. 8C

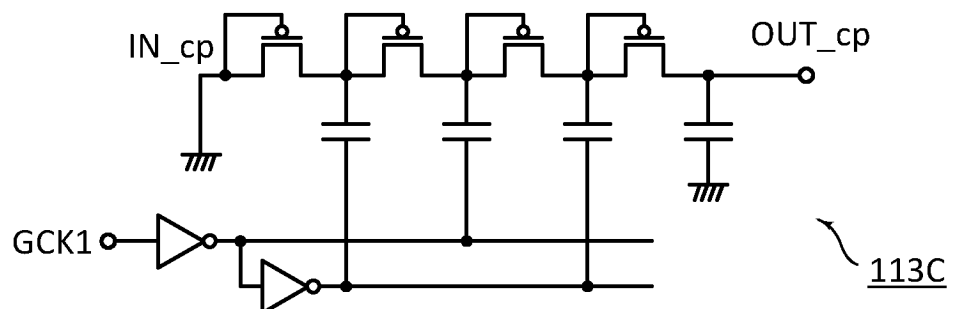


FIG. 9A

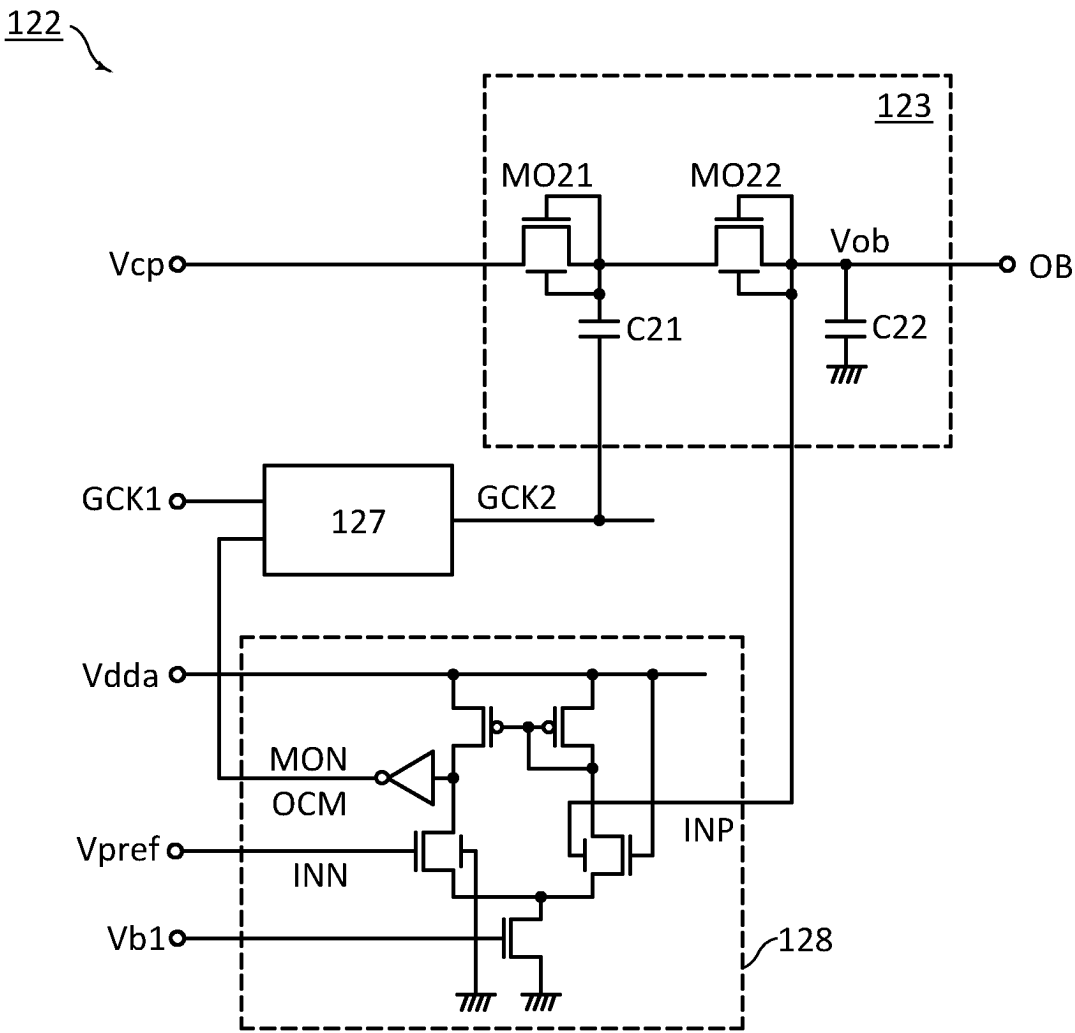


FIG. 9B

MON	GCK1	GCK2
L	L	H
L	H	L
H	L	H
H	H	H

FIG.10

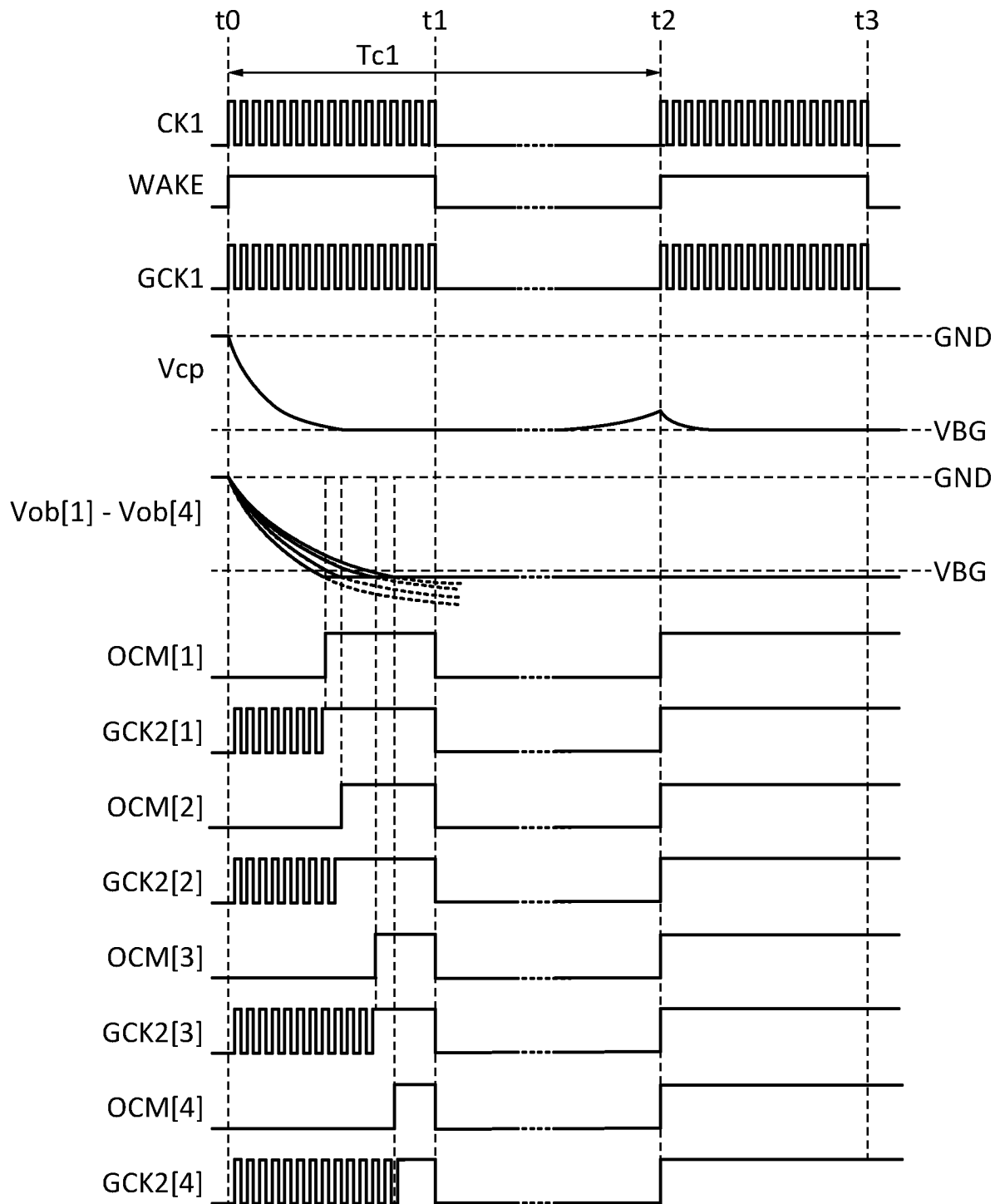


FIG. 11

