



(12)

Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2011/111549**
in deutscher Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2 IntPatÜG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2011 100 842.2**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2011/054211**
(86) PCT-Anmeldetag: **18.02.2011**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **15.09.2011**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **17.01.2013**

(30) Unionspriorität:

(71) Anmelder:
**Semiconductor Energy Laboratory Co., Ltd.,
Atsugi-shi, Kanagawa-ken, JP**

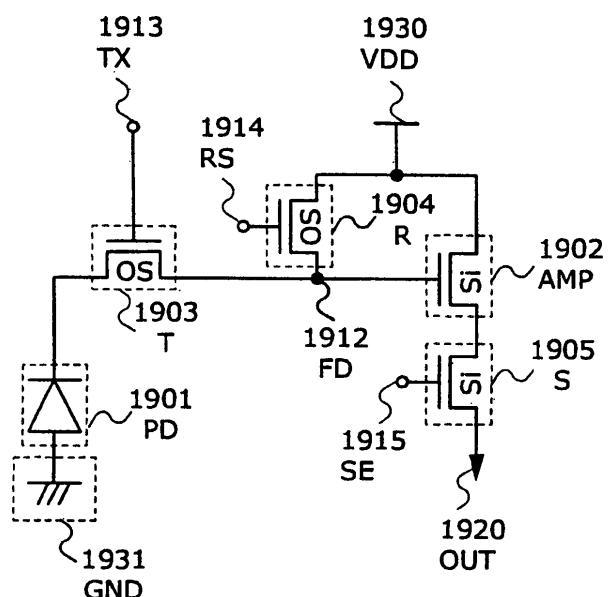
(74) Vertreter:
Grünecker, Kinkeldey, Stockmair & Schwanhäußer, 80802, München, DE

(51) Int Cl.: **H04N 5/361** (2012.01)
H01L 27/146 (2012.01)
H04N 5/3745 (2012.01)

(72) Erfinder:
Ikeda, Takayuki, Atsugi-shi, Kanagawa-ken, JP;
Kozuma, Munehiro, Atsugi-shi, Kanagawa-ken,
JP; Ikeda, Masataka, Atsugi-shi, Kanagawa-shi,
JP; Kurokawa, Yoshiyuki, Atsugi-shi, Kanagawa-
ken, JP; Tamura, Hikaru, Atsugi-shi, Kanagawa-
ken, JP; Aoki, Takeshi, Atsugi-shi, Kanagawa-ken,
JP

(54) Bezeichnung: **Halbleiterbauelement und Verfahren zu dessen Herstellung**

(57) Zusammenfassung: In einem CMOS-Bildsensor, in dem eine Vielzahl von Bildpunkten in einer Matrix angeordnet ist, wird ein Transistor, in dem ein Kanalbildungs-
bereich einen Oxid-Halbleiter enthält, für jeden der Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistoren und Rücksetz-
Transistoren, die sich in einem Bildpunkt-Teil befinden, ver-
wendet. Nachdem eine Rücksetz-Operation des Signalla-
dungssammlungsteils in allen Bildpunkten, die in der Matrix
angeordnet sind, durchgeführt wurde, wird von der Fotodi-
ode eine Ladungssammlungs-Operation in allen Bildpunkten
ausgeführt, und eine Leseoperation eines Signals von den
Bildpunkten wird zeilenweise ausgeführt. Dementsprechend
kann ein Bild ohne Verzerrungen aufgenommen werden.



Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung bezieht sich auf ein Halbleiterbauelement, in dem Bildpunkte, bei denen an jedem ein Fotosensor vorgesehen ist, in einer Matrix angeordnet sind, und auf ein Verfahren zur Ansteuerung des Halbleiterbauelementes. Ferner bezieht sich eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung auf ein elektronisches Bauelement, das das Halbleiterbauelement enthält.

[0002] Man beachte, dass das Halbleiterbauelement in dieser Patentschrift sich auf alle Bauelemente bezieht, die durch Benutzung von Halbleitereigenschaften funktionieren können, und dass elektro-optische Bauelemente, Halbleiterschaltkreise und elektronische Bauelemente alle Halbleiterbauelemente sind.

Stand der Technik

[0003] Ein Bildsensor ist als Halbleiterbauelement bekannt, in dem Bildpunkte, die jeder mit einem Fotosensor ausgestattet sind, in einer Matrix angeordnet sind. Bildsensoren sind als Bilderfassungselemente in vielen tragbaren Geräten vorgesehen, wie etwa in Digitalkameras oder in Mobiltelefonen. In den vergangenen Jahren wurde die Auflösung der Bilder vergrößert, die tragbaren Geräte wurden verkleinert und der Stromverbrauch wurde verringert; daher wurden die Bildpunkte kleiner gemacht.

[0004] Als Bildsensor für allgemeinen Gebrauch sind zwei Arten von Sensoren bekannt: CCD-Sensoren (charge coupled device, ladungskoppeltes Bauelement) und CMOS-Sensoren (complementary metal oxide semiconductor, Komplementär-Metall-Oxid-Halbleiter-Sensor). Ein CCD-Sensor ist ein Bildsensor, in dem Ladung durch ein vertikales CCD und ein horizontales CCD übertragen wird. Ein CMOS-Sensor ist ein Bildsensor, der unter Verwendung eines CMOS-Prozesses ausgebildet wird. In einem CMOS-Sensor kann das Auslesen von Ladung pro Bildpunkt-Einheit durch Schalten eines MOS-Transistors gesteuert werden.

[0005] Ein CCD-Sensor weist eine hohe Empfindlichkeit auf, wenn jedoch zu viel Licht auf einen Teil einer Fotodiode fällt, fließt Ladung, die größer oder gleich dem maximal zulässigen Wert ist, in ein vertikales Transfer-CCD, und es wird eine Emissionslinie in Längsrichtung erzeugt, die als Schliere bezeichnet wird. Ferner weist ein CCD Probleme auf, wie hohe Herstellungskosten mit einem speziellen Prozess und einen großen Stromverbrauch wegen vielen Stromquellen.

[0006] Im Gegensatz dazu kann, obwohl ein CMOS-Sensor eine geringere Empfindlichkeit aufweist, ein Allzweck-CMOS-Prozess benutzt werden, und Schaltkreise können auf einem Chip integriert werden. Daher können mit einem CMOS-Sensor geringe Kosten und ein geringer Stromverbrauch erzielt werden. Ferner verstärkt der CMOS-Sensor ein Signal in einem Bildpunkt und gibt es aus; daher kann der Einfluss von Störungen verringert werden. Außerdem werden keine Schlieren erzeugt, da das Verfahren zur Übertragung von Ladungen beim CMOS-Sensor sich von dem des CCD-Sensors unterscheidet.

[0007] Bei einem herkömmlichen CMOS-Sensor wurde jedoch ein Rolling-Shutter-System angewendet, bei dem in einer Matrix angeordnete Bildpunkte zeilenweise angesteuert werden. Dieses Rolling-Shutter-System weist das Problem auf, dass ein Bild verformt wird, wenn ein Bild eines sich schnell bewegenden Objektes aufgenommen wird. Im Gegensatz dazu wird für den CCD-Sensor ein Global-Shutter-System angewendet, bei dem die Ladung in allen Bildpunkten zum gleichen Zeitpunkt gesammelt wird.

[0008] Als ein Mittel, in dem der CMOS-Sensor mit Global-Shutter verwendet wird, offenbart Patentschrift 1 ein Verfahren, bei dem zusätzlich ein mechanischer Verschluss verwendet wird, um den Strom einer Fotodiode zu steuern. Außerdem offenbart Patentschrift 2 ein Verfahren, bei dem ein Pfad, der ungewünschte Ladungen entlässt, die in einer Fotodiode nach dem Beenden der Belichtung erzeugt werden, vorgesehen ist, um den Abfluss gesammelter Ladungen zu unterdrücken.

[Literaturhinweis]

[0009]

[Patentschrift 1] Japanische Patentanmeldung Nr. 2006-191236

[Patentschrift 2] Japanische Patentanmeldung Nr. 2004-111590

Offenbarung der Erfindung

[0010] Das Auslesen eines CMOS-Sensors wird durch ein sequentielles Auswahlverfahren durchgeführt. Da im Fall eines Sensors mit Global Shutter die Zeit zum Lesen der Daten jedes Bildpunktes variiert, wird eine Ladungshalteperiode länger, wenn die Anordnung eines Bildpunktes, aus dem Daten gelesen werden, später ist.

[0011] Wenn diese Ladungshalteperiode länger wird, fließt Ladung durch Leckströme und dergleichen eines einen Bildpunkt ausbildenden Transistors ab, so dass ursprüngliche Daten verloren gehen. Insbesondere traten Probleme auf, dass der Abfluss von Ladung beträchtlich wurde und die Ladung nicht für eine lange Zeitdauer gehalten werden konnte, wenn

der Reststrom des Transistors im ausgeschalteten Zustand groß ist.

[0012] Daher wird in den in den oben beschriebenen Patentschriften offenbarten Verfahren das Verhalten einer Fotodiode durch jedes Verfahren gesteuert; es wurden jedoch keine Gegenmaßnahmen gegen Dunkelstrom einer Fotodiode getroffen. Außerdem trat zusätzlich zu einem mechanischen Verschluss oder einem neuen Schaltelement das Problem hoher Kosten und einer komplizierten Steuerung auf.

[0013] Somit sieht eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, die in dieser Patentschrift offenbart wird, eine Struktur eines Bildpunkt-Schaltkreises vor, die mindestens eines oder mehrere der oben beschriebenen Probleme löst, sowie ein Ansteuerverfahren für einen Bildpunkt.

[0014] Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung betrifft ein Halbleiterbauelement, in dem ein Fotosensor mit Global Shutter in jedem der in einer Matrix angeordneten Bildpunkte enthalten ist, in den Bildpunkten Ladung gesammelt wird, und der Abfluss von Ladungen aus einem die gesammelte Ladung haltenden Teil in einem Zeitraum vom Ende einer Ansammlungs-Periode bis zum Auslesen der letzten Zeile so weit wie möglich unterdrückt werden kann.

[0015] Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, die in dieser Patentschrift offenbart wird, ist ein Halbleiterbauelement, das eine Vielzahl von Bildpunkten enthält, die in einer Matrix angeordnet sind, und jeder aus der Vielzahl von Bildpunkten enthält eine Fotodiode, einen Signalladungssammlungsteil und eine Vielzahl von Transistoren. Ein Kanalbildungs-Bereich in mindestens einem oder mehreren aus der Vielzahl von Transistoren enthält einen Oxid-Halbleiter. Nachdem eine Rücksetz-Operation des Signalladungssammlungsteils in allen Bildpunkten, die in der Matrix angeordnet sind, im Wesentlichen gleichzeitig durchgeführt wurde, wird von der Fotodiode eine Ladungssammlungs-Operation in allen Bildpunkten im Wesentlichen gleichzeitig ausgeführt, und eine Leseoperation eines Signals von den Bildpunkten wird pro Zeile ausgeführt.

[0016] Die Vielzahl von Transistoren ist ein Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistor, von dem eines von Source und Drain elektrisch mit der Fotodiode verbunden ist; ein Rücksetz-Transistor, von dem eines von Source und Drain elektrisch mit dem anderen von Source und Drain des Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistors verbunden ist; ein Verstärkungs-Transistor, von dem ein Gate mit dem anderen von Source und Drain des Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistors und dem einen von Source und Drain des Rücksetz-Transistors elektrisch verbunden ist; und ein Auswahl-Transistor, von dem eines von Source und Drain elektrisch mit dem einen von Source und Drain des Verstärkungs-Transistors verbunden ist.

von Source und Drain des Verstärkungs-Transistors verbunden ist.

[0017] Die Vielzahl von Transistoren kann ein Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistor sein, von dem eines von Source und Drain elektrisch mit der Fotodiode verbunden ist; ein Rücksetz-Transistor, von dem einen von Source und Drain elektrisch mit dem anderen von Source und Drain des Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistors verbunden ist; und ein Verstärkungs-Transistor, von dem ein Gate mit dem anderen von Source und Drain des Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistors und dem einen von Source und Drain des Rücksetz-Transistors elektrisch verbunden ist.

[0018] Gates der Rücksetz-Transistoren in allen Bildpunkten in den oben beschriebenen beiden Strukturen sind elektrisch miteinander verbunden, und die Transistoren können gleichzeitig mit einem Eingangssignal betrieben werden.

[0019] Die Vielzahl von Transistoren kann ein Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistor sein, von dem eines von Source und Drain elektrisch mit der Fotodiode verbunden ist; ein Verstärkungs-Transistor, von dem ein Gate elektrisch mit dem anderen von Source und Drain des Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistors verbunden ist; und ein Auswahl-Transistor, von dem eines von Source und Drain elektrisch mit einem von Source und Drain des Verstärkungs-Transistors verbunden ist.

[0020] Gates der Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistoren in allen Bildpunkten in den oben beschriebenen drei Strukturen sind elektrisch miteinander verbunden, und die Transistoren können gleichzeitig mit einem Eingangssignal betrieben werden.

[0021] Die Vielzahl von Transistoren kann ein Verstärkungs-Transistor sein, von dem ein Gate elektrisch mit der Fotodiode verbunden ist; und ein Auswahl-Transistor, von dem eines von Source und Drain elektrisch mit einem von Source und Drain des Verstärkungs-Transistors verbunden ist.

[0022] Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, die in dieser Patentschrift offenbart wird, ist ein Halbleiterbauelement, das eine Vielzahl von Bildpunkten enthält, die in einer Matrix angeordnet sind, und jeder aus der Vielzahl von Bildpunkten enthält eine Fotodiode, einen Signalladungssammlungsteil, einen Transistor und einen Kondensator. Ein Kanalbildungs-Bereich in dem Transistor enthält einen Oxid-Halbleiter. Nachdem eine Rücksetz-Operation des Signalladungssammlungsteils in allen Bildpunkten, die in der Matrix angeordnet sind, im Wesentlichen gleichzeitig durchgeführt wurde, wird von der Fotodiode eine Ladungssammlungs-Operation in allen Bildpunkten im Wesentlichen gleichzeitig ausgeführt.

führt, und eine Leseoperation eines Signals von den Bildpunkten wird zeilenweise ausgeführt.

[0023] Der Transistor ist ein Verstärkungs-Transistor, von dem ein Gate elektrisch mit der Fotodiode und einer Elektrode des Kondensators verbunden ist.

[0024] Hier wird in dem Transistor, dessen Kanalbildungs-Bereich einen Oxid-Halbleiter enthält, eine hochreine Oxid-Halbleiter-Schicht mit sehr wenigen Ladungsträgern verwendet. Speziell kann in dem Transistor, der die Oxid-Halbleiter-Schicht enthält, die Stromdichte im ausgeschalteten Zustand pro Mikrometer in einer Kanalbreite bei Raumtemperatur kleiner oder gleich 10 aA ($1 \times 10^{-17} \text{ A}/\mu\text{m}$), weiter kleiner oder gleich 1 aA ($1 \times 10^{-18} \text{ A}/\mu\text{m}$) oder noch weiter kleiner oder gleich 10 zA ($1 \times 10^{-20} \text{ A}/\mu\text{m}$) sein. Insbesondere ist es vorzuziehen, als Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistor und/oder Rücksetz-Transistor einen Transistor zu verwenden, der einen Oxid-Halbleiter enthält, um das Abfließen von Ladung aus dem Signalladungssammlungsteil zu verhindern.

[0025] Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, die in dieser Patentschrift offenbart wird, ist ein Verfahren zur Ansteuerung eines Halbleiterbauelementes, das eine Vielzahl von Bildpunkten enthält, die in einer Matrix angeordnet sind, wobei jeder aus der Vielzahl von Bildpunkten eine Fotodiode, einen Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistor, von dem eines von Source und Drain elektrisch mit der Fotodiode verbunden ist; einen Rücksetz-Transistor, von dem eines von Source und Drain elektrisch mit dem anderen von Source und Drain des Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistors verbunden ist; einen Verstärkungs-Transistor, von dem ein Gate mit dem anderen von Source und Drain des Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistors und dem einen von Source und Drain des Rücksetz-Transistors elektrisch verbunden ist, und einen Auswahl-Transistor, von dem eines von Source und Drain elektrisch mit einem von Source und Drain des Verstärkungs-Transistors verbunden ist. Das Ansteuerungsverfahren umfasst folgende Schritte: Einschalten des Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistors in jedem der Bildpunkte; Einschalten des Rücksetz-Transistors in jedem der Bildpunkte und Einstellen eines Potentials eines Signalladungssammlungsteils in jedem der Bildpunkte auf ein Rücksetz-Potential; Ausschalten des Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistors in jedem der Bildpunkte und Ändern des Potentials einer Kugel der Fotodiode in jedem der Bildpunkte; Ausschalten des Rücksetz-Transistors in jedem der Bildpunkte und Halten des Potentials des Signalladungssammlungsteils in jedem der Bildpunkte; Einschalten des Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistors in jedem der Bildpunkte und Ändern des Potentials des Signalladungssammlungsteils in jedem der Bildpunkte; Ausschalten des Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistors in jedem der Bildpunkte und Halten des Potentials des Signalladungssammlungsteils; und zeilenweises sequentielles Einschalten des Auswahl-Transistors und Ausgeben eines Signals, das dem Potential des Signalladungssammlungsteils in jedem der Bildpunkte entspricht, vom Verstärkungs-Transistor in jedem der Bildpunkte.

der Bildpunkte entspricht, vom Verstärkungs-Transistor in jedem der Bildpunkte.

[0026] Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, die in dieser Patentschrift offenbart wird, ist ein Verfahren zur Ansteuerung eines Halbleiterbauelementes, das eine Vielzahl von Bildpunkten enthält, die in einer Matrix angeordnet sind, wobei jeder aus der Vielzahl von Bildpunkten eine Fotodiode, einen Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistor, von dem eines von Source und Drain elektrisch mit der Fotodiode verbunden ist; einen Rücksetz-Transistor, von dem eines von Source und Drain elektrisch mit dem anderen von Source und Drain des Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistors verbunden ist; einen Verstärkungs-Transistor, von dem ein Gate mit dem anderen von Source und Drain des Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistors und dem einen von Source und Drain des Rücksetz-Transistors elektrisch verbunden ist, und einen Auswahl-Transistor, von dem eines von Source und Drain elektrisch mit einem von Source und Drain des Verstärkungs-Transistors verbunden ist. Das Ansteuerungsverfahren umfasst folgende Schritte: Einschalten des Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistors in jedem der Bildpunkte; Einschalten des Rücksetz-Transistors in jedem der Bildpunkte und Einstellen eines Potentials eines Signalladungssammlungsteils in jedem der Bildpunkte auf ein Rücksetz-Potential; Ausschalten des Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistors in jedem der Bildpunkte und Ändern des Potentials einer Kugel der Fotodiode in jedem der Bildpunkte; Ausschalten des Rücksetz-Transistors in jedem der Bildpunkte und Halten des Potentials des Signalladungssammlungsteils in jedem der Bildpunkte; Einschalten des Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistors in jedem der Bildpunkte und Ändern des Potentials des Signalladungssammlungsteils in jedem der Bildpunkte; Ausschalten des Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistors in jedem der Bildpunkte und Halten des Potentials des Signalladungssammlungsteils; und zeilenweises sequentielles Einschalten des Auswahl-Transistors und Ausgeben eines Signals, das dem Potential des Signalladungssammlungsteils in jedem der Bildpunkte entspricht, vom Verstärkungs-Transistor in jedem der Bildpunkte.

[0027] Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann ein CMOS-Bildsensor vorgesehen werden, in dem das Abfließen von im Ladungshalteteil gesammelten Ladungen in einem Zeitraum von dem Ende der Sammlungszeit bis zum Lesen der letzten Zeile so weit wie möglich unterdrückt werden kann, und mit dem eine Bild ohne Verzerrungen aufgenommen werden kann.