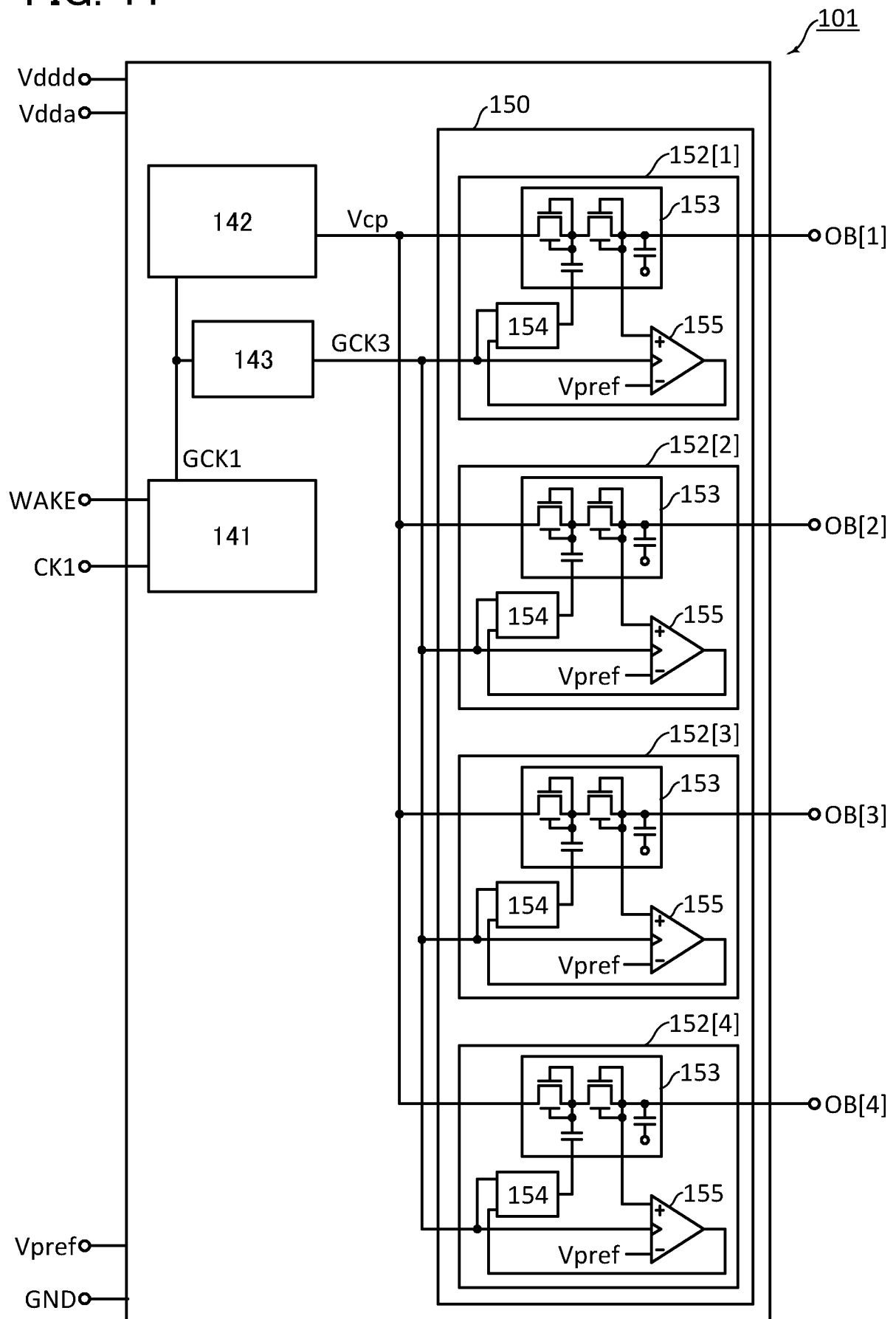




FIG. 12

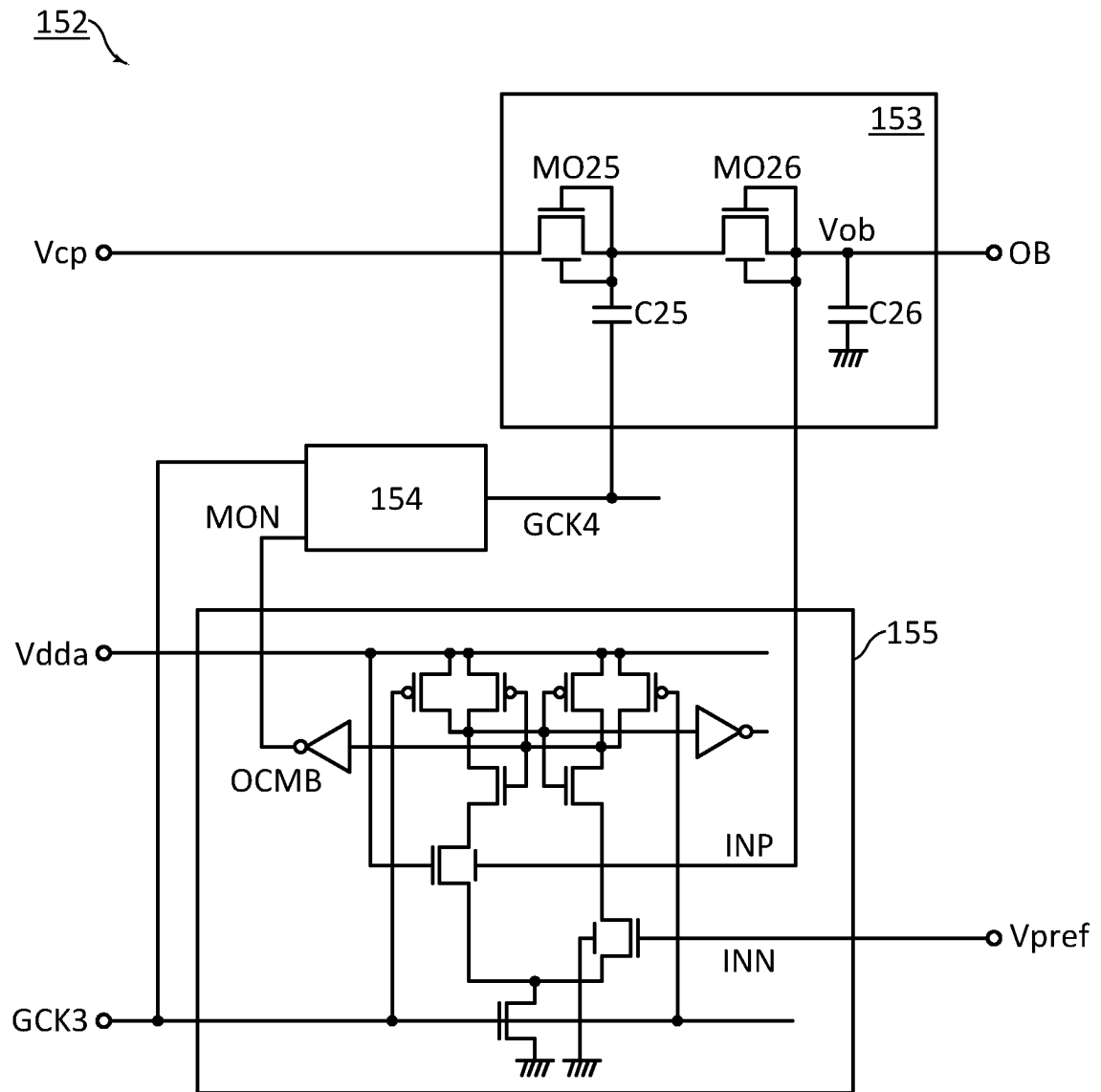




FIG. 14A

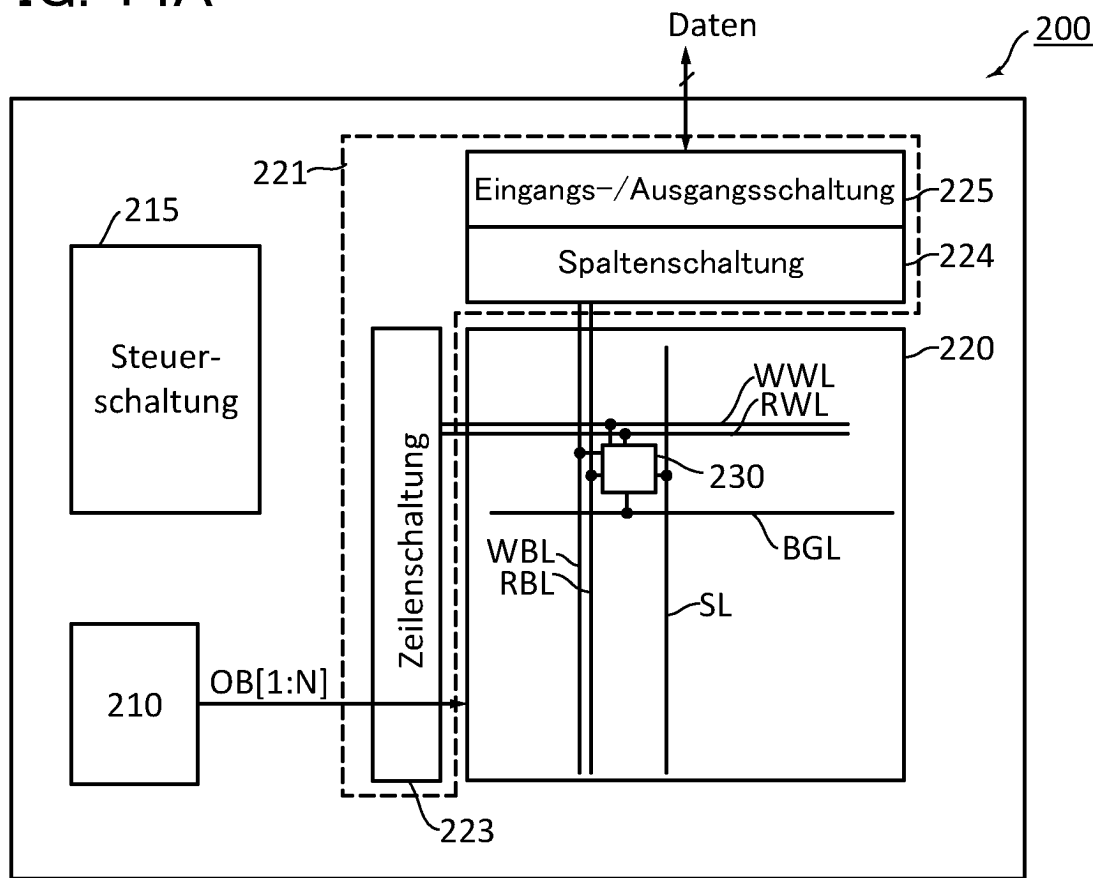


FIG. 14B

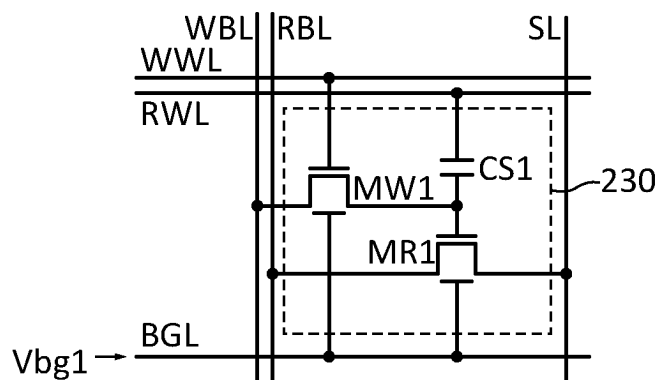


FIG. 15A

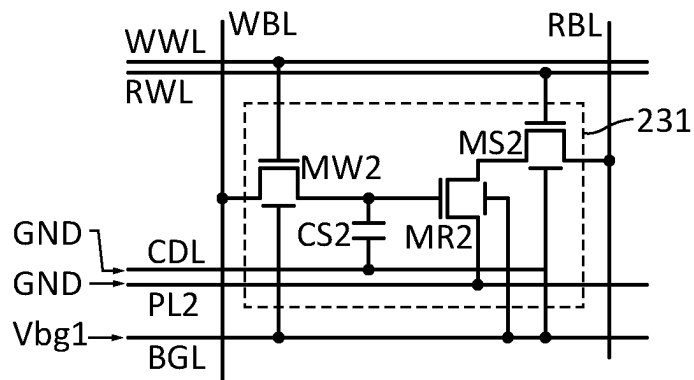


FIG. 15B

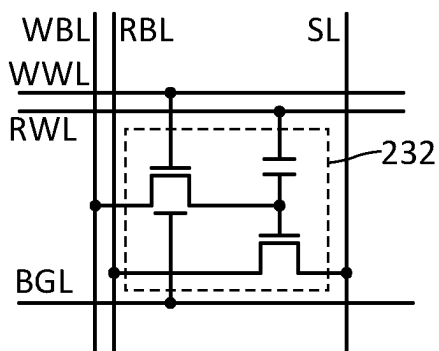


FIG. 15C

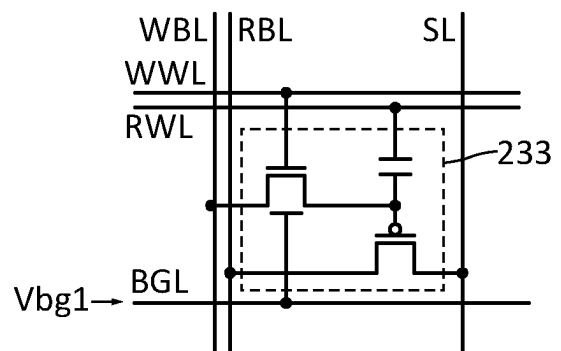


FIG. 15D

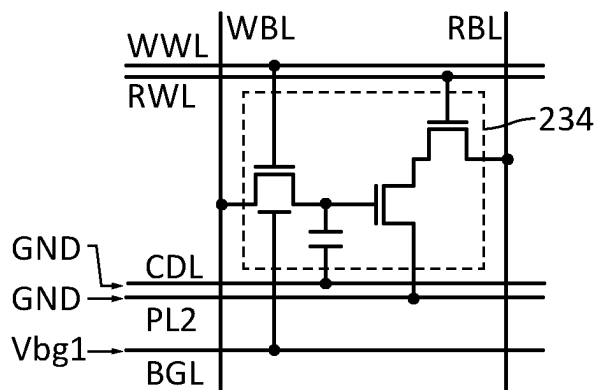


FIG. 15E

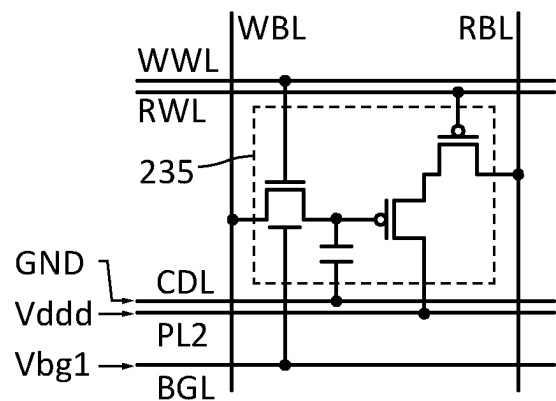


FIG. 15F