Kurze Beschreibung der Zeichnung

[0028] [Fig. 1](#) ist ein Schaltplan, der die Schaltkreis-Konfiguration eines Bildpunktes eines Bildsensors darstellt.

[0029] Die [Fig. 2A](#) und [Fig. 2B](#) sind Ablaufdiagramme, die jeweils den Betrieb eines Bildpunkt-Schaltkreises in einem Bildsensor darstellen.

[0030] [Fig. 3](#) ist ein Ablaufdiagramm, das den Betrieb eines Bildpunkt-Schaltkreises in einem Bildsensor darstellt.

[0031] [Fig. 4](#) ist ein Ablaufdiagramm, das den Betrieb eines Bildpunkt-Schaltkreises in einem Bildsensor darstellt.

[0032] Die [Fig. 5A](#) bis [Fig. 5C](#) sind schematische Darstellungen, die Beispiel von Bildern zeigen, die durch Sensoren mit Rolling Shutter und Global Shutter aufgenommen wurden.

[0033] [Fig. 6](#) ist ein Diagramm zur Veranschaulichung einer wissenschaftlichen Berechnung.

[0034] Die [Fig. 7A](#) bis [Fig. 7D](#) sind Diagramme, die Ergebnisse einer wissenschaftlichen Berechnung zeigen.

[0035] [Fig. 8](#) ist ein Schaltplan, der die Schaltkreis-Konfiguration eines Bildpunktes eines Bildsensors darstellt.

[0036] [Fig. 9](#) ist ein Schaltplan, der die Schaltkreis-Konfiguration eines Bildpunktes eines Bildsensors darstellt.

[0037] Die [Fig. 10A](#) und [Fig. 10B](#) sind Ablaufdiagramme, die jeweils den Betrieb eines Bildpunkt-Schaltkreises in einem Bildsensor darstellen.

[0038] [Fig. 11](#) ist eine Draufsicht, die eine Anordnung eines Bildpunkt-Schaltkreises in einem Bildsensor darstellt.

[0039] [Fig. 12](#) ist eine Querschnitts-Ansicht, die eine Anordnung eines Bildpunkt-Schaltkreises in einem Bildsensor darstellt.

[0040] [Fig. 13](#) ist eine Draufsicht, die eine Anordnung eines Bildpunkt-Schaltkreises in einem Bildsensor darstellt.

[0041] [Fig. 14](#) ist eine Querschnitts-Ansicht, die eine Anordnung eines Bildpunkt-Schaltkreises in einem Bildsensor darstellt.

[0042] [Fig. 15](#) ist ein Schaltplan, der die Schaltkreis-Konfiguration eines Bildpunktes eines Bildsensors darstellt.

[0043] [Fig. 16](#) ist eine Draufsicht, die eine Anordnung eines Bildpunkt-Schaltkreises in einem Bildsensor darstellt.

[0044] [Fig. 17](#) ist eine Querschnitts-Ansicht, die eine Anordnung eines Bildpunkt-Schaltkreises in einem Bildsensor darstellt.

[0045] [Fig. 18](#) ist ein Schaltplan, der die Schaltkreis-Konfiguration eines Bildpunktes eines Bildsensors darstellt.

[0046] [Fig. 19](#) ist ein Schaltplan, der die Schaltkreis-Konfiguration eines Bildpunktes eines Bildsensors darstellt.

[0047] [Fig. 20](#) ist ein Schaltplan, der die Schaltkreis-Konfiguration eines Bildpunktes eines Bildsensors darstellt.

[0048] Die [Fig. 21A](#) und [Fig. 21B](#) sind Ablaufdiagramme, die jeweils den Betrieb eines Bildpunkt-Schaltkreises in einem Bildsensor darstellen.

[0049] [Fig. 22](#) ist ein Schaltplan, der eine Schaltkreis-Konfiguration eines Bildpunktes in einem Bildsensor darstellt.

[0050] Die [Fig. 23A](#) und [Fig. 23B](#) sind Ablaufdiagramme, die jeweils den Betrieb eines Bildpunkt-Schaltkreises in einem Bildsensor darstellen.

[0051] [Fig. 24](#) ist ein Schaltplan, der die Schaltkreis-Konfiguration eines Bildpunktes eines Bildsensors darstellt.

[0052] Die [Fig. 25A](#) und [Fig. 25B](#) sind Ablaufdiagramme, die jeweils den Betrieb eines Bildpunkt-Schaltkreises in einem Bildsensor darstellen.

[0053] [Fig. 26](#) ist ein Schaltplan, der die Schaltkreis-Konfiguration eines Bildpunktes eines Bildsensors darstellt.

[0054] [Fig. 27](#) ist ein Ablaufdiagramm, das den Betrieb eines Bildpunkt-Schaltkreises in einem Bildsensor darstellt.

[0055] [Fig. 28](#) ist ein Schaltplan, der die Schaltkreis-Konfiguration eines Bildpunktes eines Bildsensors darstellt.

[0056] [Fig. 29](#) ist ein Ablaufdiagramm, das den Betrieb eines Bildpunkt-Schaltkreises in einem Bildsensor darstellt.

[0057] Die [Fig. 30A](#) bis [Fig. 30D](#) sind Querschnitts-Ansichten, die jeweils eine Anordnung eines Transistors darstellen.

[0058] Die [Fig. 31A](#) bis [Fig. 30E](#) sind Querschnitts-Ansichten, die jeweils einen Herstellungsprozess eines Transistors darstellen.

[0059] Die [Fig. 32A](#) und [Fig. 32B](#) sind Schaltbilder, die jeweils eine Schaltkreis-Konfiguration eines Bildpunktes in einem Bildsensor darstellen.

[0060] [Fig. 33](#) ist ein Ablaufdiagramm, das ein Eingangssignal eines Bildsensors darstellt.

[0061] Die [Fig. 34A](#) und [Fig. 34B](#) sind Diagramme, die jeweils ein Ausgangssignal eines Bildsensors darstellen.

[0062] Die [Fig. 35A](#) und [Fig. 35B](#) sind Diagramme, die jeweils ein Ausgangssignal eines Bildsensors darstellen.

[0063] FIGS. Die [Fig. 36A](#) bis [Fig. 36D](#) sind Diagramme, die jeweils ein spezielles Beispiel eines elektronischen Geräts darstellen.

[0064] [Fig. 37](#) ist ein Diagramm, das einen Zusammenhang zwischen der Anzahl von Graustufen eines aufgenommenen Bildes und der Ladung ausdrückt.

[0065] [Fig. 38](#) ist ein Diagramm, das einen Zusammenhang zwischen dem Reststrom im ausgeschalteten Zustand und der Vollbildfrequenz eines Transistors ausdrückt, der zum Halten der Ladung erforderlich ist.

Beste Ausführungsweise der Erfindung

[0066] Nachfolgend werden Ausführungsformen und Beispiele der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf die begleitende Zeichnung detailliert beschrieben. Die vorliegende Erfindung ist jedoch nicht auf die unten stehende Beschreibung beschränkt, und ein Fachmann wird leicht verstehen, dass hier offenbare Betriebsweisen und Details auf viele Arten modifiziert werden können, ohne vom Erfindungsgedanken und Umfang der vorliegenden Erfindung abzuweichen. Daher ist die vorliegende Erfindung nicht so zu interpretieren, als sei sie auf die Beschreibung der Ausführungsformen und Beispiele beschränkt. In den Zeichnungen zur Beschreibung der Ausführungsformen und Beispiele sind dieselben Teile oder Teile, die eine gleiche Funktion aufweisen, mit denselben Referenzziffern bezeichnet, und die Beschreibung solcher Teile wird nicht wiederholt.

[0067] Man beachte, dass in dieser Patentschrift in CMOS-Sensor eine Bezeichnung ist, die zur Unterscheidung von einem CCD-Sensor verwendet wird,

und sich auf alle Sensoren bezieht, die unter Verwendung eines allgemeinen Prozesses eines Feldeffekt-Transistors ausgebildet werden. Daher ist eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung nicht auf den Fall beschränkt, in dem ein CMOS-Schaltkreis in einem Bildpunkt-Teil oder einem Teil eines Peripherieschaltkreises verwendet wird.

(Ausführungsform 1)

[0068] In dieser Ausführungsform wird ein Halbleiterbauelement, das eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, mit Bezug auf die Zeichnung beschrieben. [Fig. 1](#) ist ein Beispiel einer Schaltkreis-Konfiguration eines Bildpunktes in einem Bildsensor.

[0069] Der Bildpunkt in dem Bildsensor enthält eine Fotodiode **101** (PD), einen Verstärkungs-Transistor **102** (AMP), einen Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistor **103** (T), einen Rücksetz-Transistor **104** (R) und einen Auswahl-Transistor **105** (S).

[0070] Als Nächstes werden Funktionen und Anordnungen von Elementen und Verdrahtungen beschrieben.

[0071] Die Fotodiode **101** erzeugt Strom entsprechend der Lichtmenge, die auf den Bildpunkt einfällt. Der Verstärkungs-Transistor **102** gibt ein Signal aus, das einem Potential eines Signalladungssammlungsteils **112** (FD) entspricht. Der Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistor **103** steuert die Ansammlung von Ladung im Signalladungssammlungsteil **112**, die von der Fotodiode **101** durchgeführt wird. Der Rücksetz-Transistor **104** steuert die Initialisierung des Potentials des Signalladungssammlungsteils **112**. Der Auswahl-Transistor **105** steuert die Auswahl des Bildpunktes beim Auslesen. Der Signalladungssammlungsteil **112** ist ein Ladungs-Halte-Knoten und hält die Ladung, die abhängig von der durch die Fotodiode **101** empfangenen Lichtmenge variiert.

[0072] Eine Ladungssammlungs-Steuerungsleitung **113** (TX) ist eine Signalleitung, die den Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistor **103** steuert. Eine Rücksetz-Signalleitung **114** (RS) ist eine Signalleitung, die den Rücksetz-Transistor **104** steuert. Eine Auswahl-Signalleitung **115** (SE) ist eine Signalleitung, die den Auswahl-Transistor **105** steuert. Eine Ausgangssignal-Leitung **120** (OUT) ist eine Signalleitung, die als Ausgabeziel für ein Signal dient, das vom Verstärkungs-Transistor **102** erzeugt wird. Eine Stromversorgungsleitung **130** (VDD) ist eine Signalleitung, welche die Versorgungsspannung liefert. Eine Massepotential-Leitung **131** (GND) ist eine Signalleitung, die ein Referenzpotential festlegt.

[0073] Man beachte, dass Transistoren und Verdrahtungen aus Gründen der Zweckmäßigkeit benannt sind. Jeder beliebige Name ist akzeptierbar,

solange die Transistoren die oben beschriebenen Funktionen aufweisen und die Verdrahtungen die oben beschriebenen Funktionen aufweisen.

[0074] Ein Gate des Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistors **103** ist mit der Ladungssammlungs-Steuersignalleitung **113** verbunden, eines von Source oder Drain des Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistors **103** ist mit einer Katode der Fotodiode **101** verbunden, und das andere von Source oder Drain des Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistors **103** ist mit dem Signalladungssammlungsteil **112** verbunden. Außerdem ist eine Anode der Fotodiode **101** mit der Massepotential-Leitung **131** verbunden. Hier kann ein Ladungs-Halte-Kondensator zwischen dem Signalladungssammlungsteil **112** und der Massepotential-Leitung **131** angeschlossen sein.

[0075] Man beachte, dass obwohl die Verarmungsschicht in der Nähe des Source-Gebietes oder des Drain-Gebietes eines Transistors, die Gate-Kapazität eines Verstärkungs-Transistors oder dergleichen ein wesentlicher Signalladungssammlungsteil sind, der Signalladungssammlungsteil in dieser Patentschrift zweckmäßig als Teil eines Schaltbildes beschrieben wird. Daher sollte die Beschreibung der Anordnung dem Schaltbild folgen.

[0076] Ein Gate des Verstärkungs-Transistors **102** ist mit dem Signalladungssammlungsteil **112** verbunden, eines von Source und Drain des Verstärkungs-Transistors **102** ist mit der Stromversorgungsleitung **130** verbunden, und das andere von Source und Drain des Verstärkungs-Transistors **102** ist mit einem von Source und Drain des Auswahl-Transistors **105** verbunden.

[0077] Ein Gate des Rücksetz-Transistors **104** ist mit der Rücksetz-Signalleitung **114** verbunden, eines von Source und Drain des Rücksetz-Transistors **104** ist mit der Stromversorgungsleitung **130** verbunden, und das andere von Source und Drain des Rücksetz-Transistors **104** ist mit dem Signalladungssammlungsteil **112** verbunden.

[0078] Ein Gate des Auswahl-Transistors **105** ist mit der Auswahl-Signalleitung **115** verbunden, und das andere von Source und Drain des Auswahl-Transistors **105** ist mit der Ausgangssignal-Leitung **120** verbunden.

[0079] Als Nächstes wird ein Aufbau jedes in [Fig. 1](#) gezeigten Elementes beschrieben.

[0080] Die Fotodiode kann unter Verwendung eines Silizium-Halbleiters mit einem pn-Übergang oder einem PIN-Übergang ausgebildet werden. Hier wird eine PIN-Fotodiode benutzt, bei der eine Halbleiterschicht vom i-Typ unter Verwendung von amorphem Silizium ausgebildet wird. Wenn amorphes Silizium

benutzt wird, hat das amorphe Silizium optische Absorptionseigenschaften im Wellenlängenbereich des sichtbaren Lichts; daher kann mit geringen Kosten ein Sensor für sichtbares Licht ausgebildet werden, in dem kein Filter vorgesehen werden muss, das Infrarotstrahlen unterdrückt. Im Gegensatz dazu können, weil kristallines Silizium ebenfalls optische Absorptionseigenschaften in einem Infrarot-Wellenlängenbereich aufweist, wenn eine i-Typ-Halbleiterschicht einer PIN-Fotodiode unter Verwendung von kristallinem Silizium ausgebildet wird, und die PIN-Fotodiode mit einem Filter kombiniert wird, das Infrarotstrahlen durchlässt, nur Infrarotstrahlen erkannt werden.

[0081] Obwohl der Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistor **103**, der Rücksetz-Transistor **104**, der Verstärkungs-Transistor **102** und der Auswahl-Transistor **105** auch unter Verwendung eines Silizium-Halbleiters ausgebildet werden können, werden diese vorzugsweise unter Verwendung eines Oxid-Halbleiters ausgebildet. Ein Transistor, der einen Oxid-Halbleiter enthält, weist einen sehr kleinen Reststrom im ausgeschalteten Zustand auf.

[0082] Insbesondere reicht, wenn der Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistor **103** und der Rücksetz-Transistor **104**, die mit dem Signalladungssammlungsteil **112** verbunden sind, einen großen Leckstrom aufweisen, die Zeit nicht aus, die die Ladung im Signalladungssammlungsteil **112** gehalten werden kann; daher werden mindestens die Transistoren vorzugsweise unter Verwendung eines Oxid-Halbleiters ausgebildet. Wenn ein Transistor, der einen Oxid-Halbleiter enthält, für die Transistoren verwendet wird, kann unerwünschtes Abfließen der Ladungen durch die Fotodiode verhindert werden.

[0083] Für den Oxid-Halbleiter kann eine dünne Schicht verwendet werden, die durch die chemische Formel $\text{InMO}_3(\text{ZnO})_m$ ($m > 0$) dargestellt wird. Hier stellt M eines oder mehrere Metall-Elemente dar, die aus Ga, Al, Mn und Co ausgewählt sind. Zum Beispiel kann M Ga, Ga und Al, Ga und Mn, Ga und Co oder dergleichen sein. Weil ein Transistor unter Verwendung eines Oxid-Halbleiters ausgebildet wird, kann der Reststrom im ausgeschalteten Zustand drastisch verringert werden.

[0084] Als Nächstes wird die Funktion des Bildpunkt-Schaltkreises in [Fig. 1](#) mit Bezug auf die in den [Fig. 2A](#) und [Fig. 2B](#) gezeigten Ablaufdiagramme beschrieben.

[0085] Für eine einfache Beschreibung in den [Fig. 2A](#) und [Fig. 2B](#) werden ein Potential **213** der Ladungssammlungs-Steuersignalleitung **113**, ein Potential **214** der Rücksetz-Signalleitung **114** und ein Potential **215** der Auswahl-Signalleitung **115** als Signale vorgesehen, die zwischen zwei Pegeln variieren. Man beachte, dass weil jedes Potential ein ana-

loges Signal ist, das Potential in der Praxis entsprechend der Situationen verschiedene Pegel aufweisen kann, ohne auf zwei Pegel begrenzt zu sein.

[0086] Zuerst wird eine Betriebsart entsprechend [Fig. 2A](#) beschrieben.

[0087] Wenn das Potential **213** der Ladungssammelungs-Steuersignalleitung **113** zum Zeitpunkt **230** auf einen High-Pegel gelegt wird, und dann das Potential **214** der Rücksetz-Signalleitung **114** zum Zeitpunkt **231** auf einen High-Pegel gelegt wird, wird ein Potential **212** des Signalladungssammlungsteils **112** auf ein Potential der Stromversorgungsleitung **130** initialisiert, um ein Rücksetz-Potential zu sein. Das oben erwähnte ist ein Beginn einer Rücksetz-Operation.

[0088] Das Potential **214** der Rücksetz-Signalleitung **114** wird zum Zeitpunkt **232** auf einen Low-Pegel gelegt, und die Rücksetz-Operation ist beendet. Zu diesem Zeitpunkt wird das Potential **212** des Signalladungssammlungsteils **112** gehalten, und eine Sperrvorspannung in Rückwärtsrichtung wird an die Fotodiode **101** angelegt. Diese Stufe wird zum Beginn einer Sammlungsoperation. Dann fließt ein Rückwärtsstrom, der der Lichtmenge entspricht, zur Fotodiode **101**, und das Potential **212** des Signalladungssammlungsteils **112** variiert.

[0089] Wenn das Potential **213** der Ladungssammelungs-Steuersignalleitung **113** zum Zeitpunkt **233** auf einen Low-Pegel gelegt wird, hält die Übertragung von Ladung vom Signalladungssammlungsteil **112** zur Fotodiode **101** an, und das Potential **212** des Signalladungssammlungsteils **112** wird bestimmt. In dieser Stufe ist die Sammlungsoperation beendet.

[0090] Wenn das Potential **215** der Auswahl-Signalleitung **115** zum Zeitpunkt **234** auf einen High-Pegel gelegt wird, wird Ladung von der Stromversorgungsleitung **130** zur Ausgangssignal-Leitung **120** entsprechend dem Potential **212** des Signalladungssammlungsteils **112** geliefert, und eine Leseoperation beginnt.

[0091] Wenn das Potential **215** der Auswahl-Signalleitung **115** zum Zeitpunkt **235** auf einen Low-Pegel gelegt wird, wird die Lieferung der Ladung von der Stromversorgungsleitung **130** zur Ausgangssignal-Leitung **120** angehalten, und ein Potential **220** der Ausgangssignal-Leitung wird bestimmt. In dieser Stufe ist die Leseoperation beendet. Danach kehrt der Ablauf zurück zum Zeitpunkt **230**, und dieselben Operationen werden wiederholt, wodurch ein Bild aufgenommen werden kann.

[0092] Als Nächstes wird eine Betriebsart entsprechend [Fig. 2B](#) beschrieben.

[0093] Wenn das Potential **213** der Ladungssammelungs-Steuersignalleitung **113** zum Zeitpunkt **230** auf einen High-Pegel gelegt wird, und das Potential **214** der Rücksetz-Signalleitung **114** zum Zeitpunkt **231** auf einen High-Pegel gelegt wird, werden das Potential **212** des Signalladungssammlungsteils **112** und ein Potential der Katode der Fotodiode **101** auf das Potential der Stromversorgungsleitung **130** initialisiert, um ein Rücksetz-Potential zu sein. Das oben erwähnte ist ein Beginn der Rücksetz-Operation.