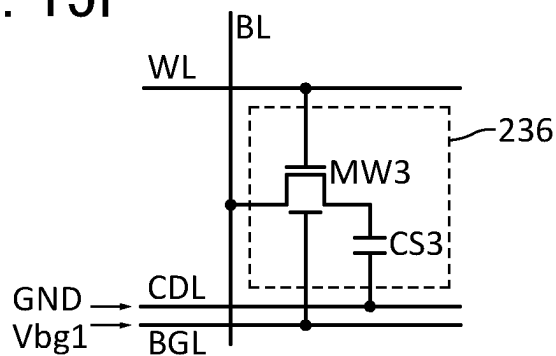


FIG. 16A

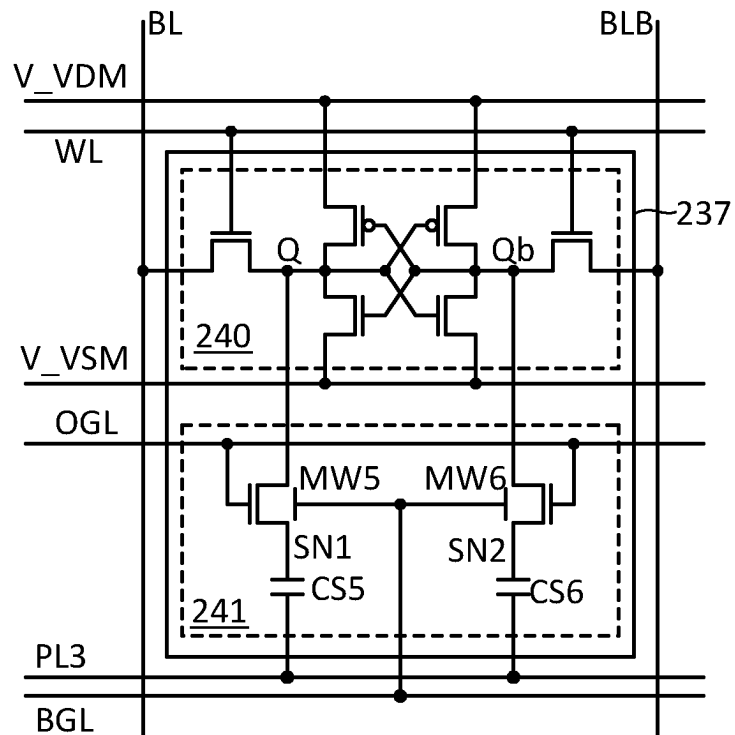


FIG. 16B

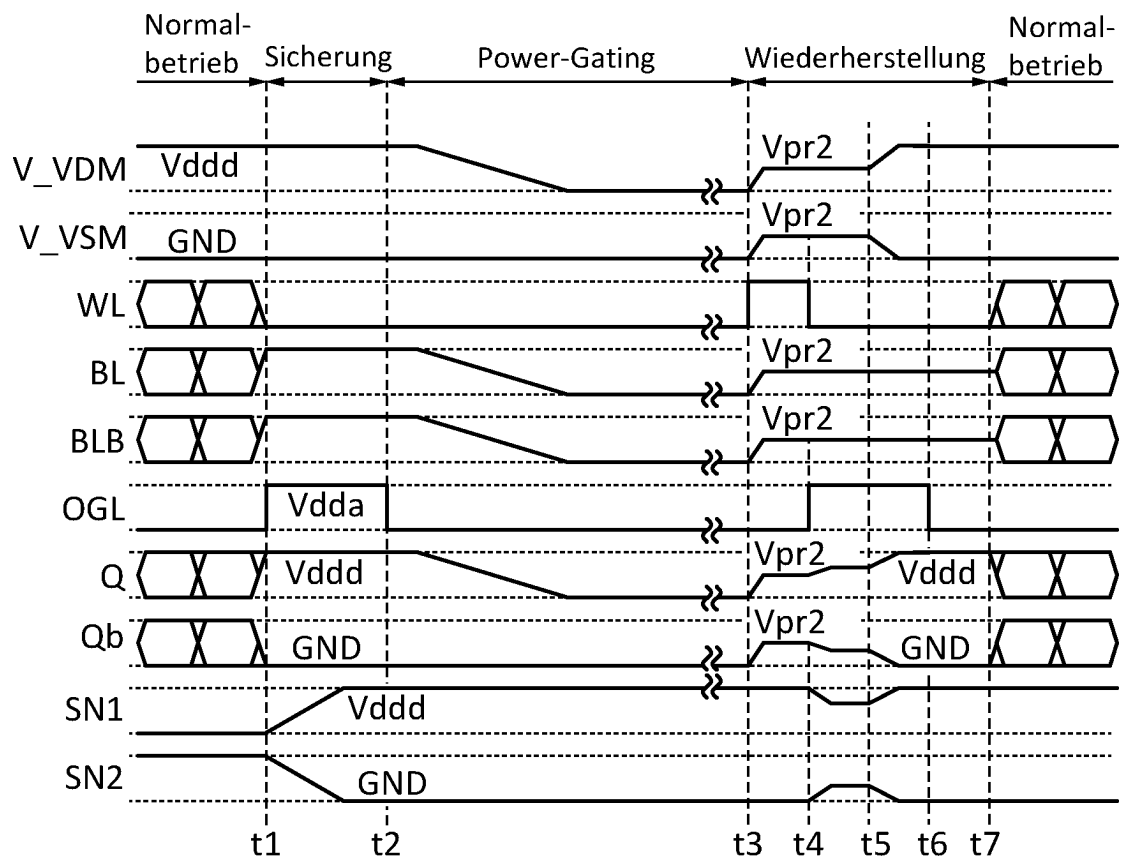


FIG. 17A

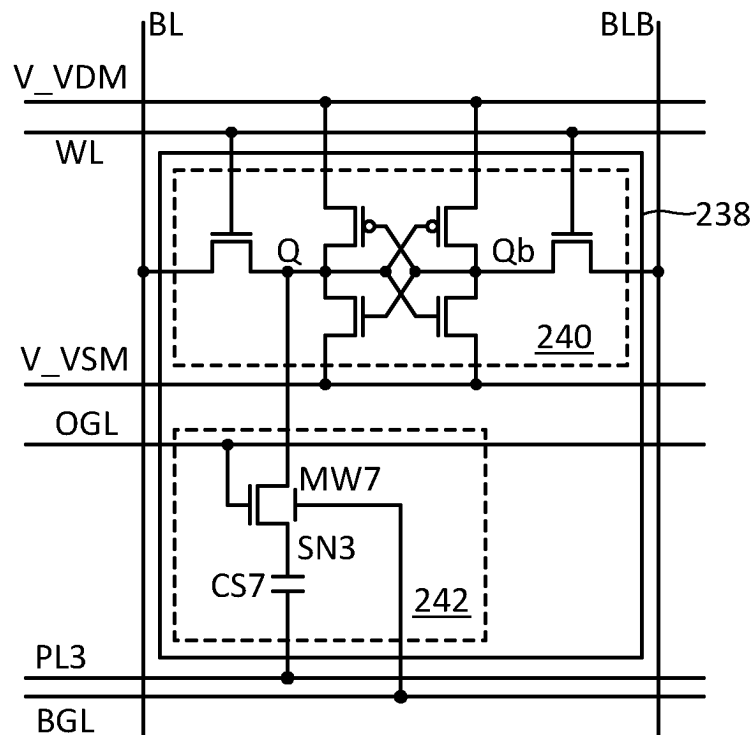


FIG. 17B