[0094] Wenn das Potential **213** der Ladungssammelungs-Steuersignalleitung **113** zum Zeitpunkt **236** auf einen Low-Pegel gelegt wird, und dann das Potential **214** der Rücksetzsignal-Leitung **114** zum Zeitpunkt **237** auf einen Low-Pegel gelegt wird, wird die Rücksetz-Operation beendet; folglich fließt ein Rückwärtsstrom, der der Lichtmenge entspricht, zur Fotodiode, an die die Sperrvorspannung in Rückwärtsrichtung angelegt ist, wodurch das Potential der Katode der Fotodiode **101** variiert.

[0095] Wenn das Potential **213** der Ladungssammelungs-Steuersignalleitung **113** zum Zeitpunkt **232** erneut auf einen High-Pegel gelegt wird, fließt durch die Potentialdifferenz zwischen dem Signalladungssammlungsteil **112** und der Katode der Fotodiode **101** ein Strom, und das Potential **212** des Signalladungssammlungsteils **112** variiert.

[0096] Die Schritte danach sind die gleichen wie die der Betriebsart nach [Fig. 2A](#).

[0097] Als System für die Sammlungs-Operation und die Auslese-Operation in allen Bildpunkten sind die folgenden beiden Systeme bekannt: ein Rolling-Shutter-System und ein Global-Shutter-System. Die Unterschiede dieser Systeme werden kurz beschrieben, wobei ein Potential der Ladungssammelungs-Steuersignalleitung und ein Potential der Auswahl-Signalleitung verwendet wird.

[0098] [Fig. 3](#) ist ein Ablaufdiagramm des Falls, in dem das Rolling-Shutter-System benutzt wird. Zuerst wird ein Potential **3001** der ersten Ladungssammelungs-Steuersignalleitung auf High-Pegel gelegt, und im Signalladungssammlungsteil im Bildpunkt der ersten Zeile wird in einer Sammlungs-Periode **301** eine der Lichtmenge entsprechende Ladung gesammelt. Als Nächstes wird das Potential **3001** der ersten Ladungssammelungs-Steuersignalleitung auf Low-Pegel gelegt, und nach einer Ladungs-Halte-Periode **302** wird ein Potential **3501** der ersten Auswahl-Signalleitung auf High-Pegel gelegt. Nachdem die einem Sammlungs-Potential entsprechende Spannung in einer Periode **303** ausgelesen wurde, wird das Potential **3501** der ersten Auswahl-Signal-Leitung auf Low-Pegel gelegt.

[0099] In der Periode **303** wird ein Potential **3002** der zweiten Ladungssammlungs-Steuersignalleitung auf High-Pegel gelegt, und im Signalladungssammlungsteil im Bildpunkt der zweiten Zeile wird eine der Lichtmenge entsprechende Ladung gesammelt. Als Nächstes wird das Potential **3002** der zweiten Ladungssammlungs-Steuersignalleitung auf Low-Pegel gelegt, und nach einer Ladungs-Halte-Periode **304** wird ein Potential **3502** der zweiten Auswahlsignal-Leitung auf High-Pegel gelegt. Nachdem die dem Sammlungs-Potential entsprechende Spannung in einer Periode **305** ausgelesen wurde, wird das Potential **3502** der zweiten Auswahlsignal-Leitung auf Low-Pegel gelegt.

[0100] Auf ähnliche Art und Weise werden, wenn die letzte Zeile zum Beispiel die 480. Zeile ist, Potentiale von einem Potential **3003** der dritten Ladungssammlungs-Steuersignalleitung bis zu einem Potential **3480** der 480. Ladungssammlungs-Steuersignalleitung und Potentiale von einem Potential **3503** der dritten Auswahlsignal-Leitung bis zu einem Potential **3980** der 480. Auswahlsignal-Leitung sequentiell gesteuert, wodurch die Leseoperation in allen Bildpunkten ausgeführt wird. Auf diese Weise wird ein Vollbild ausgelesen.

[0101] Beim Rolling-Shutter-System erfolgt das Sammeln der Ladung im Signalladungssammlungsteil im Bildpunkt zeilenweise; daher unterscheidet sich die Zeitsteuerung der Ladungssammlung von Zeile zu Zeile. Mit anderen Worten ist das Rolling-Shutter-System ein System, bei dem die Ladungssammlungs-Operation nicht in allen Bildpunkten gleichzeitig durchgeführt wird und ein Zeitunterschied bei der Ladungssammlungs-Operation in jeder Zeile auftritt. Man beachte, dass die Ladungs-Halte-Periode von der Sammlungs-Operation bis zur Auslese-Operation in allen Zeilen gleich ist.

[0102] Als nächstes wird das Global-Shutter-System unter Verwendung des Ablaufdiagramms in [Fig. 4](#) beschrieben. Ähnlich wie bei dem oben beschriebenen Beispiel werden, wenn die letzte Zeile die 480. Zeile ist, Potentiale von einem Potential **4001** der ersten Ladungssammlungs-Steuersignalleitung der ersten Zeile bis zu einem Potential der 480. Ladungssammlungs-Steuersignalleitung der 480. Zeile gleichzeitig auf High-Pegel gelegt, wodurch die Ladungssammlungs-Operation in einer Periode **401** in allen Bildpunkten gleichzeitig ausgeführt wird. In einer Periode **403** nach einer Ladungs-Halte-Periode **402** wird ein Potential **4501** der ersten Auswahlsignal-Leitung auf High-Pegel gelegt, und der Bildpunkt der ersten Zeile wird ausgewählt, wodurch eine dem Sammlungs-Potential entsprechende Spannung ausgegeben wird.

[0103] Als Nächstes wird das Potential **4501** der Auswahlsignal-Leitung auf Low-Pegel gelegt. In ei-

ner Periode **405** nach einer Ladungs-Halte-Periode **404** wird ein Potential **4502** der zweiten Auswahlsignal-Leitung auf High-Pegel gelegt, und der Bildpunkt der zweiten Zeile wird ausgewählt, wodurch eine dem Sammlungs-Potential entsprechende Spannung ausgegeben wird.

[0104] Danach wird das Auslesen jeder Zeile sequentiell durchgeführt. In der letzten Zeile wird nach einer Ladungs-Halte-Periode **406** ein Potential **4980** der 480. Auswahlsignal-Leitung auf High-Pegel gelegt, und der Bildpunkt der 480. Zeile wird ausgewählt, wodurch eine dem Sammlungs-Potential entsprechende Spannung ausgegeben wird. Auf diese Weise wird ein Vollbild ausgelesen.

[0105] Beim Global-Shutter-System ist die Zeitsteuerung der Ladungssammlung zum Signalladungssammlungsteil in allen Bildpunkten gleich. Man beachte, dass die Zeitdauer von der Ladungssammlungs-Operation zur Auslese-Operation für jede Zeile unterschiedlich ist, und die Ladungs-Halte-Periode **406** bis zum Auslesen der letzten Zeile die längste ist.

[0106] Wie oben beschrieben hat das Global-Shutter-System den Vorteil, dass ein Bild ohne Verzerrung eines sich bewegenden Objektes aufgenommen werden kann, da keine Zeitdifferenz der Ladungssammlung in allen Bildpunkten besteht. Bei Verwendung des Global-Shutter-Systems wird eine Ladungs-Halte-Periode jedoch vergrößert; daher besteht das Problem, dass ein mit einem Sensor mit Global Shutter aufgenommenes Bild im Vergleich zu einem mit einem Sensor mit Rolling Shutter aufgenommenem Bild leicht durch Leckströme beeinträchtigt wird, die durch den Reststrom im ausgeschalteten Zustand oder dergleichen des Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistors oder des Rücksetz-Transistors verursacht werden.

[0107] Als Nächstes werden unter Bezug auf die [Fig. 5A](#) bis [Fig. 5C](#) Beispiele von Bildern beschrieben, die mit Sensoren mit Rolling Shutter und Global Shutter aufgenommen wurden. Hier wird als Beispiel für den Fall, in dem sich ein Objekt schnell bewegt, der Fall betrachtet, in dem ein Bild eines fahrenden Autos aufgenommen wird, wie in [Fig. 5A](#) gezeigt.

[0108] In dem Fall, in dem das Rolling-Shutter-System benutzt wird, ist die Zeitsteuerung der Ladungssammlung der Bildpunkte für jede Zeile unterschiedlich; daher kann die Abbildung des oberen Teils eines Bildes und die Abbildung des unteren Teils des Bildes nicht gleichzeitig durchgeführt werden, und das Bild wird als verzerrtes Objekt erzeugt, wie in [Fig. 5B](#) gezeigt. Beim Rolling-Shutter-System vergrößert sich die Verzerrung eines aufgenommenen Bildes insbesondere, wenn ein Objekt wahrgenommen wird, dass sich schnell bewegt; daher ist es schwierig, ein Bild der tatsächlichen Form des Objektes aufzunehmen.

[0109] Im Gegensatz dazu ist in dem Fall, dass das Global-Shutter-System benutzt wird, die Zeitsteuerung der Ladungssammlung der Bildpunkte in allen Bildpunkten gleich. Daher kann, weil das gesamte Vollbild unverzöglich aufgenommen werden kann, ein Bild ohne Verzerrung aufgenommen werden, wie in [Fig. 5C](#) gezeigt. Das Global-Shutter-System ist ein ausgezeichnetes System zum Aufnehmen eines Bildes eines sich schnell bewegenden Objektes.

[0110] Wie oben beschrieben wurde herausgefunden, dass nicht das Rolling-Shutter-System, sondern das Global-Shutter-System zum Aufnehmen eines Bildes eines sich schnell bewegenden Objektes geeignet ist. Man beachte, dass der herkömmliche Transistor, der für einen CMOS-Bildsensor verwendet wird, einen großen Reststrom im ausgeschalteten Zustand aufweist; daher kann mit dem CMOS-Sensor nur mit Global Shutter kein normales Bild aufgenommen werden.

[0111] Daher wird in einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ein Transistor, der einen Oxid-Halbleiter enthält, dessen Reststrom im ausgeschalteten Zustand extrem klein ist, für einen CMOS-Bildsensor mit Global Shutter benutzt, wodurch ein normales Bild aufgenommen werden kann.

[0112] Als nächstes werden Ergebnisse wissenschaftlicher Berechnungen an einem Bild beschrieben. Ein für die wissenschaftliche Berechnung benutztes Objekt ist ein Bild mit drei Flügeln, das als Rotor dient, wie in [Fig. 6](#) gezeigt. Diese drei Flügel können sich drehen, wobei ein Verbindungspunkt der Flügel als zentrale Achse verwendet wird. Diese wissenschaftliche Berechnung hat das Ziel, ein Bild für ein Vollbild aufzunehmen, wenn ein Bild von drei rotierenden Flügeln aufgenommen wird.

[0113] Die für die wissenschaftliche Berechnung benutzte Software ist eine in der Programmiersprache C geschriebene Bildverarbeitungs-Software, die dazu benutzt wird, die Zeitsteuerung einer Ladungssammlungs-Operation und einer Auslese-Operation in jedem Bildpunkt eines Bildsensors, sowie die Menge der aus einem Ladungssammlungsteil pro Zeile abgeflossenen Ladung zu berechnen, um ein Bild zu erzeugen.

[0114] Die [Fig. 7A](#) bis [Fig. 7D](#) zeigen die Ergebnisse der wissenschaftlichen Berechnung. Man beachte, dass die wissenschaftliche Berechnung unter den folgenden vier Bedingungen durchgeführt wurde.

[0115] Die erste Bedingung ist, den Bildsensor mit VGA-Größe, der einen in [Fig. 8](#) gezeigten Bildpunkt-Schaltkreis aufweist, mit Rolling Shutter anzusteuern. Obwohl die in [Fig. 8](#) gezeigte Konfiguration des Bildpunkt-Schaltkreises im Wesentlichen dieselbe ist wie der Bildpunkt-Schaltkreis in [Fig. 1](#), handelt es sich

bei einem Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistor **1803**, einem Rücksetz-Transistor **1804**, einem Verstärkungs-Transistor **1802** und einem Auswahl-Transistor **1805** um Transistoren, die einen Silizium-Halbleiter enthalten. Man beachte, dass der Betrieb des Bildpunkt-Schaltkreises einschließlich der folgenden Bedingungen ähnlich dem mit Bezug auf die [Fig. 1](#) und die [Fig. 2A](#) und [Fig. 2B](#) beschriebenen Betrieb ist.

[0116] Die zweite Bedingung ist, den Bildsensor mit VGA-Größe, der den in [Fig. 8](#) gezeigten Bildpunkt-Schaltkreis aufweist, mit Global Shutter anzusteuern. Der Aufbau des Schaltkreises ist derselbe wie der der ersten Bedingung mit Ausnahme des Verschluss-Systems.

[0117] Die dritte Bedingung ist, den Bildsensor mit VGA-Größe, der einen in [Fig. 9](#) gezeigten Bildpunkt-Schaltkreis aufweist, mit Rolling Shutter anzusteuern. Obwohl die in [Fig. 9](#) gezeigte Konfiguration des Bildpunkt-Schaltkreises im Wesentlichen dieselbe ist wie der Bildpunkt-Schaltkreis in [Fig. 1](#), handelt es sich bei einem Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistor **1903** und einem Rücksetz-Transistor **1904** um Transistoren, die einen Oxid-Halbleiter enthalten, während ein Verstärkungs-Transistor **1902** und ein Auswahl-Transistor **1905** Transistoren sind, die einen Silizium-Halbleiter enthalten.

[0118] Die vierte Bedingung ist, den Bildsensor mit VGA-Größe, der den in [Fig. 9](#) gezeigten Bildpunkt-Schaltkreis aufweist, mit Global Shutter anzusteuern. Der Aufbau eines Schaltkreises ist derselbe wie der der dritten Bedingung mit Ausnahme des Verschluss-Systems.

[0119] Man beachte, dass jeder Transistor, der einen Silizium-Halbleiter enthält, in den Bildpunkt-Schaltkreisen von [Fig. 8](#) und [Fig. 9](#) eine Kanallänge L von 3 [μm], eine Kanalbreite W von 5 [μm] und eine Dicke d einer Gate-Isolationsschicht von 20 [nm] aufwies. Außerdem wies jeder Transistor, der einen Oxid-Halbleiter enthält, eine Kanallänge L von 3 [μm], eine Kanalbreite W von 5 [μm] und eine Dicke d einer Gate-Isolationsschicht von 200 [nm] auf.

[0120] Ferner wurde eine Bilderfassungsfrequenz auf 60 [Hz] eingestellt, und die elektrischen Eigenschaften des Transistors, der einen Silizium-Halbleiter enthält, erfüllten $I_{\text{cut}} = 10 \text{ [pA]}$, und die elektrischen Eigenschaften des Transistors, der einen Oxid-Halbleiter enthält, erfüllten $I_{\text{cut}} = 0,1 \text{ [aA]}$. Der Begriff I_{cut} bedeutet in dieser Ausführungsform die Menge an Strom, der zwischen einer Source und einem Drain fließt, wenn die Gate-Spannung auf 0 V eingestellt ist und die Drain-Spannung auf 5 V eingestellt ist.

[0121] Die Bedingung für die Drehbewegung der drei in [Fig. 6](#) gezeigten Flügel wurde auf 640 [U/min] in

Richtung des Uhrzeigersinns eingestellt. Man beachte, dass wenn die Umdrehungszahl 640[U/min] ist, die drei Flügel sich in einem Einzelbild (1/60 [s]) zum Zeitpunkt der Sammlungsoperation des Rolling-Shutter um ungefähr 60 Grad drehen.

[0122] Im Fall der ersten Bedingung (die Transistoren waren nur Transistoren mit Silizium-Halbleitern und es wurde das Rolling-Shutter-System benutzt) ist die Zeitsteuerung zum Sammeln von Ladung im Signalladungssammlungsteil des Bildpunktes für jede Zeile unterschiedlich; daher tritt eine Verzerrung des Bildes auf, wie in [Fig. 7A](#) gezeigt.

[0123] Im Fall der zweiten Bedingung (die Transistoren waren nur Transistoren mit Silizium-Halbleitern und es wurde das Global-Shutter-System benutzt) ist eine Änderung der Grauwerte zu sehen, wie in [Fig. 7B](#) gezeigt, die durch Abfließen von Ladungen verursacht wird, die durch den Reststrom im ausgeschalteten Zustand des Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistors **1803** und des Rücksetz-Transistors **1804** verursacht wird. Bei einem Bildsensor mit Global Shutter wird die Ladungs-Halteperiode länger, wenn eine Leseoperation näher an der Leseoperation der letzten Zeile auf der Unterseite des Bildsensors ist; daher wird die Änderung auffallend.

[0124] Im Fall der dritten Bedingung (der Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistor und der Rücksetz-Transistor waren Oxid-Halbleiter-Transistoren, und das Rolling-Shutter-System wurde benutzt), ist ein Bild verzerrt, wie in [Fig. 7C](#) gezeigt, was dem Fall der ersten Bedingung ähnlich ist.

[0125] Im Fall der vierten Bedingung (der Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistor und der Rücksetz-Transistor waren Oxid-Halbleiter-Transistoren, und das Global-Shutter-System wurde benutzt), fließt wegen des Reststroms im ausgeschalteten Zustand des Transistors nur wenig Ladung ab, und die Grauwerte werden richtig dargestellt, wie in [Fig. 7D](#) wie in [Fig. 6](#) gezeigt.

[0126] Aus den in den [Fig. 7A](#) bis [Fig. 7D](#) gezeigten Ergebnissen wird herausgefunden, dass ein Rolling Shutter eine Bildverzerrung in jedem Bildpunkt-Schaltkreis aus [Fig. 8](#) oder [Fig. 9](#) verursacht und dass keine starke Korrelation zwischen der Bildverzerrung und dem Reststrom im ausgeschalteten Zustand besteht. Mit anderen Worten ist es, um die Bildverzerrung zu verringern, wirkungsvoll, einen Bildsensor mit Global Shutter anzusteuern, bei dem die Zeitsteuerung zum Sammeln von Ladungen im Signalladungssammlungsteil des Bildpunktes in allen Bildpunkten gleich ist.

[0127] Im Gegensatz dazu wird herausgefunden, dass wenn ein Schaltkreis unter Verwendung eines herkömmlichen Silizium-Transistors ausgebil-

det wird, das Global-Shutter-System ein Problem hat, dass aufgrund von abfließenden Ladungen, was durch den Reststrom im ausgeschalteten Zustand des Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistors und des Rücksetz-Transistors verursacht wird, ein Grauwert variiert.

[0128] In einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird ein Transistor, der einen Oxid-Halbleiter enthält und einen extrem kleinen Reststrom im ausgeschalteten Zustand aufweist, für jeden Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistor und Rücksetz-Transistor benutzt, um dieses Problem zu beseitigen. Daher kann das Global-Shutter-System für einen CMOS-Bildsensor benutzt werden, und sogar ein Bild eines sich bewegenden Objektes kann ohne Verzerrung aufgenommen werden.

[0129] Als Nächstes wird ein Beispiel eines Peripherieschaltkreises in dem Fall beschrieben, in dem ein Bildsensor mit Global Shutter in dieser Ausführungsform benutzt wird.

[0130] In einem Bildsensor mit Rolling Shutter wurde zum Beispiel, um Ladung zu sammeln und ein Signalfeld pro Zeile auszulesen, ein sequentieller Hochleistungs-Schaltkreis, wie z. B. ein Schieberegister, für einen Gate-Ansteuerungs-Schaltkreis für eine Ladungssammlungs-Steuersignalleitung und für einen Ansteuerungs-Schaltkreis für eine Rücksetz-Signalleitung verwendet.

[0131] In einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung arbeiten die Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistoren in allen Bildpunkten gleichzeitig, da das Global-Shutter-System benutzt wird. Daher ist ein sequentieller Schaltkreis für den Betrieb der Transistoren nicht erforderlich. Außerdem kann dasselbe auf die Rücksetz-Transistoren angewendet werden.

[0132] Das heißt, die Anzahl von Ansteuer-Schaltkreisen für eine Ladungssammlungs-Steuersignalleitung und von Ansteuer-Schaltkreisen für eine Rücksetzsignal-Leitung, die mit sequentiellen Schaltkreisen, wie etwa Schieberegistern, ausgebildet werden, kann verringert werden. Es kann eine Struktur verwendet werden, in der Gates der Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistoren in allen Bildpunkten elektrisch miteinander verbunden sind, Gates der Rücksetz-Transistoren in allen Bildpunkten elektrisch miteinander verbunden sind, und die Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistoren in allen Bildpunkten oder die Rücksetz-Transistoren in allen Bildpunkten gleichzeitig mit einem Signal betrieben werden.

[0133] Mit dieser Struktur kann der Leistungsverbrauch des Halbleiterbauelementes verringert werden, und ferner kann die für die Ansteuer-Schaltkreise benötigte Fläche stark verkleinert werden. Außerdem kann die Fläche der Verdrahtung verklei-

nert werden; daher kann die Flexibilität beim Layout der Ladungssammlungs-Steuersignalleitung und der Rücksetzsignal-Leitung verbessert werden.

[0134] Als Nächstes wird ein Verfahren zur Ansteuerung eines Halbleiterbauelementes mit der oben erwähnten Struktur mit Bezug auf die [Fig. 10A](#) und [Fig. 10B](#) beschrieben. Man beachte, dass hier ein Halbleiterbauelement mit VGA-Größe, bei dem die Anzahl von Zeilen in einer Bildpunkte-Matrix **480** beträgt, als Beispiel benutzt wird.

[0135] Für eine einfache Beschreibung in den [Fig. 10A](#) und [Fig. 10B](#) werden ein Potential **3613** der Ladungssammlungs-Steuersignalleitung **113**, ein Potential **3614** der Rücksetz-Signalleitung **114** und Potentiale eines Potentials **36001** der ersten Auswahl-Signalleitung **115** bis zu einem Potential **36480** der 480. Auswahl-Signalleitung als Signale vorgesehen, die zwischen zwei Pegeln variieren. Man beachte, dass weil jedes Potential ein analoges Signal ist, das Potential in der Praxis entsprechend der Situationen verschiedene Pegel aufweisen kann, ohne auf zwei Pegel begrenzt zu sein.

[0136] Zuerst wird eine Betriebsart entsprechend [Fig. 10A](#) beschrieben.

[0137] Das Potential **3613** der Ladungssammlungs-Steuersignalleitung **113** wird zum Zeitpunkt **3631** auf High-Pegel gelegt. Als Nächstes wird, wenn das Potential **3614** der Rücksetzsignal-Leitung **114** zum Zeitpunkt **3632** auf High-Pegel gelegt wird, die Rücksetz-Operation der Bildpunkte von der ersten Zeile bis zur 480. Zeile ausgeführt.

[0138] Wenn das Potential **3614** der Rücksetzsignal-Leitung **114** zum Zeitpunkt **3633** auf Low-Pegel gelegt wird, startet die Ladungssammlungs-Operation im Signalladungssammlungsteil **112** in allen Bildpunkten von der ersten Zeile bis zur 480. Zeile.

[0139] Wenn das Potential **3613** der Ladungssammlungs-Steuersignalleitung **113** zum Zeitpunkt **3634** auf Low-Pegel gelegt wird, wird die Ladungssammlungs-Operation in allen Bildpunkten von der ersten Zeile bis zur 480. Zeile beendet.

[0140] Wenn das Potential **36001** der ersten Auswahlsignal-Leitung **115** zum Zeitpunkt **3635** auf High-Pegel gelegt wird, startet die Lese-Operation der im Signalladungssammlungsteil **112** gesammelten Ladung in dem Bildpunkt der ersten Zeile.

[0141] Wenn das Potential **36001** der ersten Auswahlsignal-Leitung zum Zeitpunkt **3636** auf Low-Pegel gelegt wird, ist die Lese-Operation bezüglich des Bildpunktes der ersten Zeile beendet.

[0142] Wenn das Potential **36002** der zweiten Auswahlsignal-Leitung **115** zum Zeitpunkt **3637** auf High-Pegel gelegt wird, startet die Lese-Operation der im Signalladungssammlungsteil **112** gesammelten Ladung in dem Bildpunkt der zweiten Zeile.

[0143] Wenn das Potential **36002** der zweiten Auswahlsignal-Leitung **115** zum Zeitpunkt **3638** auf Low-Pegel gelegt wird, ist die Lese-Operation des Bildpunktes der zweiten Zeile beendet.

[0144] Auf die gleiche Weise werden Signale sequentiell bis zum Potential **36480** der 480. Auswahl-Signal-Leitung **115** gesendet, und die Lese-Operation bezüglich aller Bildpunkte wird durchgeführt, wodurch ein erstes Vollbild erhalten wird. Danach kehrt der Betrieb zurück zum Vorgang am Zeitpunkt **3631**, und dieselben Abläufe werden wiederholt, wodurch ein zweites Vollbild und nachfolgende Vollbilder erhalten werden können.

[0145] Als Nächstes wird eine Betriebsart entsprechend [Fig. 10B](#) beschrieben.

[0146] Das Potential **3613** der Ladungssammlungs-Steuersignalleitung **113** wird zum Zeitpunkt **3631** auf High-Pegel gelegt. Als Nächstes werden, wenn das Potential **3614** der Rücksetzsignal-Leitung **114** zum Zeitpunkt **3632** auf High-Pegel gelegt wird, die Bildpunkte von der ersten Zeile bis zur 480. Zeile zurückgesetzt.

[0147] Wenn das Potential **3613** der Ladungssammlungs-Steuersignalleitung **113** zum Zeitpunkt **3639** auf Low-Pegel gelegt wird und dann das Potential der Rücksetzsignal-Leitung **114** zum Zeitpunkt **3640** auf Low-Pegel gelegt wird, ist die Rücksetz-Operation beendet; wodurch der Vorgang der Ladungssammlung durch die Fotodiode **101** beginnt.

[0148] Wenn das Potential **3613** der Ladungssammlungs-Steuersignalleitung **113** zum Zeitpunkt **3633** erneut auf High-Pegel gelegt wird, beginnt die Ladungssammlungs-Operation im Signalladungssammlungsteil **112** in allen Bildpunkten von der ersten Zeile bis zur 480. Zeile.

[0149] Der anschließende Ablauf ist derselbe wie in der Betriebsart in [Fig. 10A](#).

[0150] Auf diese Weise kann der Bildpunkt in einem Bildsensor angesteuert werden, ohne einen sequentiellen Hochleistungs-Schaltkreis, wie z. B. ein Schieberegister, zu benutzen, eine Verringerung des Leistungsverbrauchs und der Fläche des Ansteuer-Schaltkreises, sowie eine Verbesserung der Flexibilität beim Layout des Schaltkreises und der Verdrahtung können erzielt werden.

[0151] Wie oben beschrieben kann, wenn der Transistor, der einen Oxid-Halbleiter enthält, für den Transistor verwendet wird, der zum Ausbilden des Bildpunktes im Bildsensor benutzt wird, der Bildsensor mit Global Shutter leicht realisiert werden, der ein Halbleiterbauelement vorsehen kann, das in der Lage ist, ein Bild ohne Verzerrung bezüglich eines Objektes aufzunehmen.

[0152] Man beachte, dass der Aufbau und der Betrieb des Bildsensors in dieser Ausführungsform nicht nur auf eine Bilderfassungseinrichtung angewendet werden kann, deren Ziel das Aufnehmen eines Bildes ist, sondern zum Beispiel auch auf einen berührungsempfindlichen Bildschirm und dergleichen, bei dem ein Bilderfassungselement in einem Anzeigeelement einer Anzeigeeinrichtung vorgesehen ist.

[0153] Diese Ausführungsform kann in Kombination mit jeder der anderen Ausführungsformen oder der Beispiele soweit erforderlich umgesetzt werden.

(Ausführungsform 2)

[0154] In dieser Ausführungsform wird ein Layout eines Bildpunkt-Schaltkreises eines Halbleiterbauelementes in einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben.

[0155] Als Beispiel für den Fall, in dem der Bildpunkt-Schaltkreis aus [Fig. 8](#) tatsächlich ausgebildet ist, ist in [Fig. 11](#) die Draufsicht auf das Layout eines Bildpunkt-Schaltkreises gezeigt. Man beachte, dass alle Transistoren, die für den Bildpunkt-Schaltkreis von [Fig. 8](#) benutzt werden, unter Verwendung eines Silizium-Halbleiters ausgebildet sind.

[0156] Der in [Fig. 11](#) gezeigte Bildpunkt-Schaltkreis ist mit einer PIN-Fotodiode **1801**, einem Verstärkungs-Transistor **1802**, einem Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistor **1803**, einem Rücksetz-Transistor **1804**, einem Auswahl-Transistor **1805**, einer Ladungssammlungs-Steuersignalleitung **1813**, einer Rücksetzsignal-Leitung **1814**, einer Auswahlsignal-Leitung **1815**, einer Ausgangssignal-Leitung **1820**, einer Stromversorgungsleitung **1830** und einer Massenpotential-Leitung **1831** ausgebildet. In der Ansicht gezeigte Schichten sind eine i-Typ-Silizium-Halbleiterschicht **1241**, eine Gate-Verdrahtungsschicht **1242**, eine Verdrahtungsschicht **1243**, eine n-Typ-Silizium-Halbleiterschicht **1244** und eine p-Typ-Silizium-Halbleiterschicht **1245**.

[0157] Von diesen sind die i-Typ-Silizium-Halbleiterschicht **1241**, die n-Typ-Silizium-Halbleiterschicht **1244** und die p-Typ-Silizium-Halbleiterschicht **1245** Halbleiterschichten, die die PIN-Fotodiode **1801** ausbilden. Wie in einer Querschnittsansicht in [Fig. 12](#) gezeigt, wird hier eine Photodiode mit lateraler Sperrschiicht ausgebildet. Diese Photodiode mit la-

teraler Sperrschiicht ist ein Beispiel, und es kann eine gestapelte Photodiode oder eine vergrabene Photodiode verwendet werden. Man beachte, dass in der Querschnittsansicht von [Fig. 12](#) ein Transistor, der einen Silizium-Halbleiter enthält, vom SOI-Typ ist; es besteht jedoch keine Beschränkung darauf, und es kann ein Feldeffekttransistor verwendet werden.

[0158] Die Gate-Verdrahtungsschicht **1242** ist mit einer Gate-Elektrode des Verstärkungs-Transistors **1802** verbunden und ist mit Source oder Drain des Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistors **1803** und mit der Verdrahtungsschicht **1243** mit Source oder Drain des Rücksetz-Transistors **1804** verbunden. Außerdem entsprechen Teile dieser Bereiche dem Signalladungssammlungsteil.

[0159] Als Nächstes ist als Beispiel für den Fall, in dem der Bildpunkt-Schaltkreis aus [Fig. 9](#) tatsächlich ausgebildet ist, in [Fig. 13](#) die Draufsicht auf das Layout eines Bildpunkt-Schaltkreises gezeigt. Man beachte, dass für die für den Bildpunkt-Schaltkreis von [Fig. 9](#) benutzten Transistoren der Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistor und der Rücksetz-Transistor unter Verwendung eines Oxid-Halbleiters ausgebildet werden, während der Verstärkungs-Transistor und der Auswahl-Transistor unter Verwendung eines Silizium-Halbleiters ausgebildet werden.

[0160] Der in [Fig. 13](#) gezeigte Bildpunkt-Schaltkreis ist mit einer PIN-Fotodiode **1901**, einem Verstärkungs-Transistor **1902**, einem Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistor **1903**, einem Rücksetz-Transistor **1904**, einem Auswahl-Transistor **1905**, einer Ladungssammlungs-Steuersignalleitung **1913**, einer Rücksetzsignal-Leitung **1914**, einer Auswahlsignal-Leitung **1915**, einer Ausgangssignal-Leitung **1920**, einer Stromversorgungsleitung **1930** und einer Massenpotential-Leitung **1931** ausgebildet. In der Ansicht gezeigte Schichten sind eine i-Typ-Silizium-Halbleiterschicht **1441**, eine Gate-Verdrahtungsschicht **1442**, eine Verdrahtungsschicht **1443**, eine n-Typ-Silizium-Halbleiterschicht **1444** und eine p-Typ-Silizium-Halbleiterschicht **1445**.

[0161] Von diesen sind die i-Typ-Silizium-Halbleiterschicht **1441**, die n-Typ-Silizium-Halbleiterschicht **1444** und die p-Typ-Silizium-Halbleiterschicht **1445** Halbleiterschichten, die die PIN-Fotodiode **1901** ausbilden. Wie in einer Querschnittsansicht in [Fig. 14](#) gezeigt, wird hier eine Photodiode mit lateraler Sperrschiicht ausgebildet. Diese Photodiode mit lateraler Sperrschiicht ist ein Beispiel, und es kann eine gestapelte Photodiode oder eine vergrabene Photodiode verwendet werden. Man beachte, dass in der Querschnittsansicht von [Fig. 14](#) ein Transistor, der einen Silizium-Halbleiter enthält, vom SOI-Typ ist; es besteht jedoch keine Beschränkung darauf, und es kann ein Feldeffekttransistor verwendet werden.

[0162] Die Gate-Verdrahtungsschicht **1442** ist mit einer Gate-Elektrode des Verstärkungs-Transistors **1902** verbunden und ist mit einem von Source oder Drain des Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistors **1903** und mit der Verdrahtungsschicht **1443** mit einem von Source oder Drain des Rücksetz-Transistors **1904** verbunden. Außerdem entsprechen Teile dieser Bereiche dem Signalladungssammlungsteil.

[0163] Als weiteres Beispiel der Bildpunkt-Struktur kann ein in [Fig. 15](#) gezeigter Bildpunkt-Schaltkreis angegeben werden. Die Draufsicht auf das Layout ist in [Fig. 16](#) gezeigt. Man beachte, dass alle Transistoren, die für den Bildpunkt-Schaltkreis von [Fig. 15](#) benutzt werden, unter Verwendung eines Oxid-Halbleiters ausgebildet sind.

[0164] Der in [Fig. 16](#) gezeigte Bildpunkt-Schaltkreis ist mit einer PIN-Fotodiode **2801**, einem Verstärkungs-Transistor **2802**, einem Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistor **2803**, einem Rücksetz-Transistor **2804**, einem Auswahl-Transistor **2805**, einer Ladungssammlungs-Steuersignalleitung **2813**, einer Rücksetzsignal-Leitung **2814**, einer Auswahlsignal-Leitung **2815**, einer Ausgangssignal-Leitung **2820**, einer Stromversorgungsleitung **2830** und einer Massepotential-Leitung **2831** ausgebildet. In der Ansicht gezeigte Schichten sind eine i-Typ-Silizium-Halbleiterschicht **2941**, eine Gate-Verdrahtungsschicht **2942**, eine Verdrahtungsschicht **2943**, eine n-Typ-Typ-Silizium-Halbleiterschicht **2944** und eine p-Typ-Silizium-Halbleiterschicht **2945**.

[0165] Von diesen sind die i-Typ-Silizium-Halbleiterschicht **2941**, die n-Typ-Typ-Silizium-Halbleiterschicht **2944** und die p-Typ-Silizium-Halbleiterschicht **2945** Halbleiterschichten, die die PIN-Fotodiode **2801** ausbilden. Wie in einer Querschnittsansicht in [Fig. 17](#) gezeigt, wird hier eine Fotodiode mit lateraler Sperrsicht ausgebildet. Diese Fotodiode mit lateraler Sperrsicht ist ein Beispiel, und es kann auch eine gestapelte Fotodiode verwendet werden.

[0166] Die Gate-Verdrahtungsschicht **2942** ist mit einer Gate-Elektrode des Verstärkungs-Transistors **2802** verbunden und ist mit einem von Source oder Drain des Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistors **2803** und mit der Verdrahtungsschicht **2943** mit einem von Source oder Drain des Rücksetz-Transistors **2804** verbunden. Außerdem entsprechen Teile dieser Bereiche dem Signalladungssammlungsteil.

[0167] Die Elektronenzahl bei Sättigung ist einer der wichtigen Parameter, die eine Bilderfassungs-Fähigkeit eines CCD-Sensors oder eines CMOS-Sensors bestimmen. Diese Elektronenzahl bei Sättigung entspricht der maximalen Ladungsmenge, die im Signalladungssammlungsteil (FD) im Bildpunkt im CMOS-Sensor gehalten werden kann.

[0168] Wenn die Ladung, die aus einer Kapazität (C) des Signalladungssammlungsteils (FD) durch einen Reststrom im ausgeschalteten Zustand (loff) des Transistors in einer Ladungs-Halteperiode (Δt) verloren geht, kleiner ist als die Ladung, die der Spannung (ΔV) für einen Grauwert entspricht, kann eine Ladungs-Haltung durchgeführt werden, die keinen Einfluss auf das Aufnehmen eines Bildes hat. Ein Vergleichsausdruck eines Kapazitätswertes des Signalladungssammlungsteils (FD) und des Reststroms im ausgeschalteten Zustand (loff) erfüllt zu diesem Zeitpunkt $loff < C \cdot \Delta V / \Delta t$.

[0169] Außerdem werden in dem Fall, dass ein 10-Bit-Grauwert ausgedrückt wird, mindestens 1023 Elektronen benötigt. Wenn der 10-Bit-Grauwert unter Verwendung von 1023 Elektronen ausgedrückt wird, erhöht sich die Wirkung eines Fehlers, und der Einfluss von Rauschen erscheint stark. Wenn die Elektronenzahl bei Sättigung sehr klein ist, ist der Einfluss eines optischen Schrotrauschen am stärksten, wodurch ein statistischer Fehler die Quadratwurzel aus 1023 ist. Die zum Ausdrücken eines Grauwertes verwendete Anzahl von Elektronen wird ungefähr mehrmals so groß wie die minimale Elektronenzahl gemacht, wodurch der Einfluss des optischen Schrotrauschen verringert werden kann. Daher kann mit steigender Sättigungs-Elektronenzahl der Einfluss des Rauschens verringert werden.

[0170] In dem Fall, in dem jedes Element miniaturisiert wird, um die Bildpunkt-Fläche zu verringern, verringert sich folglich ein Kapazitätswert ebenfalls; daher wird die Sättigungs-Elektronenzahl verringert und es liegt ein starker Einfluss des Rauschens vor.

[0171] In einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird ein Transistor, der unter Verwendung eines Oxid-Halbleiters ausgebildet ist und der einen sehr geringen Reststrom im ausgeschalteten Zustand aufweist, als Bildpunkt benutzt; daher ist es nicht erforderlich, die Elektronenzahl bei Sättigung zu berücksichtigen. Folglich wird der Bildpunkt leicht miniaturisiert. Außerdem kann im Vergleich zu dem Fall, in dem ein Transistor, der unter Verwendung eines Silizium-Halbleiters ausgebildet ist, in einem Bildpunkt verwendet wird, die Widerstandsfähigkeit gegen Rauschen in einem Bildpunkt mit derselben Größe verbessert werden.

[0172] Diese Ausführungsform kann in Kombination mit jeder der anderen Ausführungsformen oder der Beispiele soweit erforderlich umgesetzt werden.

(Ausführungsform 3)

[0173] In dieser Ausführungsform wird ein Aufbau eines Bildpunkt-Schaltkreises eines Halbleiterbauelementes, das eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist, beschrieben.

[0174] In einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung können verschiedene Strukturen für den Bildpunkt-Schaltkreis des Halbleiterbauelementes benutzt werden. Obwohl zur Beschreibung der Ausführungsformen 1 und 2 ein Beispiel auf der Grundlage der in [Fig. 1](#) gezeigten Bildpunkt-Schaltkreis-Konfiguration benutzt wird, wird in dieser Ausführungsform eine andere Bildpunkt-Schaltkreis-Konfiguration beschrieben.