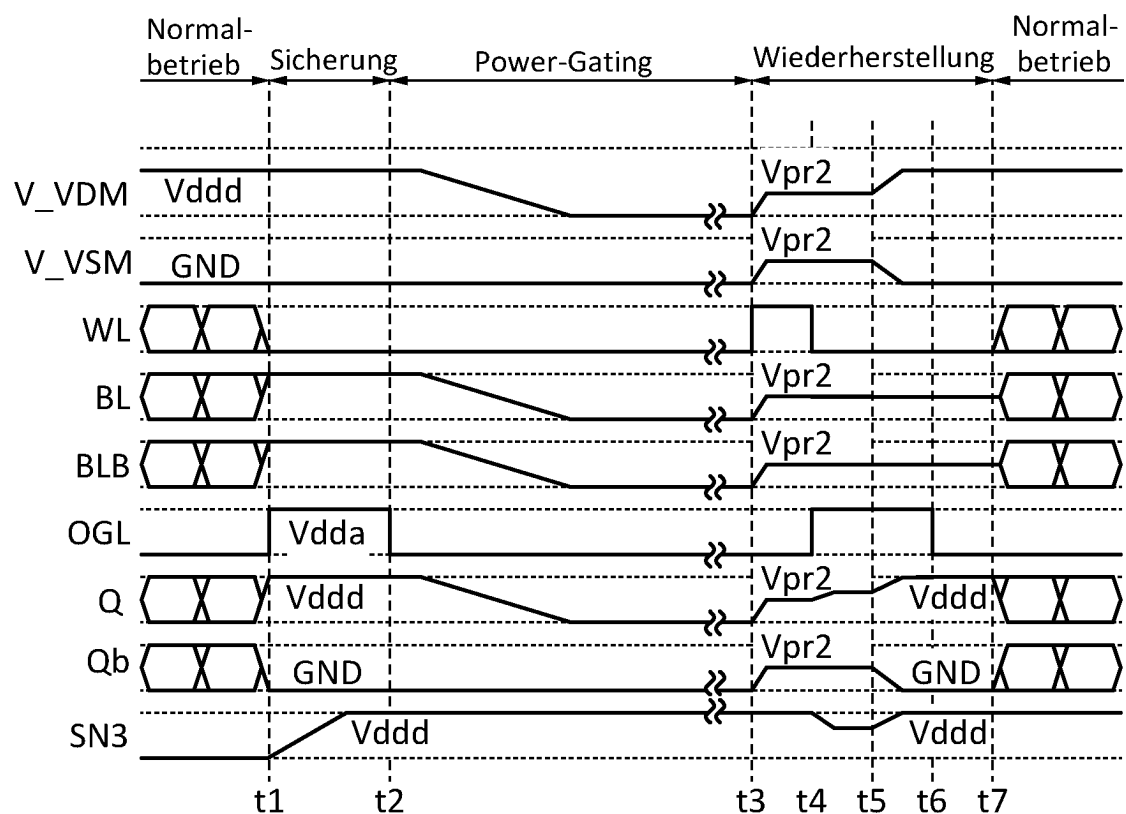


FIG. 18

MCU  
250

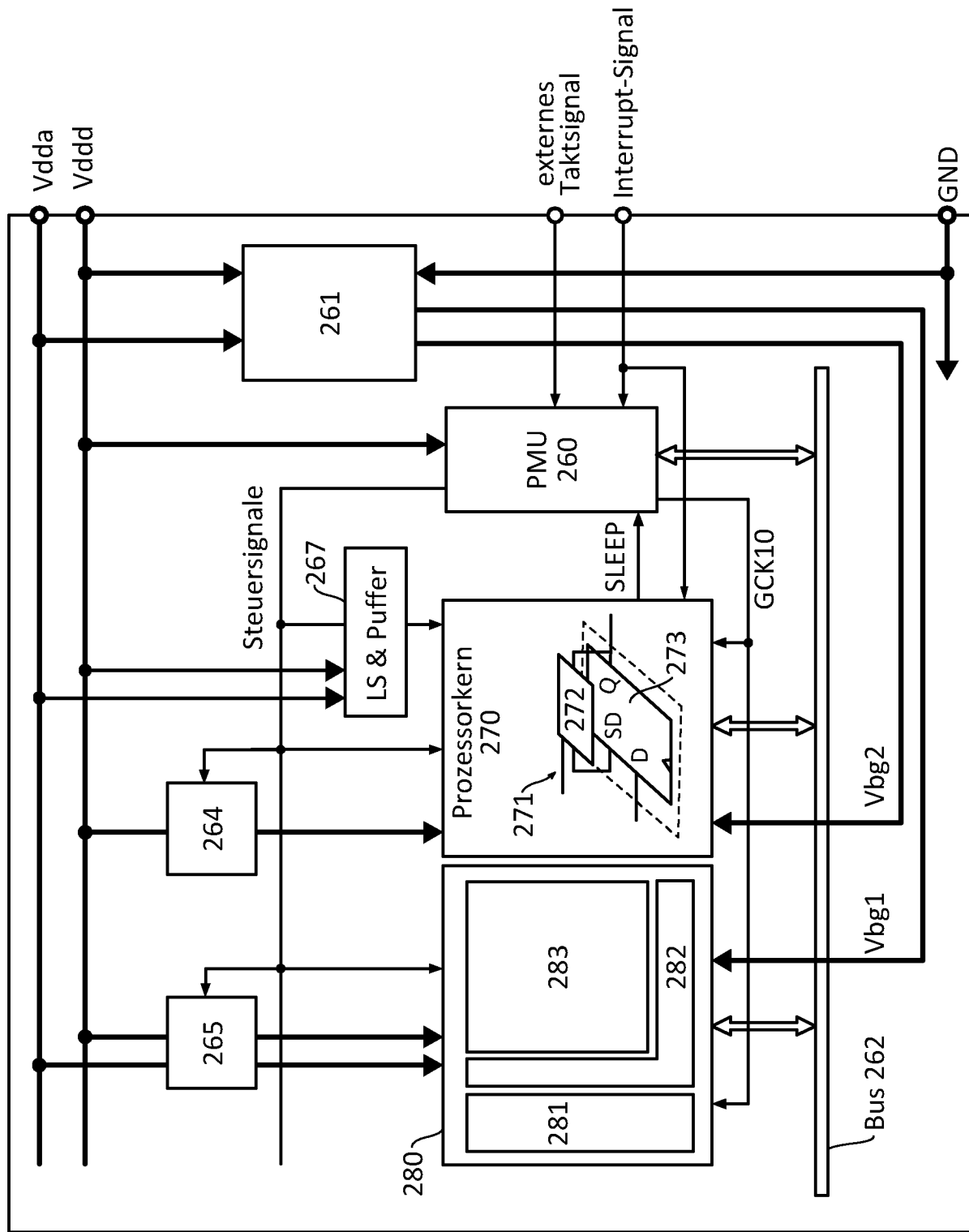


FIG. 19

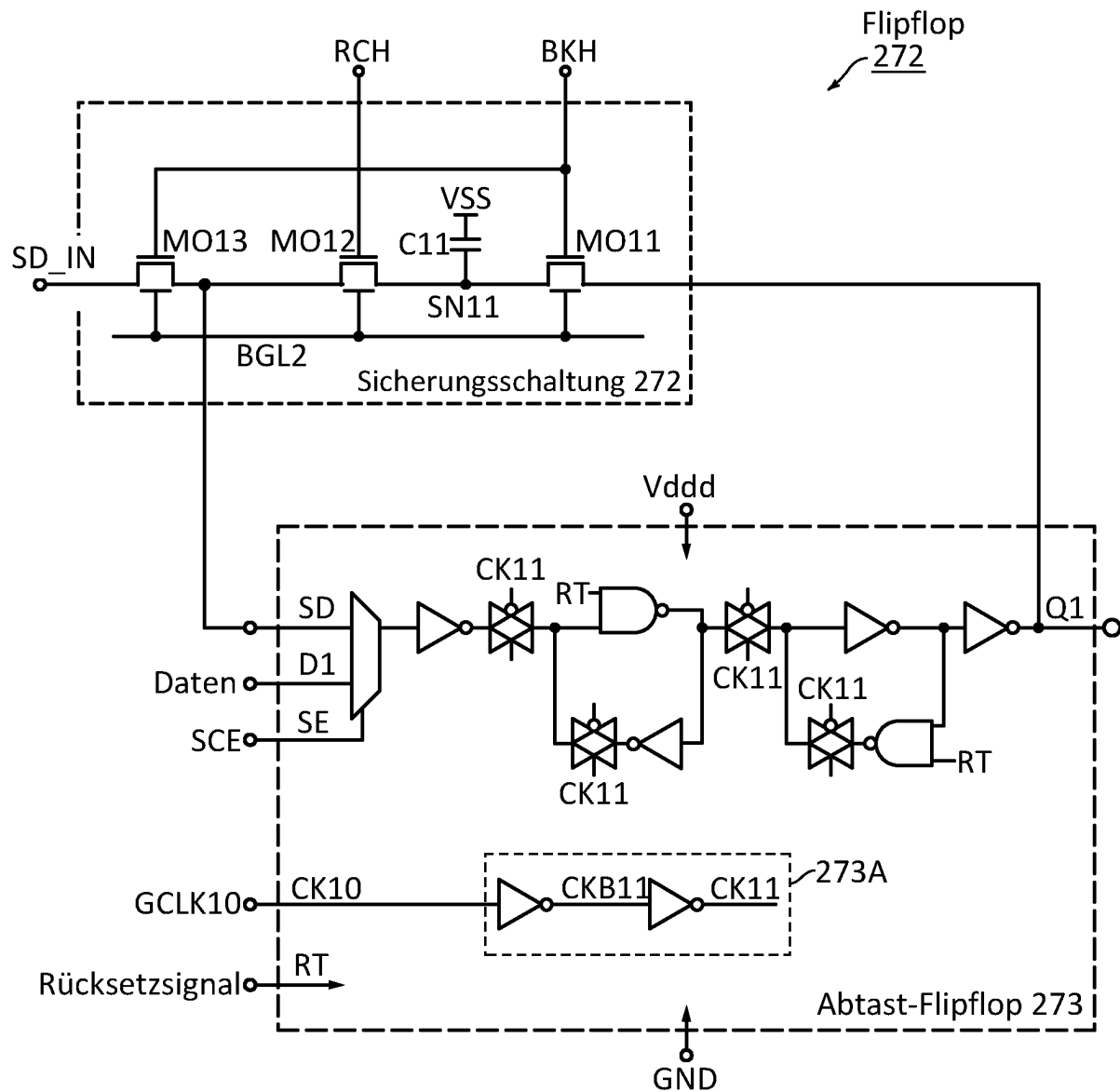




FIG. 20

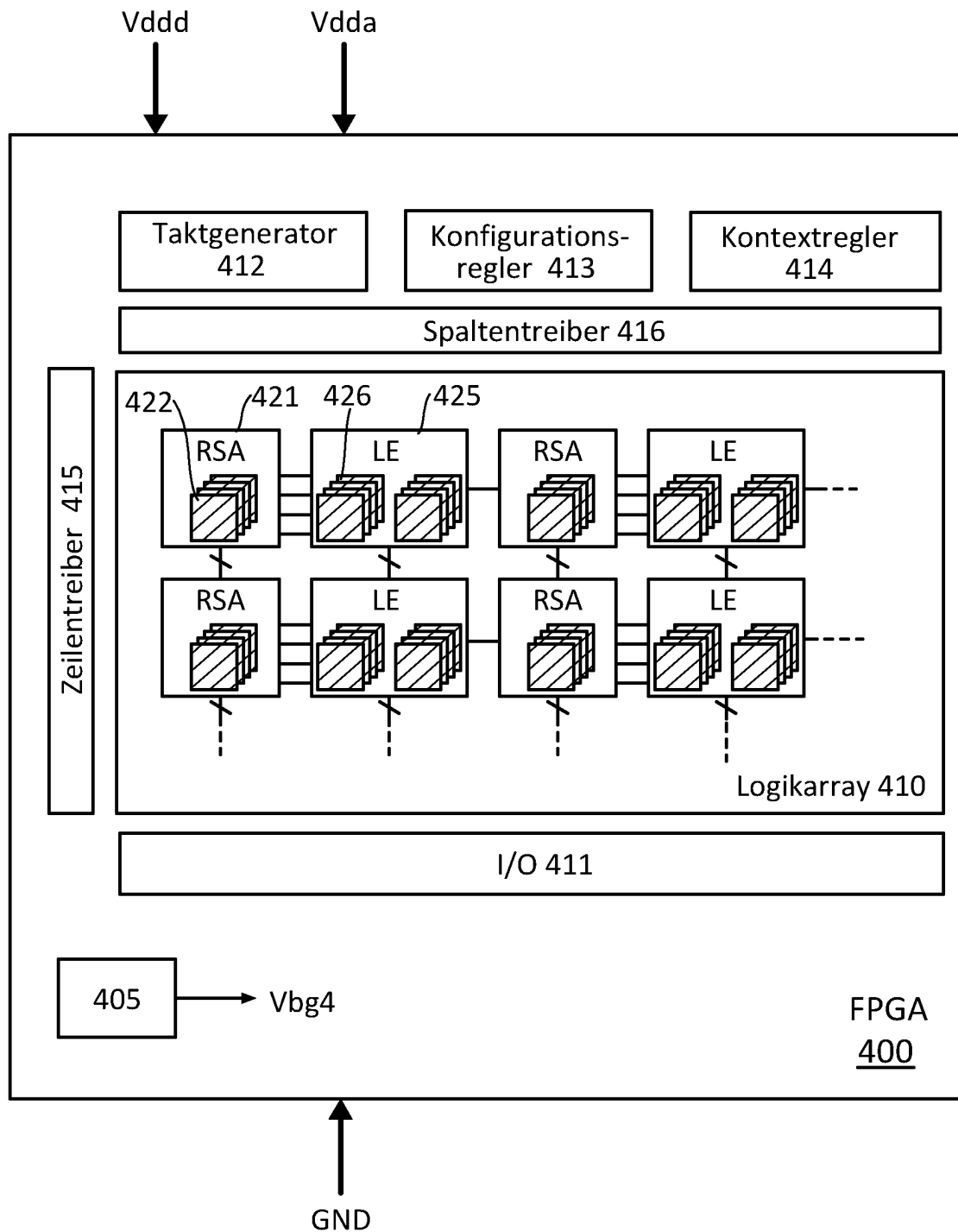


FIG. 21A

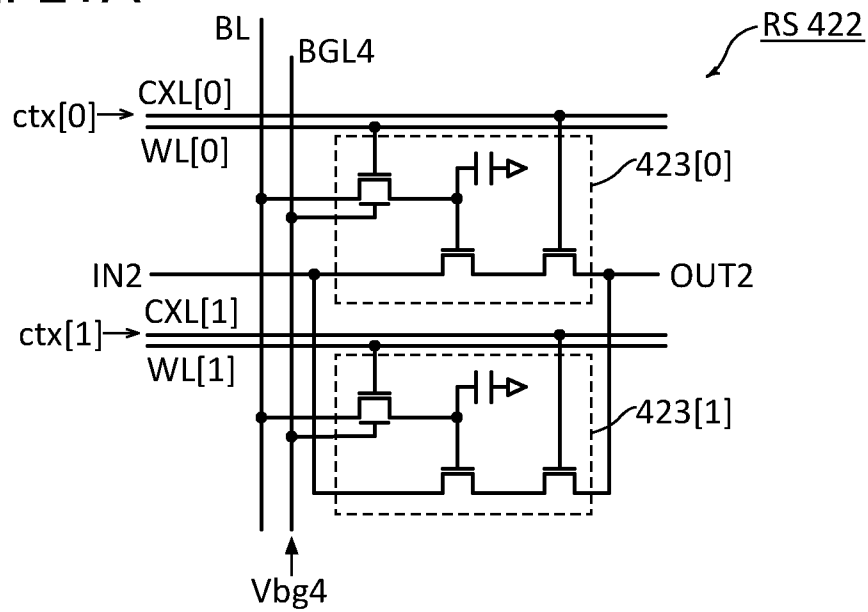