[0175] Man beachte, dass Transistoren und Verdrahtungen in dieser Ausführungsform aus Gründen der Zweckmäßigkeit benannt sind. Jeder beliebige Name ist akzeptierbar, solange Funktionen der Transistoren und Verdrahtungen beschrieben werden.

[0176] [Fig. 18](#) zeigt eine Bildpunkt-Schaltkreis-Konfiguration von vier Transistoren, die der in [Fig. 1](#) ähnlich ist. Ein Bildpunkt-Schaltkreis ist mit einer Fotodiode **1601**, einem Verstärkungs-Transistor **1602**, einem Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistor **1603**, einem Rücksetz-Transistor **1604** und einem Auswahl-Transistor **1605** ausgebildet. Die Schaltkreis Konfiguration von [Fig. 18](#) unterscheidet sich von der in [Fig. 1](#) durch die Position des Auswahl-Transistors **1605**.

[0177] Ein Gate des Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistors **1603** ist mit der Ladungssammlungs-Steuersignalleitung **1613** verbunden, eines von Source oder Drain des Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistors **1603** ist mit einer Katode der Fotodiode **1601** verbunden, und das andere von Source oder Drain des Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistors **1603** ist mit einem Signalladungssammlungsteil **1612** verbunden. Eine Anode der Fotodiode **1601** ist mit einer Massepotential-Leitung **1631** verbunden.

[0178] Ein Gate des Verstärkungs-Transistors **1602** ist mit dem Signalladungssammlungsteil **1612** verbunden, eines von Source und Drain des Verstärkungs-Transistors **1602** ist mit einem von Source und Drain des Auswahl-Transistors **1605** verbunden, und das andere von Source und Drain des Verstärkungs-Transistors **1602** ist mit einer Ausgangssignal-Leitung **1620** verbunden.

[0179] Ein Gate des Rücksetz-Transistors **1604** ist mit einer Rücksetz-Signalleitung **1614** verbunden, eines von Source und Drain des Rücksetz-Transistors **1604** ist mit einer Stromversorgungsleitung **1630** verbunden, und das andere von Source und Drain des Rücksetz-Transistors **1604** ist mit dem Signalladungssammlungsteil **1612** verbunden.

[0180] Ein Gate des Auswahl-Transistors **1605** ist mit einer Auswahl-Signalleitung **1615** verbunden, und das andere von Source und Drain des Auswahl-Transistors **1605** ist mit der Stromversorgungsleitung

1630 verbunden. Hier kann ein Ladungs-Halte-Kondensator zwischen dem Signalladungssammlungsteil **1612** und der Massepotential-Leitung **1631** angegeschlossen sein.

[0181] Als Nächstes werden Funktionen der Elemente beschrieben, die den Bildpunkt-Schaltkreis in [Fig. 18](#) ausbilden. Die Fotodiode **1601** erzeugt Strom entsprechend der Lichtmenge, die auf den Bildpunkt einfällt. Der Verstärkungs-Transistor **1602** gibt ein Signal aus, das einem Potential des Signalladungssammlungsteils **1612** entspricht. Der Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistor **1603** steuert die Ansammlung von Ladung im Signalladungssammlungsteil **1612**, die von der Fotodiode **1601** durchgeführt wird. Der Rücksetz-Transistor **1604** steuert die Initialisierung des Potentials des Signalladungssammlungsteils **1612**. Der Auswahl-Transistor **1605** steuert die Auswahl des Bildpunktes beim Auslesen. Der Signalladungssammlungsteil **1612** ist ein Ladungs-Halte-Knoten und hält die Ladung, die abhängig von der durch die Fotodiode **1601** empfangenen Lichtmenge variiert.

[0182] Die Ladungssammlungs-Steuersignalleitung **1613** ist eine Signalleitung, die den Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistor **1603** steuert. Die Rücksetz-Signalleitung **1614** ist eine Signalleitung, die den Rücksetz-Transistor **1604** steuert. Die Auswahl-Signalleitung **1615** ist eine Signalleitung, die den Auswahl-Transistor **1605** steuert. Die Ausgangssignal-Leitung **1620** ist eine Signalleitung, die als Ausgabeziel für ein Signal dient, das vom Verstärkungs-Transistor **1602** erzeugt wird. Die Stromversorgungsleitung **1630** ist eine Signalleitung, welche die Versorgungsspannung liefert. Die Massepotential-Leitung **1631** ist eine Signalleitung, die ein Referenzpotential festlegt.

[0183] Der Betrieb des in [Fig. 18](#) gezeigten Bildpunkt-Schaltkreises ist ähnlich dem Betrieb des in [Fig. 1](#) gezeigten Bildpunkt-Schaltkreises, der in Ausführungsform 1 beschrieben wird.

[0184] Als Nächstes wird eine Konfiguration eines Bildpunkt-Schaltkreises mit drei Transistoren beschrieben, die in [Fig. 19](#) gezeigt ist. Ein Bildpunkt-Schaltkreis ist mit einer Fotodiode **1701**, einem Verstärkungs-Transistor **1702**, einem Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistor **1703** und einem Rücksetz-Transistor **1704** ausgebildet.

[0185] Ein Gate des Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistors **1703** ist mit einer Ladungssammlungs-Steuersignalleitung **1713** verbunden, eines von Source oder Drain des Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistors **1703** ist mit einer Katode der Fotodiode **1701** verbunden, und das andere von Source oder Drain des Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistors **1703** ist mit einem Signalladungssammlungsteil **1712** verbunden. Hier kann ein Ladungs-Halte-Kondensator zwischen dem Signalladungssammlungsteil **1712** und der Massepotential-Leitung **1731** angegeschlossen sein.

lungsteil **1712** verbunden. Eine Anode der Fotodiode **1701** ist mit einer Massepotential-Leitung **1731** verbunden.

[0186] Ein Gate des Verstärkungs-Transistors **1702** ist mit dem Signalladungssammlungsteil **1712** verbunden, eines von Source und Drain des Verstärkungs-Transistors **1702** ist mit einer Stromversorgungsleitung **1730** verbunden, und das andere von Source und Drain des Verstärkungs-Transistors **1702** ist mit der Ausgangssignal-Leitung **1720** verbunden.

[0187] Ein Gate des Rücksetz-Transistors **1704** ist mit einer Rücksetz-Signalleitung **1714** verbunden, eines von Source und Drain des Rücksetz-Transistors **1704** ist mit einer Stromversorgungsleitung **1730** verbunden, und das andere von Source und Drain des Rücksetz-Transistors **1704** ist mit dem Signalladungssammlungsteil **1712** verbunden. Hier kann ein Ladungs-Halte-Kondensator zwischen dem Signalladungssammlungsteil **1712** und der Massepotential-Leitung **1731** angeschlossen sein.

[0188] Als Nächstes werden Funktionen der Elemente beschrieben, die den Bildpunkt-Schaltkreis in [Fig. 19](#) ausbilden. Die Fotodiode **1701** erzeugt Strom entsprechend der Lichtmenge, die auf den Bildpunkt einfällt. Der Verstärkungs-Transistor **1702** gibt ein Signal aus, das einem Potential des Signalladungssammlungsteils **1712** entspricht. Der Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistor **1703** steuert die Ansammlung von Ladung im Signalladungssammlungsteil **1712**, die von der Fotodiode **1701** durchgeführt wird. Der Rücksetz-Transistor **1704** steuert die Initialisierung des Potentials des Signalladungssammlungsteils **1712**. Der Signalladungssammlungsteil **1712** ist ein Ladungs-Halte-Knoten und hält die Ladung, die abhängig von der durch die Fotodiode **1701** empfangenen Lichtmenge variiert.

[0189] Die Ladungssammlungs-Steuersignalleitung **1713** ist eine Signalleitung, die den Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistor **1703** steuert. Die Rücksetz-Signalleitung **1714** ist eine Signalleitung, die den Rücksetz-Transistor **1704** steuert. Die Ausgangssignal-Leitung **1720** ist eine Signalleitung, die als Ausgabeziel für ein Signal dient, das vom Verstärkungs-Transistor **1702** erzeugt wird. Die Stromversorgungsleitung **1730** ist eine Signalleitung, welche die Versorgungsspannung liefert. Die Massepotential-Leitung **1731** ist eine Signalleitung, die ein Referenzpotential festlegt.

[0190] Eine Konfiguration eines Bildpunkt-Schaltkreises mit drei Transistoren, die sich von der in [Fig. 19](#) unterscheidet, ist in [Fig. 20](#) gezeigt. Ein Bildpunkt-Schaltkreis ist mit einer Fotodiode **3801**, einem Verstärkungs-Transistor **3802**, einem Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistor **3803** und einem Rücksetz-Transistor **3804** ausgebildet.

[0191] Ein Gate des Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistors **3803** ist mit einer Ladungssammlungs-Steuersignalleitung **3813** verbunden, eines von Source oder Drain des Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistors **3803** ist mit einer Katode der Fotodiode **3801** verbunden, und das andere von Source oder Drain des Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistors **3803** ist mit einem Signalladungssammlungsteil **3812** verbunden. Eine Anode der Fotodiode **3801** ist mit einer Massepotential-Leitung **3831** verbunden.

[0192] Ein Gate des Verstärkungs-Transistors **3802** ist mit dem Signalladungssammlungsteil **3812** verbunden, eines von Source und Drain des Verstärkungs-Transistors **3802** ist mit einer Stromversorgungsleitung **3830** verbunden, und das andere von Source und Drain des Verstärkungs-Transistors **3802** ist mit der Ausgangssignal-Leitung **3820** verbunden.

[0193] Ein Gate des Rücksetz-Transistors **3804** ist mit einer Rücksetz-Signalleitung **3814** verbunden, eines von Source und Drain des Rücksetz-Transistors **3804** ist mit einer Rücksetz-Stromversorgungsleitung **3832** verbunden, und das andere von Source und Drain des Rücksetz-Transistors **3804** ist mit dem Signalladungssammlungsteil **3812** verbunden. Hier kann ein Ladungs-Halte-Kondensator zwischen dem Signalladungssammlungsteil **3812** und der Massepotential-Leitung **3831** angeschlossen sein.

[0194] Als Nächstes werden Funktionen der Elemente beschrieben, die den Bildpunkt-Schaltkreis in [Fig. 20](#) ausbilden. Die Fotodiode **3801** erzeugt Strom entsprechend der Lichtmenge, die auf den Bildpunkt einfällt. Der Verstärkungs-Transistor **3802** gibt ein Signal aus, das einem Potential des Signalladungssammlungsteils **3812** entspricht. Der Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistor **3803** steuert die Ansammlung von Ladung im Signalladungssammlungsteil **3812**, die von der Fotodiode **3801** durchgeführt wird. Der Rücksetz-Transistor **3804** steuert die Initialisierung des Potentials des Signalladungssammlungsteils **3812**. Der Signalladungssammlungsteil **3812** ist ein Ladungs-Halte-Knoten und hält die Ladung, die abhängig von der durch die Fotodiode **3801** empfangenen Lichtmenge variiert.

[0195] Die Ladungssammlungs-Steuersignalleitung **3813** ist eine Signalleitung, die den Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistor **3803** steuert. Die Rücksetz-Signalleitung **3814** ist eine Signalleitung, die den Rücksetz-Transistor **3804** steuert. Die Ausgangssignal-Leitung **3820** ist eine Signalleitung, die als Ausgabeziel für ein Signal dient, das vom Verstärkungs-Transistor **3802** erzeugt wird. Die Rücksetz-Stromversorgungsleitung **3832** ist eine Stromversorgungsleitung, die sich von der Stromversorgungsleitung **3830** unterscheidet, und die Rücksetz-Stromversorgungsleitung **3832** kann das Potential des Signal-

ladungssammlungssteils **3812** initialisieren, das sich von dem Potential der Stromversorgungsleitung **3830** unterscheidet. Die Stromversorgungsleitung **3830** ist eine Signalleitung, welche die Versorgungsspannung liefert. Die Massepotential-Leitung **3831** ist eine Signalleitung, die ein Referenzpotential festlegt.

[0196] Als Nächstes werden die Funktionen der Bildpunkt-Schaltkreise in [Fig. 19](#) und [Fig. 20](#) unter Verwendung der in den [Fig. 21A](#) und [Fig. 21B](#) gezeigten Ablaufdiagramme beschrieben. Man beachte, dass der Betrieb des in [Fig. 19](#) gezeigten Schaltkreises im Wesentlichen dasselbe ist wie der in [Fig. 20](#); daher wird hier die Struktur aus [Fig. 19](#) beschrieben.

[0197] Für eine einfache Beschreibung in den [Fig. 21A](#) und [Fig. 21B](#) werden ein Potential **3913** der Ladungssammlungs-Steuersignalleitung und ein Potential **3914** der Rücksetz-Signalleitung als Signale vorgesehen, die zwischen zwei Pegeln variieren. Man beachte, dass weil jedes Potential ein analoges Signal ist, das Potential in der Praxis entsprechend der Situationen verschiedene Pegel aufweisen kann, ohne auf zwei Pegel begrenzt zu sein.

[0198] Zuerst wird eine Betriebsart entsprechend [Fig. 21A](#) beschrieben.

[0199] Das Potential **3913** der Ladungssammlungs-Steuersignalleitung **1713** wird zum Zeitpunkt **3930** auf High-Pegel gelegt. Als Nächstes wird, wenn das Potential **3914** der Rücksetzsignal-Leitung **1714** zum Zeitpunkt **3931** erneut auf High-Pegel gelegt wird, ein Potential der Stromversorgungsleitung **1730**, die mit einem von Source und Drain des Rücksetz-Transistors **1704** verbunden ist, als Potential **3912** des Signalladungssammlungssteils **1712** geliefert. Diese Schritte werden als Rücksetz-Operation bezeichnet.

[0200] Wenn das Potential **3914** der Rücksetzsignal-Leitung **1714** zum Zeitpunkt **3932** auf Low-Pegel gelegt wird, hält das Potential **3912** des Signalladungssammlungssteils **1712** dasselbe Potential wie das Potential der Stromversorgungsleitung **1730**, wodurch eine Sperrspannung in Rückwärtsrichtung an die Fotodiode **1701** angelegt wird. In dieser Stufe beginnt die Sammlungsoperation.

[0201] Weil der Sperrstrom, welcher der Lichtmenge entspricht, zur Fotodiode **1701** fließt, variiert die im Signalladungssammlungsteil **1712** gesammelte Ladung entsprechend der Lichtmenge. Gleichzeitig wird die Ladung von der Stromversorgungsleitung **1730** zur Ausgangssignal-Leitung **1720** entsprechend dem Potential **3912** des Signalladungssammlungssteils **1712** geliefert. In dieser Stufe beginnt die Leseoperation.

[0202] Wenn das Potential **3913** der Ladungssammlungs-Steuersignalleitung **1713** zum Zeitpunkt **3933**

auf einen Low-Pegel gelegt wird, hält die Übertragung von Ladung vom Signalladungssammlungssteil **1712** zur Fotodiode **1701** an, wodurch die im Signalladungssammlungssteil **1712** gesammelte Ladungsmenge bestimmt wird. Hier ist die Sammlungsoperation beendet.

[0203] Dann wird die Lieferung der Ladung von der Stromversorgungsleitung **1730** zur Ausgangssignal-Leitung **1720** angehalten, und ein Potential **3920** der Ausgangssignal-Leitung wird bestimmt. Hier ist die Leseoperation beendet.

[0204] Als Nächstes wird eine Betriebsart entsprechend [Fig. 21B](#) beschrieben.

[0205] Das Potential **3913** der Ladungssammlungs-Steuersignalleitung **1713** wird zum Zeitpunkt **3930** auf High-Pegel gelegt. Als Nächstes wird, wenn das Potential **3914** der Rücksetzsignal-Leitung **1714** zum Zeitpunkt **3931** auf High-Pegel gelegt wird, das Potential **3912** des Signalladungssammlungssteils **1712** und ein Potential der Katode der Fotodiode **1701** auf das Potential der Stromversorgungsleitung **1730** initialisiert, die mit einem von Source und Drain des Rücksetz-Transistors **1704** verbunden ist. Diese Schritte werden als Rücksetz-Operation bezeichnet.

[0206] Wenn das Potential **3913** der Ladungssammlungs-Steuersignalleitung **1713** zum Zeitpunkt **3934** auf einen Low-Pegel gelegt wird, und dann das Potential **3914** der Rücksetzsignal-Leitung **1714** zum Zeitpunkt **3935** auf einen Low-Pegel gelegt wird, wird die Rücksetz-Operation beendet; folglich fließt ein Rückwärtsstrom, der der Lichtmenge entspricht, zur Fotodiode **1701**, an die die Sperrspannung in Rückwärtsrichtung angelegt ist, wodurch das Potential der Katode der Fotodiode **1701** variiert.

[0207] Wenn das Potential **3913** der Ladungssammlungs-Steuersignalleitung **1713** zum Zeitpunkt **3932** erneut auf einen High-Pegel gelegt wird, fließt durch die Potentialdifferenz zwischen dem Signalladungssammlungssteil **1712** und der Katode der Fotodiode **1701** ein Strom, und das Potential **3912** des Signalladungssammlungssteils **1712** variiert.

[0208] Die Schritte danach sind die gleichen wie die der Betriebsart nach [Fig. 21A](#).

[0209] Als Nächstes wird eine Konfiguration eines Bildpunkt-Schaltkreises mit drei Transistoren beschrieben, die sich von der oben beschriebenen unterscheidet, wie in [Fig. 22](#) gezeigt. Ein Bildpunkt-Schaltkreis wird mit einer Fotodiode **2001**, einem Verstärkungs-Transistor **2002**, einem Ladungssammlungs-Steuерungs-Transistor **2003** und einem Rücksetz-Transistor **2004** ausgebildet. Eine Anode der Fotodiode **2001** ist mit einer Massepotential-Leitung **2031** verbunden.

[0210] Ein Gate des Ladungssammlungs-Steuерungs-Transistors **2003** ist mit der Ladungssammlungs-Steuersignalleitung **2013** verbunden, eines von Source oder Drain des Ladungssammlungs-Steuерungs-Transistors **2003** ist mit einer Katode der Fotodiode **2001** verbunden, und das andere von Source oder Drain des Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistors **2003** ist mit einem Signalladungssammlungsteil **2012** verbunden.

[0211] Ein Gate des Verstärkungs-Transistors **2002** ist mit dem Signalladungssammlungsteil **2012** verbunden, eines von Source und Drain des Verstärkungs-Transistors **2002** ist mit einer Stromversorgungsleitung **2030** verbunden, und das andere von Source und Drain des Verstärkungs-Transistors **2002** ist mit einer Ausgangssignal-Leitung **2020** verbunden.

[0212] Ein Gate des Rücksetz-Transistors **2004** ist mit einer Rücksetzsignal-Leitung **2014** verbunden, eines von Source und Drain des Rücksetz-Transistors **2004** ist mit dem Signalladungssammlungsteil **2012** verbunden, und das andere von Source und Drain des Rücksetz-Transistors **2004** ist mit der Ausgangssignal-Leitung **2020** verbunden. Hier kann ein Ladungs-Halte-Kondensator zwischen dem Signalladungssammlungsteil **2012** und der Massepotential-Leitung **2031** angeschlossen sein.

[0213] Als Nächstes werden die Elemente beschrieben, die den Bildpunkt-Schaltkreis in [Fig. 22](#) ausbilden. Die Fotodiode **2001** erzeugt Strom entsprechend der Lichtmenge, die auf den Bildpunkt einfällt. Der Verstärkungs-Transistor **2002** gibt ein Signal aus, das einem Potential des Signalladungssammlungsteils **2012** entspricht. Der Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistor **2003** steuert die Ansammlung von Ladung im Signalladungssammlungsteil **2012**, die von der Fotodiode **2001** durchgeführt wird. Der Rücksetz-Transistor **2004** steuert die Initialisierung des Potentials des Signalladungssammlungsteils **2012**. Der Signalladungssammlungsteil **2012** ist ein Ladungs-Halte-Knoten und hält die Ladung, die abhängig von der durch die Fotodiode **2001** empfangenen Lichtmenge variiert.