FIG. 21B

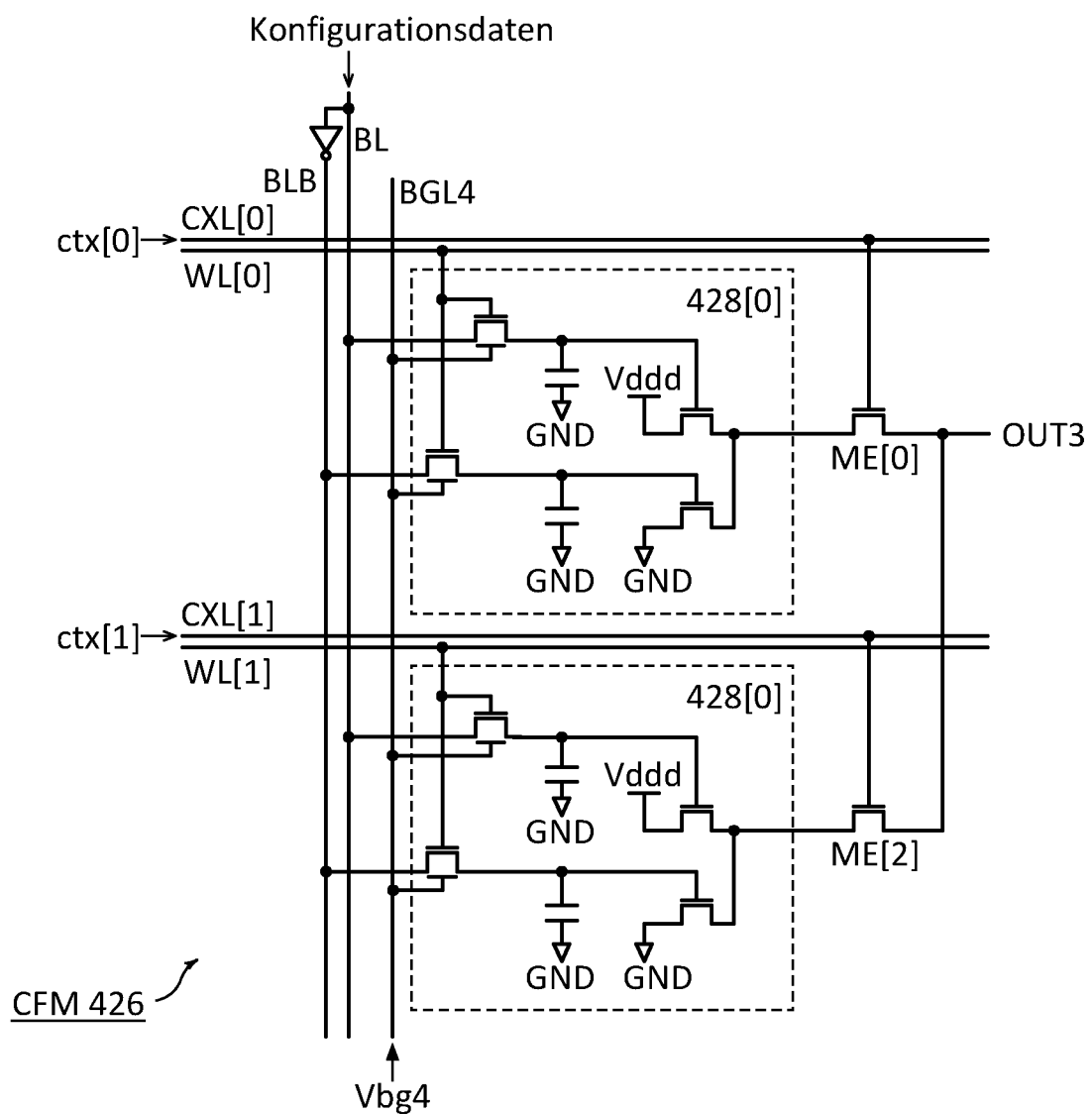


FIG. 22A

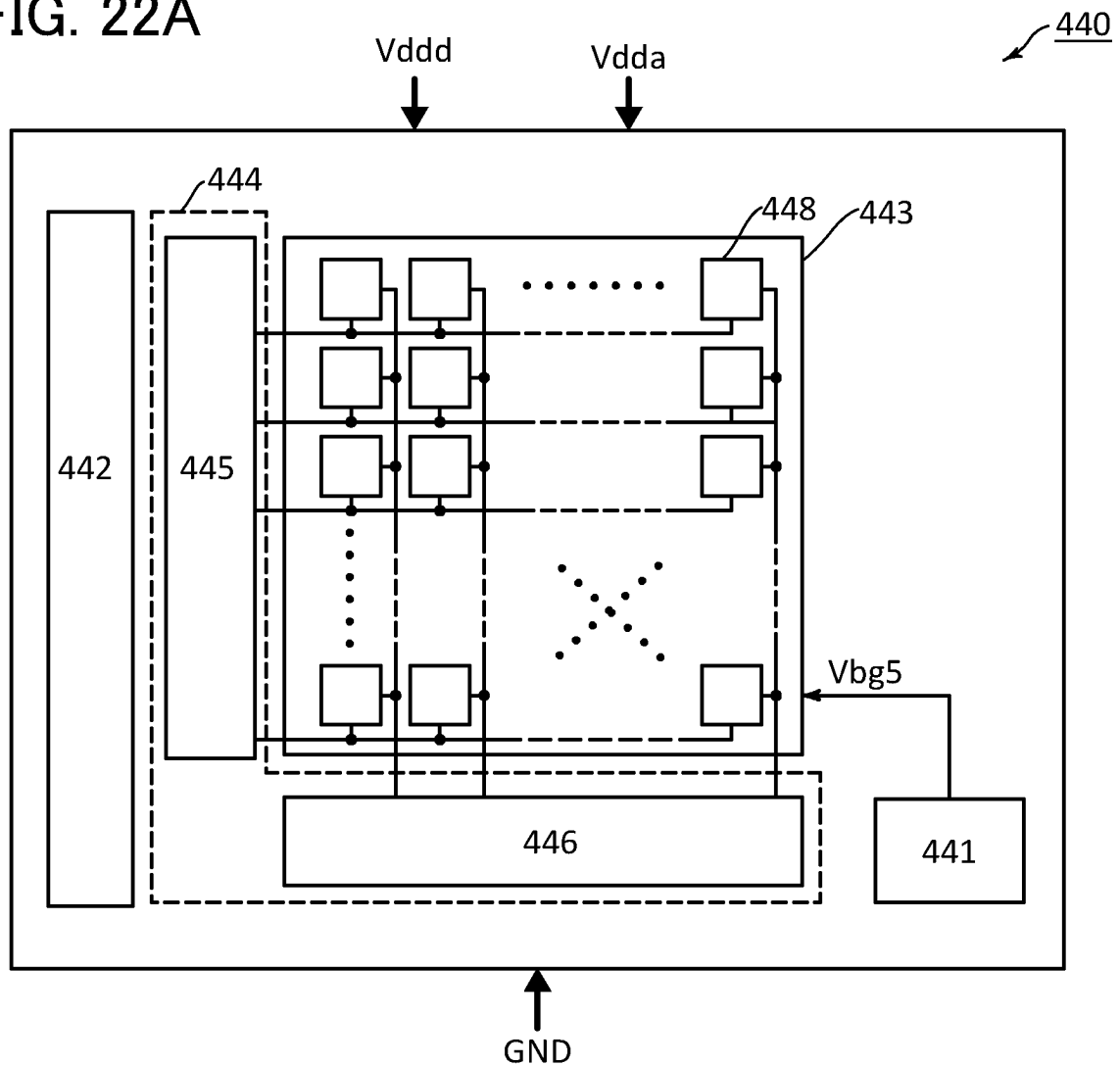


FIG. 22B

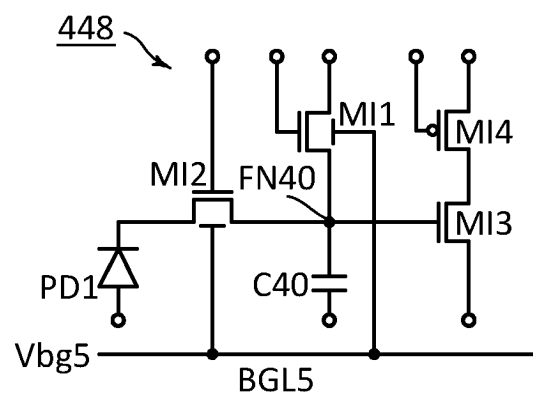


FIG. 23A

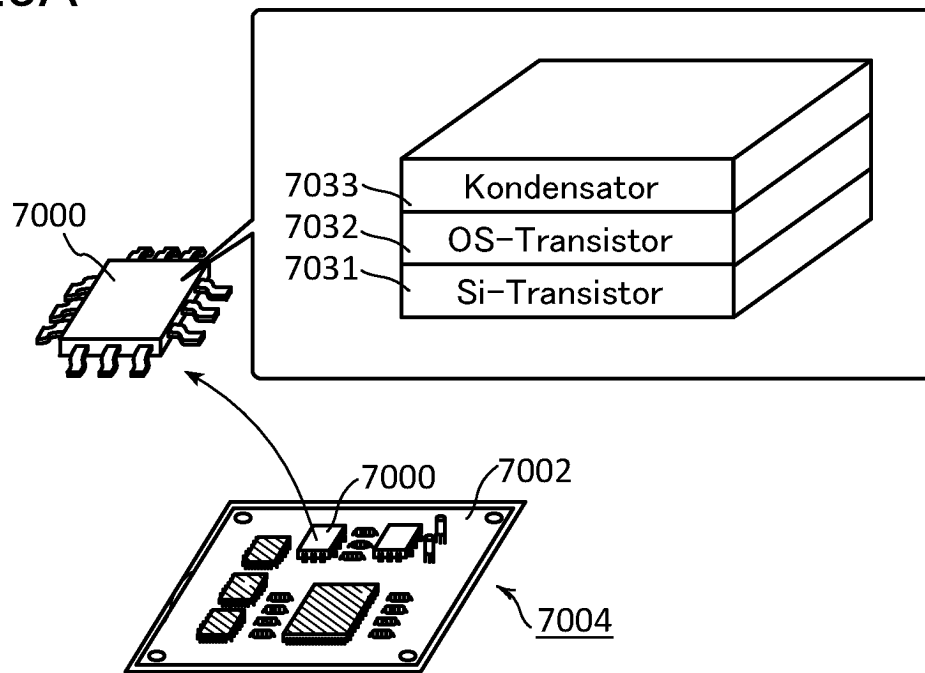


FIG. 23B