[0214] Die Ladungssammlungs-Steuersignalleitung **2013** ist eine Signalleitung, die den Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistor **2003** steuert. Die Rücksetz-Signalleitung **2014** ist eine Signalleitung, die den Rücksetz-Transistor **2004** steuert. Die Ausgangssignal-Leitung **2020** ist eine Signalleitung, die als Ausgabeziel für ein Signal dient, das vom Verstärkungs-Transistor **2002** erzeugt wird. Die Stromversorgungsleitung **2030** ist eine Signalleitung, welche die Versorgungsspannung liefert. Die Massepotential-Leitung **2031** ist eine Signalleitung, die ein Referenzpotential festlegt.

[0215] Als Nächstes wird die Funktion des Bildpunkt-Schaltkreises in [Fig. 22](#) mit Bezug auf die in den [Fig. 23A](#) und [Fig. 23B](#) gezeigten Ablaufdiagramme beschrieben.

[0216] Für eine einfache Beschreibung in den [Fig. 23A](#) und [Fig. 23B](#) werden ein Potential **2113** der Ladungssammlungs-Steuersignalleitung **2013**, ein Potential **2114** der Rücksetz-Signalleitung **2014** als Signale vorgesehen, die zwischen zwei Pegeln variieren. Man beachte, dass weil jedes Potential ein analoges Signal ist, das Potential in der Praxis entsprechend der Situationen verschiedene Pegel aufweisen kann, ohne auf zwei Pegel begrenzt zu sein.

[0217] Zuerst wird eine Betriebsart entsprechend [Fig. 23A](#) beschrieben.

[0218] Das Potential **2113** der Ladungssammlungs-Steuersignalleitung **2013** wird zum Zeitpunkt **2130** auf High-Pegel gelegt. Als Nächstes wird, wenn das Potential **2114** der Rücksetzsignal-Leitung **2014** zum Zeitpunkt **2131** erneut auf High-Pegel gelegt wird, ein Rücksetz-Potential von einem Potential **2120** der Ausgangssignal-Leitung **2020**, die mit dem anderen von Source und Drain des Rücksetz-Transistors **2004** verbunden ist, zum Signalladungssammlungsteil **2012** als Potential **2112** des Signalladungssammlungsteils **2012** geliefert. Diese Schritte werden als Rücksetz-Operation bezeichnet.

[0219] Wenn das Potential **2114** der Rücksetzsignal-Leitung **2014** zum Zeitpunkt **2132** auf Low-Pegel gelegt wird, hält das Potential **2112** des Signalladungssammlungsteils **2012** das Rücksetz-Potential des Signalladungssammlungsteils **2012**, wodurch eine Sperrspannung in Rückwärtsrichtung an die Fotodiode **2001** angelegt wird. In dieser Stufe beginnt die Sammlungsoperation.

[0220] Weil der Sperrstrom, welcher der Lichtmenge entspricht, zur Fotodiode **2001** fließt, variiert die im Signalladungssammlungsteil **2012** gesammelte Ladung entsprechend der Lichtmenge. Gleichzeitig wird Ladung von der Stromversorgungsleitung **2030** zur Ausgangssignal-Leitung **2020** entsprechend dem Potential **2112** des Signalladungssammlungsteils **2012** geliefert. In dieser Stufe beginnt die Leseoperation.

[0221] Wenn das Potential **2113** der Ladungssammlungs-Steuersignalleitung **2013** zum Zeitpunkt **2133** auf einen Low-Pegel gelegt wird, hält die Übertragung von Ladung vom Signalladungssammlungsteil **2012** zur Fotodiode **2001** an, wodurch die im Signalladungssammlungsteil **2012** gesammelte Ladungsmenge bestimmt wird. Hier ist die Sammlungsoperation beendet.

[0222] Dann wird die Lieferung der Ladung von der Stromversorgungsleitung **2030** zur Ausgangssignal-

Leitung **2020** angehalten, und das Potential **2120** der Ausgangssignal-Leitung **2020** wird bestimmt. Hier ist die Leseoperation beendet.

[0223] Als Nächstes wird eine Betriebsart entsprechend [Fig. 23B](#) beschrieben.

[0224] Das Potential **2113** der Ladungssammlungs-Steuersignalleitung **2013** wird zum Zeitpunkt **2130** auf High-Pegel gelegt. Als Nächstes wird, wenn das Potential **2114** der Rücksetzsignal-Leitung **2014** zum Zeitpunkt **2131** auf High-Pegel gelegt wird, das Potential **2112** des Signalladungssammlungsteils **2012** und ein Potential der Katode der Fotodiode **2001** auf das Potential **2120** der Ausgangssignal-Leitung **2020** initialisiert, die mit dem anderen von Source und Drain des Rücksetz-Transistors **2004** verbunden ist. Diese Schritte werden als Rücksetz-Operation bezeichnet.

[0225] Wenn das Potential **2113** der Ladungssammlungs-Steuersignalleitung **2013** zum Zeitpunkt **2134** auf einen Low-Pegel gelegt wird, und dann das Potential **2114** der Rücksetzsignal-Leitung **2014** zum Zeitpunkt **2135** auf einen Low-Pegel gelegt wird, wird die Rücksetz-Operation beendet; folglich fließt ein Rückwärtsstrom, der der Lichtmenge entspricht, zur Fotodiode **2001**, an die die Sperrvorspannung in Rückwärtsrichtung angelegt ist, wodurch das Potential der Katode der Fotodiode **2001** variiert.

[0226] Wenn das Potential **2113** der Ladungssammlungs-Steuersignalleitung **2013** zum Zeitpunkt **2132** erneut auf einen High-Pegel gelegt wird, fließt durch die Potentialdifferenz zwischen dem Signalladungssammlungsteil **2012** und der Katode der Fotodiode **2001** ein Strom, und das Potential **2112** des Signalladungssammlungsteils **2012** variiert.

[0227] Die Schritte danach sind die gleichen wie die der Betriebsart nach [Fig. 23A](#).

[0228] Als Nächstes wird eine Konfiguration eines Bildpunkt-Schaltkreises mit drei Transistoren beschrieben, die sich von der oben beschriebenen unterscheidet, wie in [Fig. 24](#) gezeigt. Ein Bildpunkt-Schaltkreis wird mit einer Fotodiode **2201**, einem Verstärkungs-Transistor **2202**, einem Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistor **2203** und einem Auswahl-Transistor **2205** ausgebildet. Eine Anode der Fotodiode **2201** ist mit einer Rücksetzsignal-Leitung **2216** verbunden.

[0229] Ein Gate des Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistors **2203** ist mit der Ladungssammlungs-Steuersignalleitung **2213** verbunden, eines von Source oder Drain des Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistors **2203** ist mit einer Katode der Fotodiode **2201** verbunden, und das andere von Source oder Drain des Ladungssammlungs-Steuerungs-

Transistors **2203** ist mit einem Signalladungssammlungsteil **2212** verbunden.

[0230] Ein Gate des Verstärkungs-Transistors **2202** ist mit dem Signalladungssammlungsteil **2212** verbunden, eines von Source und Drain des Verstärkungs-Transistors **2202** ist mit einer Stromversorgungsleitung **2230** verbunden, und das andere von Source und Drain des Verstärkungs-Transistors **2202** ist mit einem von Source und Drain des Auswahl-Transistors **2205** verbunden.

[0231] Ein Gate des Auswahl-Transistors **2205** ist mit einer Auswahl-Signalleitung **2215** verbunden, und das andere von Source und Drain des Auswahl-Transistors **2205** ist mit einer Ausgangssignal-Leitung **2220** verbunden. Hier kann ein Ladungs-Halte-Kondensator zwischen dem Signalladungssammlungsteil **2212** und einer Massepotential-Leitung angeschlossen sein.

[0232] Als Nächstes werden die Elemente beschrieben, die den Bildpunkt-Schaltkreis in [Fig. 24](#) ausbilden. Die Fotodiode **2201** erzeugt Strom entsprechend der Lichtmenge, die auf den Bildpunkt einfällt. Der Verstärkungs-Transistor **2202** gibt ein Signal aus, das einem Potential des Signalladungssammlungsteils **2212** entspricht. Der Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistor **2203** steuert die Ansammlung von Ladung im Signalladungssammlungsteil **2212**, die von der Fotodiode **2201** durchgeführt wird. Der Auswahl-Transistor **2205** steuert die Auswahl des Bildpunktes beim Auslesen. Der Signalladungssammlungsteil **2212** ist ein Ladungs-Halte-Knoten und hält die Ladung, die abhängig von der durch die Fotodiode **2201** empfangenen Lichtmenge variiert.

[0233] Die Ladungssammlungs-Steuersignalleitung **2213** ist eine Signalleitung, die den Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistor **2203** steuert. Die Rücksetzsignal-Leitung **2216** ist eine Signalleitung, die ein Rücksetz-Potential an den Signalladungssammlungsteil **2212** liefert. Die Ausgangssignal-Leitung **2220** ist eine Signalleitung, die als Ausgabeziel für ein Signal dient, das vom Verstärkungs-Transistor **2202** erzeugt wird. Die Auswahlsignal-Leitung **2215** ist eine Signalleitung, die den Auswahl-Transistor **2205** steuert. Die Stromversorgungsleitung **2230** ist eine Signalleitung, welche die Versorgungsspannung liefert.

[0234] Als Nächstes werden die Funktionen der Bildpunkt-Schaltkreise in [Fig. 24](#) unter Verwendung der in den [Fig. 25A](#) und [Fig. 25B](#) gezeigten Ablaufdiagramme beschrieben.

[0235] Für eine einfache Beschreibung in den [Fig. 25A](#) und [Fig. 25B](#) werden ein Potential **2313** der Ladungssammlungs-Steuersignalleitung **2213**,

ein Potential **2316** der Rücksetz-Signalleitung **2216** und ein Potential **2315** der Auswahl-Signalleitung **2215** als Signale vorgesehen, die zwischen zwei Pegeln variieren. Man beachte, dass weil jedes Potential ein analoges Signal ist, das Potential in der Praxis entsprechend der Situationen verschiedene Pegel aufweisen kann, ohne auf zwei Pegel begrenzt zu sein.

[0236] Zuerst wird eine Betriebsart entsprechend [Fig. 25A](#) beschrieben.

[0237] Das Potential **2313** der Ladungssammelungs-Steuersignalleitung **2213** wird zum Zeitpunkt **2330** auf High-Pegel gelegt. Als Nächstes wird, wenn das Potential **2316** der Rücksetzsignal-Leitung **2216** zum Zeitpunkt **2331** auf High-Pegel gelegt wird, ein Potential **2312** des Signalladungssammlungsteils **2212** und ein Potential der Katode der Fotodiode **2201** auf das Potential initialisiert, das um die Vorwärtsspannung der Fotodiode **2201** kleiner ist als das Potential **2316** der Rücksetzsignal-Leitung **2216**. Diese Schritte werden als Rücksetz-Operation bezeichnet.

[0238] Wenn das Potential **2316** der Rücksetzsignal-Leitung **2216** zum Zeitpunkt **2332** auf Low-Pegel gelegt wird, wird das Potential **2312** des Signalladungssammlungsteils **2212** auf High-Pegel gehalten, wodurch eine Sperrvorspannung in Rückwärtsrichtung an die Fotodiode **2201** angelegt wird. In dieser Stufe beginnt die Sammlungsoperation.

[0239] Weil der Sperrstrom, welcher der Lichtmenge entspricht, zur Fotodiode **2201** fließt, variiert die im Signalladungssammlungsteil **2212** gesammelte Ladung entsprechend der Lichtmenge.

[0240] Wenn das Potential **2313** der Ladungssammelungs-Steuersignalleitung **2213** zum Zeitpunkt **2333** auf einen Low-Pegel gelegt wird, hält die Übertragung von Ladung vom Signalladungssammlungsteil **2212** zur Fotodiode **2201** an, wodurch die im Signalladungssammlungsteil **2212** gesammelte Ladungsmenge bestimmt wird. Hier ist die Sammlungsoperation beendet.

[0241] Wenn das Potential **2315** der Auswahl-Signalleitung **2215** zum Zeitpunkt **2334** auf einen High-Pegel gelegt wird, wird Ladung von der Stromversorgungsleitung **2230** zur Ausgangssignal-Leitung **2220** entsprechend dem Potential **2312** des Signalladungssammlungsteils **2212** geliefert. In dieser Stufe beginnt die Leseoperation.

[0242] Wenn das Potential **2315** der Auswahl-Signalleitung **2215** zum Zeitpunkt **2335** auf einen Low-Pegel gelegt wird, wird die Lieferung der Ladung von der Stromversorgungsleitung **2230** zur Ausgangssignal-Leitung **2220** angehalten, und ein Potenti-

al **2320** der Ausgangssignal-Leitung **2220** wird bestimmt. Hier ist die Leseoperation beendet.

[0243] Als Nächstes wird eine Betriebsart entsprechend [Fig. 25B](#) beschrieben.

[0244] Das Potential **2313** der Ladungssammelungs-Steuersignalleitung **2213** wird zum Zeitpunkt **2330** auf High-Pegel gelegt. Als Nächstes wird, wenn das Potential **2316** der Rücksetzsignal-Leitung **2216** zum Zeitpunkt **2331** auf High-Pegel gelegt wird, das Potential **2312** des Signalladungssammlungsteils **2212** und das Potential der Katode der Fotodiode **2201** auf das Rücksetz-Potential initialisiert, das um die Vorwärtsspannung der Fotodiode **2201** kleiner ist als das Potential **2316** der Rücksetzsignal-Leitung **2216**. Diese Schritte werden als Rücksetz-Operation bezeichnet.

[0245] Wenn das Potential **2313** der Ladungssammelungs-Steuersignalleitung **2213** zum Zeitpunkt **2336** auf einen Low-Pegel gelegt wird, und dann das Potential **2316** der Rücksetzsignal-Leitung **2216** zum Zeitpunkt **2337** auf einen Low-Pegel gelegt wird, wird die Rücksetz-Operation beendet; folglich fließt ein Rückwärtsstrom, der der Lichtmenge entspricht, zur Fotodiode **2201**, an die die Sperrvorspannung in Rückwärtsrichtung angelegt ist, wodurch das Potential der Katode der Fotodiode **2201** variiert.

[0246] Wenn das Potential **2313** der Ladungssammelungs-Steuersignalleitung **2213** zum Zeitpunkt **2332** erneut auf einen High-Pegel gelegt wird, fließt durch die Potentialdifferenz zwischen dem Signalladungssammlungsteil **2212** und der Katode der Fotodiode **2201** ein Strom, und das Potential **2312** des Signalladungssammlungsteils **2212** variiert.

[0247] Die Schritte danach sind die gleichen wie die der Betriebsart nach [Fig. 25A](#).

[0248] Als Nächstes wird eine Konfiguration eines Bildpunkt-Schaltkreises mit zwei Transistoren beschrieben, die in [Fig. 26](#) gezeigt ist.

[0249] Ein Bildpunkt-Schaltkreis ist mit einer Fotodiode **4401**, einem Verstärkungs-Transistor **4402** und einem Auswahl-Transistor **4405** ausgebildet.

[0250] Ein Gate des Verstärkungs-Transistors **4402** ist mit einem Signalladungssammelungs-Steuersignal-Teil **4412** verbunden, eines von Source und Drain des Verstärkungs-Transistors **4402** ist mit einer Stromversorgungsleitung **4430** verbunden, und das andere von Source und Drain des Verstärkungs-Transistors **4402** ist mit einem von Source und Drain des Auswahl-Transistors **4405** verbunden.

[0251] Ein Gate des Auswahl-Transistors **4405** ist mit einer Auswahl-Signalleitung **4415** verbunden,

und das andere von Source und Drain des Auswahl-Transistors **4405** ist mit einer Ausgangssignal-Leitung **4420** verbunden.

[0252] Eine Katode der Fotodiode **4401** ist mit dem Signalladungssammlungsteil **4412** verbunden, und eine Anode der Fotodiode **4401** ist mit einer Rücksetzsignal-Leitung **4416** verbunden. Hier kann ein Ladungs-Halte-Kondensator zwischen dem Signalladungssammlungsteil **4412** und einer Massepotential-Leitung angeschlossen sein.

[0253] Als Nächstes wird die Funktion eines Elements beschrieben, das in dem Bildpunkt-Schaltkreis in [Fig. 26](#) enthalten ist. Die Fotodiode **4401** erzeugt Strom entsprechend der Lichtmenge, die auf den Bildpunkt einfällt. Der Verstärkungs-Transistor **4402** gibt ein Signal aus, das dem Potential des Signalladungssammlungsteils **4412** entspricht. Der Auswahl-Transistor **4405** steuert die Auswahl des Bildpunktes beim Auslesen. Der Signalladungssammlungsteil **4412** ist ein Ladungs-Halte-Knoten und hält die Ladung, die abhängig von der durch die Fotodiode **4401** empfangenen Lichtmenge variiert.

[0254] Die Rücksetzsignal-Leitung **4416** ist eine Signalleitung, die ein Rücksetz-Potential an den Signalladungssammlungsteil **4412** liefert. Die Ausgangssignal-Leitung **4420** ist eine Signalleitung, die als Ausgabeziel für ein Signal dient, das vom Verstärkungs-Transistor **4402** erzeugt wird. Die Auswahlsignal-Leitung **4415** ist eine Signalleitung, die den Auswahl-Transistor **4405** steuert. Die Stromversorgungsleitung **4430** ist eine Signalleitung, welche die Versorgungsspannung liefert.

[0255] Als Nächstes werden die Funktionen der Bildpunkt-Schaltkreise in [Fig. 26](#) unter Verwendung der in [Fig. 27](#) gezeigten Ablaufdiagramme beschrieben.

[0256] Für eine einfache Beschreibung in [Fig. 27](#) werden ein Potential **3716** der Rücksetzsignal-Leitung **4416** und ein Potential **3715** der Auswahlsignal-Leitung **4415** als Signale vorgesehen, die zwischen zwei Pegeln variieren. Man beachte, dass weil jedes Potential ein analoges Signal ist, das Potential in der Praxis entsprechend der Situationen verschiedene Pegel aufweisen kann, ohne auf zwei Pegel begrenzt zu sein.

[0257] Wenn das Potential **3716** der Rücksetzsignal-Leitung **4416** zum Zeitpunkt **3730** auf High-Pegel gelegt wird, wird ein Potential **3712** des Signalladungssammlungsteils **4412** auf das Rücksetz-Potential initialisiert, das um die Vorwärtsspannung der Fotodiode **4401** kleiner ist als das Potential **3716** der Rücksetzsignal-Leitung **4416**. Diese Schritte werden als Rücksetz-Operation bezeichnet.

[0258] Wenn das Potential **3716** der Rücksetzsignal-Leitung **4416** zum Zeitpunkt **3731** auf Low-Pegel gelegt wird, hält das Potential **3712** des Signalladungssammlungsteils **4412** das Rücksetz-Potential, wodurch eine Sperrspannung in Rückwärtsrichtung an die Fotodiode **4401** angelegt wird. In dieser Stufe beginnt die Sammlungsoperation.

[0259] Weil der Sperrstrom, welcher der Lichtmenge entspricht, zur Fotodiode **4401** fließt, variiert die im Signalladungssammlungsteil **4412** gesammelte Ladung entsprechend der Lichtmenge.

[0260] Wenn das Potential **3715** der Auswahl-Signalleitung **4415** zum Zeitpunkt **3732** auf einen High-Pegel gelegt wird, wird Ladung von der Stromversorgungsleitung **4430** zur Ausgangssignal-Leitung **4420** entsprechend dem Potential **3712** des Signalladungssammlungsteils **4412** geliefert. In dieser Stufe beginnt die Leseoperation.