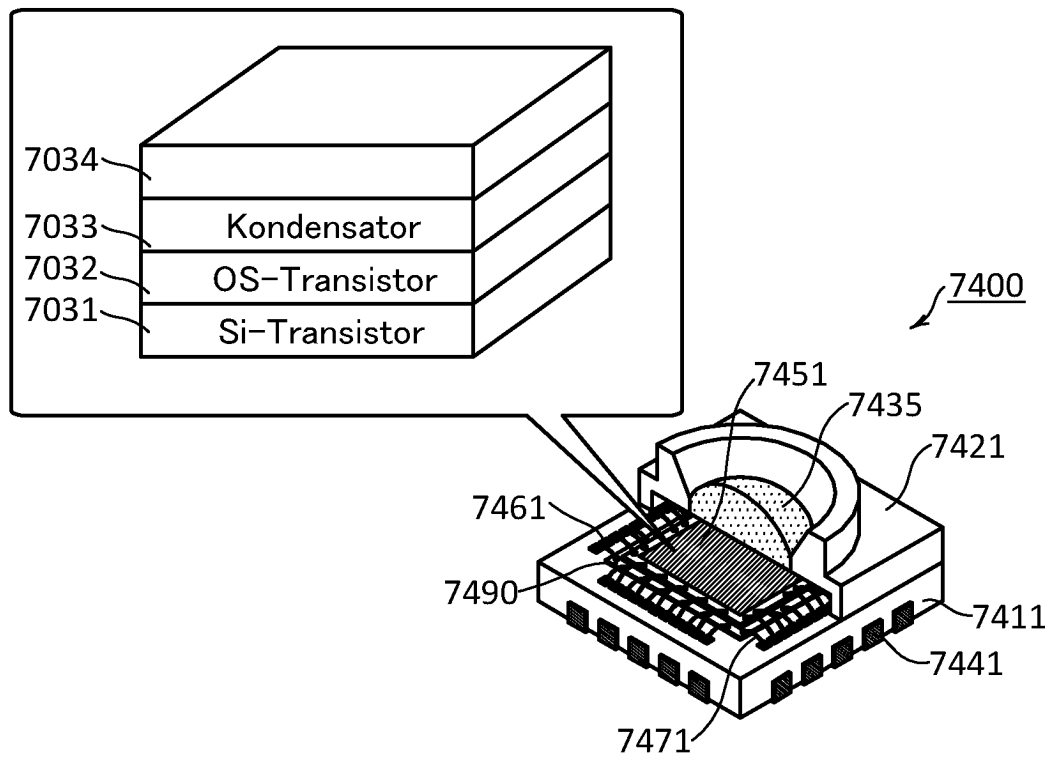


FIG. 24A

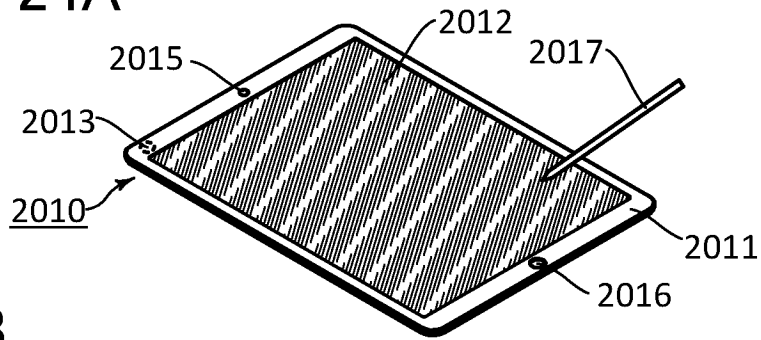


FIG. 24B

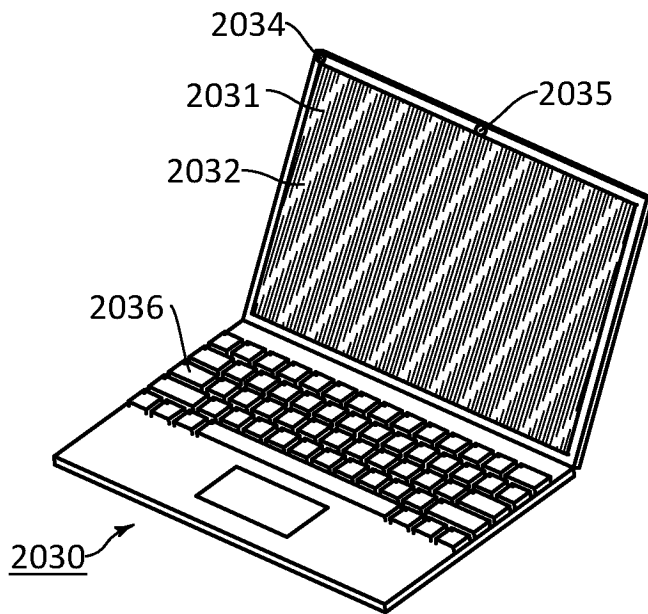


FIG. 24C

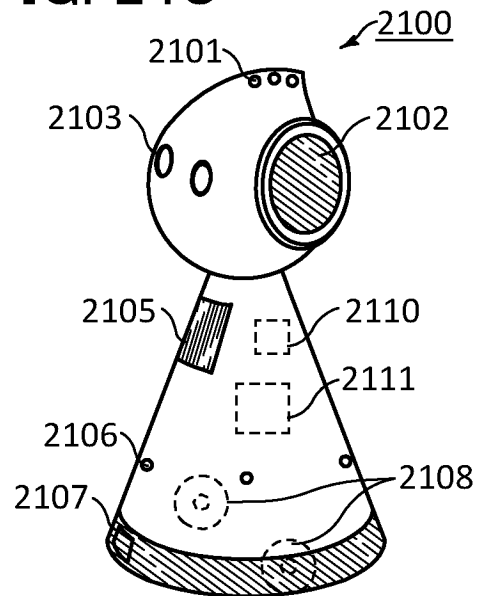


FIG. 24D