[0261] Wenn das Potential **3715** der Auswahl-Signalleitung **4415** zum Zeitpunkt **3733** auf einen Low-Pegel gelegt wird, hält die Übertragung von Ladung vom Signalladungssammlungsteil **4412** zur Fotodiode **4401** an, wodurch die im Signalladungssammlungsteil **4412** gesammelte Ladungsmenge bestimmt wird. Hier ist die Sammlungsoperation beendet.

[0262] Dann wird die Lieferung der Ladung von der Stromversorgungsleitung **4430** zur Ausgangssignal-Leitung **4420** angehalten, und ein Potential **3720** der Ausgangssignal-Leitung wird bestimmt. Hier ist die Leseoperation beendet.

[0263] Als Nächstes ist eine Konfiguration eines Bildpunkt-Schaltkreises mit einem Transistor in [Fig. 28](#) gezeigt. Der Bildpunkt-Schaltkreis enthält eine Fotodiode **2601**, einen Verstärkungs-Transistor **2602** und einen Kondensator **2606**.

[0264] Ein Gate des Verstärkungs-Transistors **2602** ist mit einem Signalladungssammlungsteil **2612** verbunden, eines von Source und Drain des Verstärkungs-Transistors **2602** ist mit einer Stromversorgungsleitung **2630** verbunden, und das andere von Source und Drain des Verstärkungs-Transistors **2602** ist mit einer Ausgangssignal-Leitung **2620** verbunden.

[0265] Eine Katode der Fotodiode **2601** ist mit dem Signalladungssammlungsteil **2612** verbunden, und eine Anode der Fotodiode **2601** ist mit einer Rücksetzsignal-Leitung **2616** verbunden. Einer der Anschlüsse des Kondensators **2606** ist mit dem Signalladungssammlungsteil **2612** verbunden, und der andere ist mit einer Auswahlsignal-Leitung **2615** verbunden. Hier ist ein Ladungs-Halte-Kondensator zwischen dem Signalladungssammlungsteil **2612** und einer Massepotential-Leitung angeschlossen.

[0266] Als Nächstes werden die Elemente beschrieben, die den Bildpunkt-Schaltkreis in [Fig. 28](#) ausbilden. Die Photodiode **2601** erzeugt Strom entsprechend der Lichtmenge, die auf den Bildpunkt einfällt. Der Verstärkungs-Transistor **2602** gibt ein Signal aus, das dem Potential des Signalladungssammlungsteils **2612** entspricht. Der Signalladungssammlungsteil **2612** ist ein Ladungs-Halte-Knoten und hält die Ladung, die abhängig von der durch die Photodiode **2601** empfangenen Lichtmenge variiert. Man beachte, dass die Auswahlsignal-Leitung **2615** das Potential des Signalladungssammlungsteils **2612** unter Verwendung von kapazitiver Kopplung steuert.

[0267] Die Rücksetzsignal-Leitung **2616** ist eine Signalleitung, die ein Rücksetz-Potential an den Signalladungssammlungsteil **2612** liefert. Die Ausgangssignal-Leitung **2620** ist eine Signalleitung, die als Ausgabeziel für ein Signal dient, das vom Verstärkungs-Transistor **2602** erzeugt wird. Die Auswahlsignal-Leitung **2615** ist eine Signalleitung, die den Kondensator **2606** steuert. Die Stromversorgungsleitung **2630** ist eine Signalleitung, welche die Versorgungsspannung liefert.

[0268] Als Nächstes werden die Funktionen der Bildpunkt-Schaltkreise in [Fig. 28](#) unter Verwendung der in [Fig. 29](#) gezeigten Ablaufdiagramme beschrieben.

[0269] Für eine einfache Beschreibung in [Fig. 29](#) werden ein Potential **2716** der Rücksetzsignal-Leitung **2616** und ein Potential **2715** der Auswahlsignal-Leitung **2615** als Signale vorgesehen, die zwischen zwei Pegeln variieren. Man beachte, dass weil jedes Potential ein analoges Signal ist, das Potential in der Praxis entsprechend der Situationen verschiedene Pegel aufweisen kann, ohne auf zwei Pegel begrenzt zu sein.

[0270] Wenn das Potential **2716** der Rücksetzsignal-Leitung **2616** zum Zeitpunkt **2730** auf High-Pegel gelegt wird, wird ein Potential **2712** des Signalladungssammlungsteils **2612** auf das Rücksetz-Potential initialisiert, das um die Vorrwärtsspannung der Photodiode **2601** kleiner ist als das Potential **2716** der Rücksetzsignal-Leitung **2616**. Diese Schritte werden als Rücksetz-Operation bezeichnet.

[0271] Wenn das Potential **2716** der Rücksetzsignal-Leitung **2616** zum Zeitpunkt **2731** auf Low-Pegel gelegt wird, hält das Potential **2712** des Signalladungssammlungsteils **2612** das Rücksetz-Potential, wodurch eine Sperrspannung in Rückwärtsrichtung an die Photodiode **2601** angelegt wird.

[0272] In dieser Stufe beginnt die Sammlungsoperation.

[0273] Weil der Sperrstrom, welcher der Lichtmenge entspricht, zur Photodiode **2601** fließt, variiert die im

Signalladungssammlungsteil **2612** gesammelte Ladung entsprechend der Lichtmenge.

[0274] Das Potential **2715** der Auswahlsignal-Leitung **2615** wird zum Zeitpunkt **2732** auf High-Pegel gelegt, so dass das Potential **2712** des Signalladungssammlungsteils **2612** durch kapazitive Kopplung größer wird; folglich wird der Verstärkungs-Transistor **2602** eingeschaltet. Ferner wird Ladung von der Stromversorgungsleitung **2630** zur Ausgangssignal-Leitung **2620** entsprechend dem Potential **2712** des Signalladungssammlungsteils **2612** geliefert. In dieser Stufe beginnt die Leseoperation.

[0275] Wenn das Potential **2715** der Auswahl-Signalleitung **2615** zum Zeitpunkt **2733** auf einen Low-Pegel gelegt wird, wird das Potential **2712** des Signalladungssammlungsteils **2612** durch kapazitive Kopplung verringert, und die Übertragung von Ladung vom Signalladungssammlungsteil **2612** zur Photodiode **2601** hält an, wodurch die Menge der im Signalladungssammlungsteil **2612** gesammelten Ladung bestimmt wird. Hier ist die Sammlungsoperation beendet.

[0276] Dann wird die Lieferung der Ladung von der Stromversorgungsleitung **2630** zur Ausgangssignal-Leitung **2620** angehalten, und ein Potential **2720** der Ausgangssignal-Leitung wird bestimmt. Hier ist die Leseoperation beendet.

[0277] Man beachte, dass die Strukturen der Bildpunkt-Schaltkreise in [Fig. 26](#) und [Fig. 28](#) vorzugsweise eine Struktur zur Abschirmung des auf die Photodiode einfallenden Lichtes aufweisen, da bei den oben angegebenen Strukturen Ladung des Signalladungssammlungsteils durch die Photodiode abfließt.

[0278] Diese Ausführungsform kann in Kombination mit jeder der anderen Ausführungsformen oder der Beispiele soweit erforderlich umgesetzt werden.

(Ausführungsform 4)

[0279] In dieser Ausführungsform werden Bedingungen beschrieben, die durch einen Leckstrom eines für ein Halbleiterbauelement in einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendeten Transistors erforderlich sind.

[0280] Ein Transistor, der einen Silizium-Halbleiter enthält, weist einen hohen Reststrom im ausgeschalteten Zustand auf. In dem Fall, in dem ein CMOS-Sensor, der unter Verwendung des Transistors ausgebildet ist, mit Global Shutter betrieben wird, wird eine Ladungs-Halte-Periode, die endet, wenn die letzte Zeile gelesen wird, länger, und mehr Ladung fließt durch den Reststrom im ausgeschalteten Zustand in dieser Periode ab. Die Ladungsmenge wird geändert,

was als Änderung des Grauwertes eines Bildes erscheint, und es wird kein normales Bild erhalten.

[0281] In dieser Ausführungsform werden für den Fall, in dem ein CMOS-Sensor mit Global Shutter verwendet wird, Bedingungen beschrieben, die für den Reststrom im ausgeschalteten Zustand eines Transistors, der mit einem Signalladungssammlungsteil in einem Bildpunkt verbunden ist, erforderlich sind.

[0282] Im Signalladungssammlungsteil (FD) gespeicherte Ladung geht durch den Reststrom im ausgeschalteten Zustand (I_{off}) des Transistors verloren, der mit dem Signalladungssammlungsteil (FD) verbunden ist. Die Menge der Änderungen der Ladung, die den Grauwert eines Bildes nicht beeinflusst, bedeutet, dass die Ladungsmenge (ΔQ_{FD}) in einer Ladungs-Halte-Periode (Δt) kleiner ist als die Ladungsmenge, die der Spannung (ΔV_{FD}) entspricht, die durch einen Grauwert der Kapazität (C_{FD}) des Signalladungssammlungsteils (FD) geändert wird. Der Zusammenhang zwischen dem Kapazitätswert (C_{FD}) des Signalladungssammlungsteils (FD) und dem Reststrom im ausgeschalteten Zustand (I_{off}) zu diesem Zeitpunkt wird durch Formel 1 ausgedrückt.

$$C_{FD} \cdot \Delta V_{FD} \geq I_{off} \cdot \Delta t = \Delta Q_{FD} \quad \text{Formel (1)}$$

[0283] Hier kann, wenn die maximale Spannung (V_{FD}) des Signalladungssammlungsteils (FD), ein Verhältnis (a) des effektiven Wertes bezogen auf eine Änderung eines Grauwertes und die Anzahl von n -Bit-Grauwerten (2^n) benutzt werden, die Spannung (ΔV_{FD}), die durch einen Grauwert geändert wird, durch Formel 2 ausgedrückt werden.

$$\Delta V_{FD} = V_{FD} \cdot a / 2^n \quad \text{Formel (2)}$$

[0284] Außerdem kann, wenn die Lade-Halte-Periode (Δt) maximal eine Lade-Halte-Periode für einen Rahmen benötigt, die Lade-Halte-Periode (t) durch Formel 3 ausgedrückt werden, wenn eine Bildfrequenz (f) benutzt wird.

$$\Delta t = 1/f \quad \text{Formel (3)}$$

[0285] Hier werden die Formeln 1, 2 und 3 umgestellt, und man erhält Formel 4.

$$2^n \leq C_{FD} \cdot V_{FD} \cdot f \cdot a / I_{off} \quad \text{Formel (4)}$$

[0286] [Fig. 37](#) ist ein Schaubild, das den Fall zeigt, in dem der Vergleichsausdruck aus Formel 4 mit einem Gleichheitszeichen ausgedrückt wird. Die vertikale Achse repräsentiert die Anzahl von Grauwerten (n) eines Bildes, und die horizontale Achse repräsentiert die Ladung Q_{FD} ($= C_{FD} \cdot V_{FD}$). Drei Kurven zeigen Zustände, in denen die Restströme im ausgeschalteten Zustand (I_{off}) des Transistors sich unterscheiden, und eine Kurve **1101** zeigt 1 [fA], eine Kurve

1102 zeigt 10 [fA], und eine Kurve **1103** zeigt 100 [fA]. Flächen unter der Kurve **1101**, der Kurve **1102**, bzw. der Kurve **1103** zeigen die Anzahl von Graustufen, die vorgesehen werden können. Man beachte, dass [Fig. 37](#) Berechnungsergebnisse für den Fall zeigt, dass die Beziehungen $f = 60$ [Hz] und $a = 50$ [%] erfüllt sind.

[0287] Aus [Fig. 37](#) und Formel 4 ergibt sich, dass die Anzahl von Graustufen (n) eines Bildes logarithmisch proportional zu der Kapazität (C_{FD}) und der Spannung (V_{FD}) ist. Eine Verringerung der Bildpunkt-Größe geht einher mit einer Verringerung der Kapazität (C_{FD}). Eine Verringerung des Leistungsverbrauchs geht einher mit einer Verringerung der Spannung (V_{FD}). Daher ist es erforderlich, den Reststrom im ausgeschalteten Zustand (I_{off}) zu verringern, um eine Verbesserung der Qualität eines Bildes, sowie eine Verringerung der Bildpunkt-Größe und des Leistungsverbrauchs zu realisieren. Das heißt, wenn der Reststrom im ausgeschalteten Zustand (I_{off}) verringert wird, können die Bildpunkt-Größe und der Leistungsverbrauch verringert werden; folglich kann ein Bildsensor vorgesehen werden, mit dem ein Bild mit hoher Qualität aufgenommen wird.

[0288] Als Beispiel wird ein Bildsensor genommen, bei dem die Beziehungen $C_{FD} = 20$ [fF] und $V_{FD} = 3$ [V] erfüllt sind. Es werden ein Punkt **1111** und ein Punkt **1113**, die dieser Bedingung entsprechen, in [Fig. 37](#) beschrieben. Die Anzahl von Graustufen n eines Bildes am Punkt **1113** ist 4,17 [Bit], während die Anzahl am Punkt **1111** 10,81 [Bit] beträgt. Daher ist es erforderlich, einen Transistor zu verwenden, dessen I_{off} ungefähr kleiner oder gleich 1 [fA] ist, um einen Bildsensor mit Global Shutter vorzusehen, bei dem die Beziehungen $C_{FD} = 20$ [fF] und $V_{FD} = 3$ [V] und $n = 10$ [Bit] erfüllt sind. Ein solcher Transistor mit einem sehr kleinen Reststrom im ausgeschalteten Zustand kann durch Verwendung eines Transistors vorgesehen werden, der einen Oxid-Halbleiter enthält.

[0289] Der minimale Wert der Ladungsmenge, die einem Grauwert entspricht ist idealerweise die Ladungsmenge eines Elektrons ($1e = 1,902 \times 10^{-19}$ [C]). Natürlich werden in der Praxis mehrere Elektronen benötigt, da das durch statistische Fehler, wie eine Änderung der Elektronenzahl, verursachte Rauschen in einem realen Halbleiterbauelement beseitigt werden sollte. Hier sollte, wenn eine ideale Grenze betrachtet wird, die Ladung (ΔQ_{FD}), die in der Ladungs-Halte-Periode verloren gehen kann, kleiner als die Ladungsmenge eines Elektrons ($1e$) sein. Folglich kann Formel 1 als Formel 5 ausgedrückt werden.

$$C_{FD} \cdot \Delta V_{FD} = 1e \geq I_{off} \cdot \Delta t \quad \text{Formel (5)}$$

[0290] Ferner kann Formel 5 als Formel 6 ausgedrückt werden. [Fig. 38](#) ist ein Schaubild, das den Fall zeigt, in dem der Vergleichsausdruck aus Formel 6

mit einem Gleichheitszeichen ausgedrückt wird. Die vertikale Achse repräsentiert den Reststrom im ausgeschalteten Zustand (I_{off}) des Transistors, und die horizontale Achse repräsentiert die Bildfrequenz (f). Zum Beispiel ist in dem Fall, in dem f 60 [Hz] ist, wie als Punkt 1201 in [Fig. 38](#) gezeigt, der erforderliche Reststrom im ausgeschalteten Zustand des Transistors kleiner oder gleich 0,01 [fA] ($= 1,902 \times 10^{-19} [C] \times 60 [Hz]$).

$$I_{off} \leq 1e/\Delta t = 1e \cdot f \quad \text{Formel (6)}$$

[0291] Das heißt um einen CMOS-Bildsensor mit Global Shutter zu realisieren, kann ein Transistor, dessen Reststrom im ausgeschalteten Zustand kleiner oder gleich 0,01 [fA] ist, als Transistor benutzt werden, der mit dem Signalladungssammlungsteil in dem Bildpunkt verbunden ist. Ein solcher Bildsensor wird realisierbar durch Verwendung eines Transistors, der einen Oxid-Halbleiter enthält, als Transistor, dessen Reststrom im ausgeschalteten Zustand sehr klein ist.

[0292] Diese Ausführungsform kann in Kombination mit jeder der anderen Ausführungsformen oder der Beispiele soweit erforderlich umgesetzt werden.

(Ausführungsform 5)

[0293] In dieser Ausführungsform wird ein Beispiel eines Transistors beschrieben, der einen Oxid-Halbleiter enthält.

[0294] Es besteht keine spezielle Einschränkung für den Aufbau eines Transistors, der einen Oxid-Halbleiter enthält, wie in dieser Beschreibung offenbart. Zum Beispiel kann ein gestapelter Transistor oder ein planarer Transistor eingesetzt werden, der einen Aufbau mit oben liegendem Gate oder einen Aufbau mit unten liegendem Gate aufweist. Ferner kann der Transistor einen Aufbau mit einem einzigen Gate, der einen Kanalbildungsbereich enthält, einen Aufbau mit doppeltem Gate, der zwei Kanalbildungsbereiche enthält, oder einen Aufbau mit dreifachem Gate, der drei Kanalbildungsbereiche enthält, aufweisen.

[0295] Die [Fig. 30A](#) bis [Fig. 30D](#) zeigen jeweils ein Beispiel eines Querschnitts des Aufbaus eines Transistors.

[0296] Die in den [Fig. 30A](#) bis [Fig. 30D](#) gezeigten Transistoren enthalten jeweils einen Oxid-Halbleiter. Ein Vorteil der Verwendung eines Oxid-Halbleiters ist, dass eine relativ hohe Beweglichkeit und ein sehr kleiner Reststrom im ausgeschalteten Zustand erhalten werden kann, natürlich können auch andere Halbleiter verwendet werden.

[0297] Ein in [Fig. 30A](#) gezeigter Transistor 3410 ist ein Transistor mit unten liegendem Gate, und wird auch als invertiert gestapelter (inverted staggered) Transistor bezeichnet.

[0298] Der Transistor 3410 enthält über einem Substrat 2400, das eine isolierende Oberfläche aufweist, eine Gate-Elektroden-Schicht 2401, eine Gate-Isolationsschicht 2402, eine Oxid-Halbleiter-Schicht 2403, eine Source-Elektroden-Schicht 2405a und eine Drain-Elektroden-Schicht 2405b. Eine Isolationssschicht 2407 und eine Schutz-Isolationsschicht 2409 sind so ausgebildet, dass sie diese bedecken.

[0299] Ein in [Fig. 30B](#) gezeigter Transistor 3420 ist ein Transistor mit unten liegendem Gate und wird auch als Transistor vom Kanal-schützenden Typ (channel-protective) und auch als invertiert gestapelter (inverted staggered) Transistor bezeichnet.

[0300] Der Transistor 3420 enthält über dem Substrat 2400, das eine isolierende Oberfläche aufweist, die Gate-Elektroden-Schicht 2401, die Gate-Isolationsschicht 2402, die Oxid-Halbleiter-Schicht 2403, eine Isolationsschicht 2427, die als Kanal-Schutzschicht funktioniert, die einen Kanalbildungsbereich der Oxid-Halbleiter-Schicht 2403 bedeckt, die Source-Elektroden-Schicht 2405a und die Drain-Elektroden-Schicht 2405b. Außerdem ist die Schutz-Isolationsschicht 2409 so ausgebildet, dass sie diese bedeckt.

[0301] Ein in [Fig. 30C](#) gezeigter Transistor 3430 ist ein Transistor mit unten liegendem Gate und enthält über dem Substrat 2400, das eine isolierende Oberfläche aufweist, die Gate-Elektroden-Schicht 2401, die Gate-Isolationsschicht 2402, die Source-Elektroden-Schicht 2405a, die Drain-Elektroden-Schicht 2405b und die Oxid-Halbleiter-Schicht 2403. Außerdem sind die Isolationsschicht 2407 und die Schutz-Isolationsschicht 2409 so ausgebildet, dass sie diese bedecken.