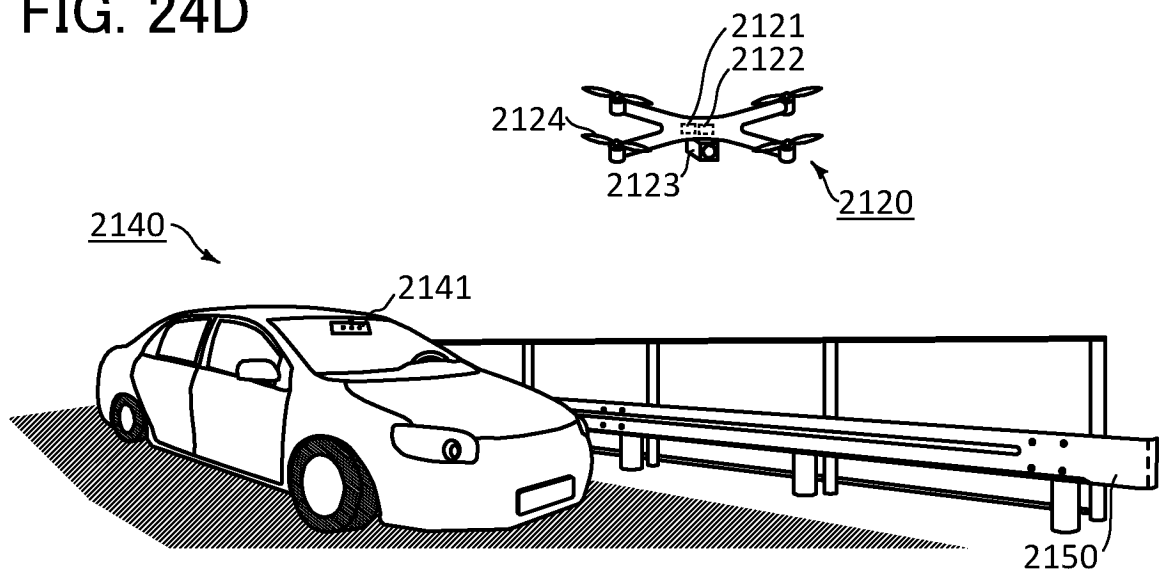
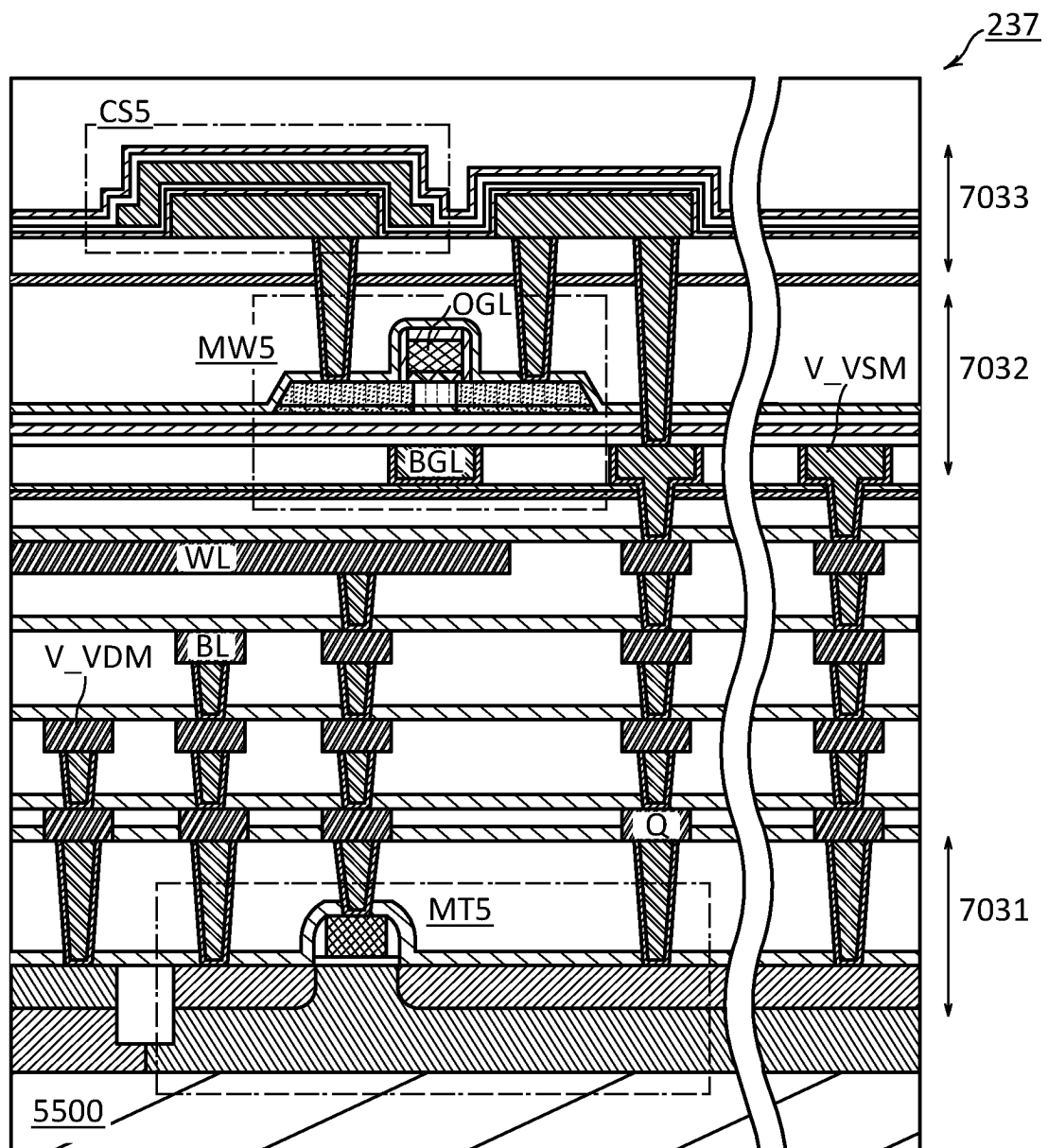


FIG. 25


















Metalloxidschicht     
 Isolierschicht        
 leitende Schicht      

FIG. 26A

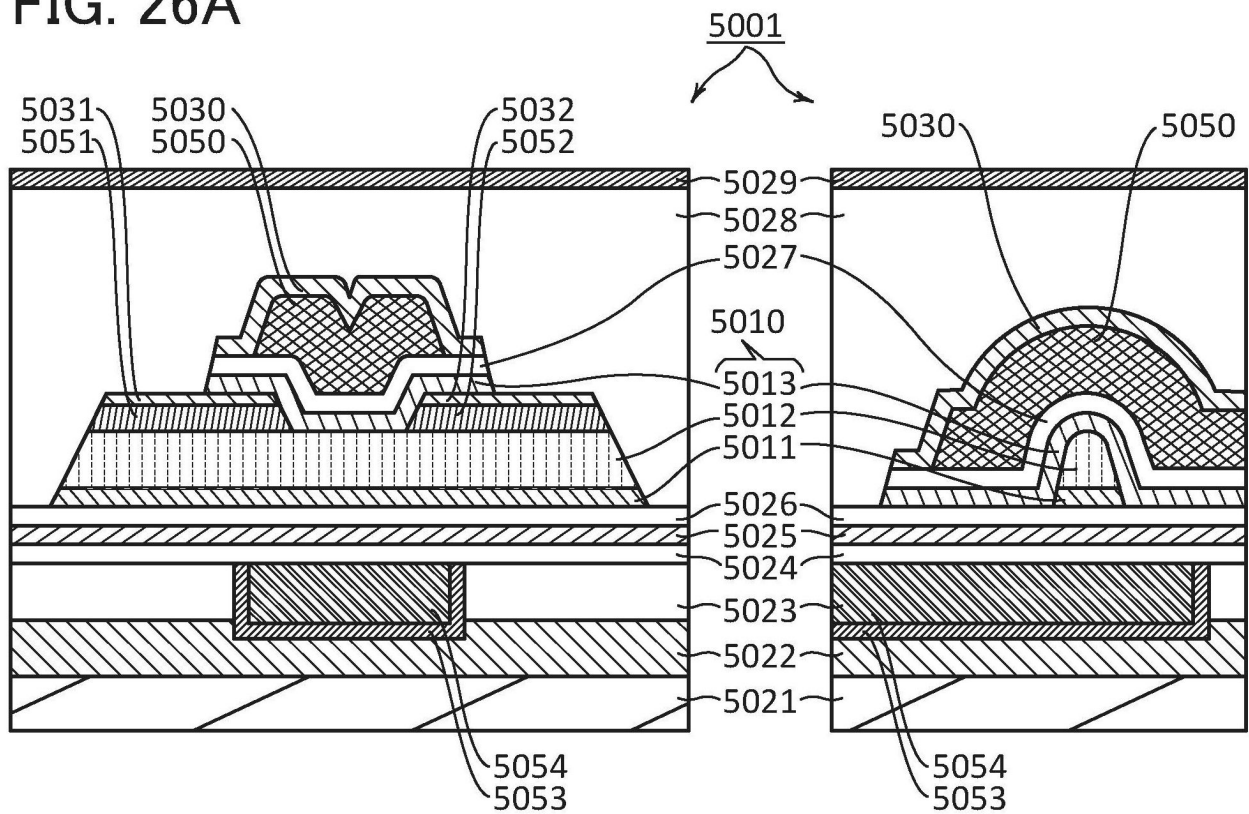


FIG. 26B