[0302] In dem Transistor 3430 ist die Gate-Isolationsschicht 2402 auf und in Kontakt mit dem Substrat 2400 vorgesehen, und die Gate-Elektroden-Schicht 2401 und die Source-Elektroden-Schicht 2405a und die Drain-Elektroden-Schicht 2405b sind auf und in Kontakt mit der Gate-Isolationsschicht 2402 vorgesehen. Ferner ist die Oxid-Halbleiter-Schicht 2403 über der Gate-Isolationsschicht 2402, der Source-Elektroden-Schicht 2405a und der Drain-Elektroden-Schicht 2405b vorgesehen.

[0303] Ein in [Fig. 30D](#) gezeigter Transistor ist ein Transistor mit oben liegendem Gate. Der Transistor 3440 enthält über dem Substrat 2400, das eine isolierende Oberfläche aufweist, eine Isolationsschicht 2437, die Oxid-Halbleiter-Schicht 2403, die Source-Elektroden-Schicht 2405a, die Drain-Elektroden-

Schicht **2405b**, die Gate-Isolationsschicht **2402** und die Gate-Elektroden-Schicht **2401**. Eine Verdrahtungsschicht **2436a** und eine Verdrahtungsschicht **2436b** sind vorgesehen, um in Kontakt mit der Source-Elektroden-Schicht **2405a**, bzw. der Drain-Elektroden-Schicht **2405b** und mit ihnen elektrisch verbunden zu sein.

[0304] In dieser Ausführungsform wird die Oxid-Halbleiter-Schicht **2403** als Halbleiterschicht benutzt, die in einem Transistor, wie oben beschrieben, enthalten ist. Als für die Oxid-Halbleiter-Schicht **2403** benutztes Oxid-Halbleitermaterial kann jedes der folgenden Metalloxide benutzt werden: ein auf In-Sn-Ga-Zn-O basierendes Metalloid, das ein Metalloid aus vier Komponenten ist; ein auf In-Ga-Zn-O basierendes Metalloid, ein auf In-Sn-Zn-O basierendes Metalloid, ein auf In-Al-Zn-O basierendes Metalloid, ein auf Sn-Ga-Zn-O basierendes Metalloid, ein auf Al-Ga-Zn-O basierendes Metalloid und ein auf Sn-Al-Zn-O basierendes Metalloid, bei denen es sich um ein Metalloid aus drei Komponenten handelt; ein auf In-Zn-O basierendes Metalloid, ein auf Sn-Zn-O basierendes Metalloid, ein auf Al-Zn-O basierendes Metalloid, ein auf Zn-Mg-O basierendes Metalloid, ein auf Sn-Mg-O basierendes Metalloid und ein auf In-Mg-O basierendes Metalloid, bei denen es sich um ein Metalloid aus zwei Komponenten handelt; ein auf In-O basierendes Metalloid; ein auf Sn-O basierendes Metalloid; und ein auf Zn-O basierendes Metalloid. Ferner kann in dem Oxid-Halbleiter Si enthalten sein. Hier ist zum Beispiel ein auf In-Ga-Zn-O basierender Oxid-Halbleiter ein Oxid, das mindestens In, Ga und Zn enthält, und es besteht keine spezielle Einschränkung für das Mischungsverhältnis. Ferner kann der auf In-Ga-Zn-O basierende Oxid-Halbleiter ein anderes Element als In, Ga und Zn enthalten.

[0305] Für die Oxid-Halbleiter-Schicht **2403** kann eine dünne Schicht verwendet werden, die durch die chemische Formel $\text{InMO}_3(\text{ZnO})_m$ ($m > 0$) dargestellt wird. Hier stellt M eines oder mehrere Metall-Elemente dar, die aus Zn, Ga, Al, Mn und Co ausgewählt sind. Zum Beispiel kann M Ga, Ga und Al, Ga und Mn, Ga und Co oder dergleichen sein.

[0306] Bei den Transistoren **3410**, **3420**, **3430** und **3440**, die jeweils die Oxid-Halbleiter-Schicht **2403** enthalten, kann der Wert des Stroms im ausgeschalteten Zustand (Reststrom im ausgeschalteten Zustand) klein sein. Folglich kann in dem Fall, in dem die Transistoren **3410**, **3420**, **3430** und **3440** mit einem Ladungs-Speicherungs-Knoten verbunden sind, das Fließen von Ladung so weit wie möglich verhindert werden.

[0307] Außerdem kann jeder der Transistoren **3410**, **3420**, **3430** und **3440**, die die Oxid-Halbleiter-Schicht **2403** enthalten, mit hoher Geschwindigkeit betrieben

werden, da sie eine Feldeffekt-Beweglichkeit erreichen, die relativ höher ist. Daher kann ein Ansteuerungs-Schaltkreis-Teil, mit dem ein Bildpunkt angesteuert wird, auf dem Substrat zum Beispiel einer Anzeigeeinrichtung, einer Bildaufnahmeeinrichtung oder dergleichen ausgebildet werden; daher kann die Anzahl von Bauelementen verringert werden.

[0308] Als Substrat **2400**, das eine isolierende Oberfläche aufweist, kann ein aus Barium-Borsilikatglas, Alumoborosilikatglas oder dergleichen ausgebildetes Glassubstrat verwendet werden.

[0309] In den Transistoren mit unten liegendem Gate **3410**, **3420** und **3430** kann eine Isolationsschicht, die als Basisschicht dient, zwischen dem Substrat und der Gate-Elektroden-Schicht vorgesehen sein. Die Basisschicht hat die Funktion, Diffusion eines Fremdelementes aus dem Substrat zu verhindern, und kann ausgebildet sein, einen Einschicht-Aufbau oder einen geschichteten Aufbau aufzuweisen, wobei ein oder mehrere Schichten benutzt werden, die aus einer Siliziumnitrid-Schicht, einer Siliziumoxid-Schicht, einer Silizium-Nitrid-Oxid-Schicht und einer Silizium-Oxinitrid-Schicht ausgewählt sind.

[0310] Die Gate-Elektroden-Schicht **2401** kann unter Verwendung eines Metall-Materials ausgebildet werden, wie Molybdän, Titan, Chrom, Tantal, Wolfram, Aluminium, Kupfer, Neodym oder Scandium oder eines Legierungsmaterials, das eines dieser Materialien als seine Hauptkomponente enthält. Die Gate-Elektroden-Schicht **2401** ist nicht auf eine einzige Schicht beschränkt, und es kann auch eine gestapelte Schicht aus mehreren dünnen Schichten verwendet werden.

[0311] Die Gate-Isolationsschicht **2402** kann durch ein Plasmagphasenabscheidungs-Verfahren, ein Sputter-Verfahren oder dergleichen ausgebildet sein, wobei eine Siliziumoxid-Schicht, eine Siliziumnitrid-Schicht, eine Silizium-Oxinitrid-Schicht, eine Silizium-Nitrid-Oxid-Schicht, eine Aluminiumoxid-Schicht, eine Aluminium-Nitrid-Schicht, eine Aluminium-Oxinitrid-Schicht, eine Aluminium-Nitrid-Oxid-Schicht oder eine Hafniumoxid-Schicht verwendet wird. Die Gate-Isolationsschicht **2402** ist nicht auf eine einzige Schicht beschränkt, und es kann auch eine gestapelte Schicht aus mehreren dünnen Schichten verwendet werden. Zum Beispiel wird durch ein Plasmagphasenabscheidungs-Verfahren eine Siliziumnitrid-Schicht (SiN_y ($y > 0$)) mit einer Dicke größer oder gleich 50 nm und kleiner oder gleich 200 nm als eine erste Gate-Isolationsschicht ausgebildet, und eine Siliziumoxid-Schicht (SiO_x ($x > 0$)) mit einer Dicke größer oder gleich 5 nm und kleiner oder gleich 200 nm wird als eine zweite Gate-Isolationsschicht über der ersten Gate-Isolationsschicht ausgebildet, so dass eine Gate-Isolationsschicht mit einer Gesamtdicke von 200 nm ausgebildet wird.

[0312] Als leitfähige Schicht, die für die Source-Elektroden-Schicht **2405a** und die Drain-Elektroden-Schicht **2405b** verwendet wird, kann zum Beispiel eine Schicht aus einem Element, das aus Al, Cr, Cu, Ta, Ti, Mo und W ausgewählt wird, eine Schicht aus einer Legierung, die eines dieser Elemente enthält, oder dergleichen verwendet werden. Alternativ kann ein Aufbau eingesetzt werden, bei dem eine Metallschicht mit hohem Schmelzpunkt aus Ti, Mo, W oder dergleichen über und/oder unter einer Metallschicht aus Al, Cu oder dergleichen gestapelt ist. Außerdem kann die Wärmebeständigkeit verbessert werden, indem ein Al-Material verwendet wird, dem ein Element (Si, Nd, Sc oder dergleichen) hinzugefügt wird, dass die Erzeugung einer Welle oder eines Whiskers in einer Al-Schicht verhindert.

[0313] Ein Material, das dem der Source-Elektroden-Schicht **2405a** und der Drain-Elektroden-Schicht **2405b** ähnlich ist, kann für eine leitfähige Schicht verwendet werden, wie die Verdrahtungsschicht **2436a** und die Verdrahtungsschicht **2436b**, die mit der Source-Elektroden-Schicht **2405a**, bzw. mit der Drain-Elektroden-Schicht **2405b** verbunden sind.

[0314] Alternativ kann die leitfähige Schicht, welche die Source-Elektroden-Schicht **2405a** und die Drain-Elektroden-Schicht **2405b** sein soll (einschließlich einer Verdrahtungsschicht, die unter Verwendung derselben Schicht wie die Source- und Drain-Elektroden-Schichten ausgebildet wird) unter Verwendung eines leitfähigen Metalloxides ausgebildet werden. Als leitfähiges Metalloid kann Indiumoxid (In_2O_3), Zinnoxid (SnO_2), Zinkoxid (ZnO), eine Indiumoxid-Zinnoxid-Legierung ($In_2O_3-SnO_2$, abgekürzt ITO), eine Indiumoxid-Zinkoxid-Legierung (In_2O_3-ZnO) oder ein beliebiges dieser Metalloid-Materialien, in denen Siliziumoxid enthalten ist, verwendet werden.

[0315] Als Isolationsschichten **2407**, **2427** und **2437** kann eine anorganische Isolationsschicht verwendet werden, für die eine Siliziumoxidschicht, eine Silizium-Oxinitrid-Schicht, eine Aluminiumoxid-Schicht und eine Aluminium-Oxinitrid-Schicht typische Beispiele sind.

[0316] Als Schutz-Isolationsschicht **2409** kann eine anorganische Isolationsschicht, wie eine Siliziumnitridschicht, eine Aluminiumnitrid-Schicht, eine Silizium-Nitrid-Oxid-Schicht oder eine Aluminium-Nitrid-Oxid-Schicht verwendet werden.

[0317] Eine Planarisierungs-Isolationsschicht kann über der Schutz-Isolationsschicht **2409** ausgebildet werden, um die Unebenheit der Oberfläche zu reduzieren, die durch den Aufbau des Transistors verursacht wird. Als Planarisierungs-Isolationsschicht kann ein organisches Material, wie Polyimid, Acryl oder Benzocyclobuten, verwendet werden. Anstelle solcher organischer Materialien kann auch ein Mate-

rial mit kleiner Dielektrizitätskonstante (Low-k-Material) oder dergleichen verwendet werden. Man beachte, dass die Planarisierungs-Isolationsschicht ausgebildet werden kann, indem eine Vielzahl von aus diesen Materialien ausgebildeten Isolationsschichten übereinander angeordnet wird.

[0318] Somit kann ein Hochleistungs-Halbleiterbauelement vorgesehen werden, indem ein Transistor verwendet wird, der eine in dieser Ausführungsform beschriebene Oxid-Halbleiter-Schicht enthält.

[0319] Diese Ausführungsform kann in geeigneter Kombination mit den in den anderen Ausführungsformen beschriebenen Strukturen realisiert werden.

(Ausführungsform 6)

[0320] In dieser Ausführungsform wird ein Beispiel für ein Verfahren zur Herstellung eines Transistors, der eine Oxid-Halbleiter-Schicht enthält, detailliert mit Bezug auf die Zeichnungen beschrieben.

[0321] Die [Fig. 31A](#) bis [Fig. 31E](#) sind Querschnitts-Ansichten, die ein Beispiel für einen Prozess zur Herstellung eines Transistors **2510** darstellen. Der Transistor **2510** ist ein invertiert gestapelter (inverted staggered) Transistor mit unten liegendem Gate, der dem in [Fig. 30A](#) gezeigten Transistor **3410** ähnlich ist.

[0322] Ein für eine Halbleiterschicht in dieser Ausführungsform benutzter Oxid-Halbleiter ist ein Oxid-Halbleiter vom i-Typ (intrinsisch) oder ein Oxid-Halbleiter, der im Wesentlichen vom i-Typ (intrinsisch) ist. Der Oxid-Halbleiter vom i-Typ (intrinsisch) oder der Oxid-Halbleiter, der im Wesentlichen vom i-Typ (intrinsisch) ist, wird auf die Weise erhalten, dass Wasserstoff, der als Donator dient, so weit wie möglich aus einem Oxid-Halbleiter entfernt wird, und der Oxid-Halbleiter wird hochgereinigt, so dass er so wenige Fremdatome enthält, die keine Hauptbestandteile des Oxid-Halbleiters sind, wie möglich. Mit anderen Worten ist es ein Merkmal, dass ein hochreiner Halbleiter vom i-Typ (intrinsisch) oder ein sehr nahe daran befindlicher Halbleiter erhalten wird, indem man nicht Fremdatome hinzufügt, sondern Fremdatome wie etwa Wasserstoff oder Wasser so weit wie möglich entfernt. Folglich ist die im Transistor **2510** enthaltene Oxid-Halbleiter-Schicht eine Oxid-Halbleiter-Schicht, die hochrein ist und so ausgeführt ist, dass sie elektrisch vom i-Typ (intrinsisch) ist.

[0323] Außerdem enthält ein gereinigter Oxid-Halbleiter extrem wenig Ladungsträger (annähernd Null), und die Ladungsträgerkonzentration ist kleiner als $1 \times 10^{14}/cm^3$, vorzugsweise kleiner als $1 \times 10^{12}/cm^3$ und noch bevorzugter $1 \times 10^{11}/cm^3$.

[0324] Weil der Oxid-Halbleiter extrem wenig Ladungsträger enthält, kann der Restrom im ausge-

schalteten Zustand eines Transistors verringert werden. Je kleiner der Reststrom im ausgeschalteten Zustand ist, umso besser.

[0325] Speziell kann in dem Transistor, der die Oxid-Halbleiter-Schicht enthält, die Stromdichte im ausgeschalteten Zustand pro Mikrometer in einer Kanalbreite bei Raumtemperatur kleiner oder gleich 10 aA/µm (1×10^{-17} A/µm), weiter kleiner oder gleich 1 aA/µm (1×10^{-18} A/µm) oder noch weiter kleiner oder gleich 10 zA/µm (1×10^{-20} A/µm) sein.

[0326] Außerdem wird bei dem Transistor **2510**, der die Oxid-Halbleiter-Schicht enthält, eine Temperaturabhängigkeit des Stroms im eingeschalteten Zustand kaum beobachtet, und die Änderungen des Reststroms im ausgeschalteten Zustand sind extrem klein.

[0327] Ein Prozess zur Herstellung des Transistors **2510** auf einem Substrat **2505** wird nachfolgend mit Bezug auf die [Fig. 31A](#) bis [Fig. 31E](#) beschrieben.

[0328] Zuerst wird eine leitfähige Schicht über dem Substrat **2505**, das eine isolierende Oberfläche aufweist, ausgebildet, und dann wird in einem ersten Fotolithographie-Schritt und einem Ätz-Schritt eine Gate-Elektroden-Schicht **2511** ausgebildet. Man beachte, dass eine Fotolack-Maske durch ein Tintenstrahldruckverfahren ausgebildet werden kann. Das Ausbilden der Fotolack-Maske durch ein Tintenstrahldruckverfahren erfordert keine Fotomaske; somit können die Herstellungskosten verringert werden.

[0329] Als Substrat **2505** mit isolierender Oberfläche kann ein Substrat ähnlich dem in Ausführungsform 5 beschriebenen Substrat **2400** verwendet werden. In dieser Ausführungsform wird ein Glassubstrat als Substrat **2505** verwendet.

[0330] Eine Isolationsschicht, die als Basisschicht dient, kann zwischen dem Substrat **2505** und der Gate-Elektroden-Schicht **2511** vorgesehen sein. Die Basisschicht hat die Funktion, Diffusion eines Fremdelementes aus dem Substrat **2505** zu verhindern, und kann ausgebildet sein, einen Einschicht-Aufbau oder einen geschichteten Aufbau aufzuweisen, wobei ein oder mehrere aus einer Siliziumnitrid-Schicht, einer Siliziumoxid-Schicht, einer Silizium-Nitrid-Oxid-Schicht und einer Silizium-Oxinitrid-Schicht benutzt werden.

[0331] Die Gate-Elektroden-Schicht **2511** kann unter Verwendung eines Metall-Materials ausgebildet werden, wie Molybdän, Titan, Tantal, Wolfram, Aluminium, Kupfer, Neodym oder Scandium oder eines Legierungsmaterials, das eines dieser Materialien als seine Hauptkomponente enthält. Die Gate-Elektroden-Schicht **2511** ist nicht auf eine einzige Schicht beschränkt, und es kann auch eine gestapel-

te Schicht aus mehreren unterschiedlichen dünnen Schichten verwendet werden.

[0332] Als Nächstes wird eine Gate-Isolationsschicht **2507** über der Gate-Elektroden-Schicht **2511** ausgebildet. Die Gate-Isolationsschicht **2507** kann durch ein Plasmagasphasenabscheidungs-Verfahren, ein Sputter-Verfahren oder dergleichen ausgebildet sein, wobei eine Siliziumoxid-Schicht, eine Siliziumnitrid-Schicht, eine Silizium-Oxinitrid-Schicht, eine Silizium-Nitrid-Oxid-Schicht, eine Aluminiumoxid-Schicht, eine Aluminium-Nitrid-Schicht, eine Aluminium-Oxinitrid-Schicht, eine Aluminium-Nitrid-Oxid-Schicht oder eine Hafniumoxid-Schicht verwendet wird. Die Gate-Isolationsschicht **2507** ist nicht auf eine einzige Schicht beschränkt, und es kann auch eine gestapelte Schicht aus mehreren dünnen Schichten verwendet werden.

[0333] Für den Oxid-Halbleiter in dieser Ausführungsform wird ein Oxid-Halbleiter verwendet, der durch Entfernen von Fremdatomen ausgeführt ist, ein Halbleiter vom i-Typ oder ein Halbleiter, der im Wesentlichen vom i-Typ ist, zu sein. Ein solcher hochreiner Oxid-Halbleiter reagiert hochempfindlich auf Grenzflächen-Zustände und Grenzflächenladungen; somit ist eine Grenzfläche zwischen der Oxid-Halbleiter-Schicht und der Gate-Isolationsschicht wichtig. Aus diesem Grund muss die Gate-Isolationsschicht, die in Kontakt mit einem hochreinen Oxid-Halbleiter steht, eine hohe Qualität aufweisen.

[0334] Zum Beispiel ist ein Hochdichte-Plasmagasphasenabscheidungs-Verfahren unter Verwendung von Mikrowellen (z. B. eine Frequenz von 2,45 GHz) vorzuziehen, weil eine dichte qualitativ hochwertige Isolationsschicht, die eine hohe Spannungsfestigkeit aufweist, ausgebildet werden kann. Der hochreine Oxid-Halbleiter und die qualitativ hochwertige Gate-Isolationsschicht stehen in engem Kontakt miteinander, wodurch der Grenzflächenzustand verringert werden kann und günstige Grenzflächeneigenschaften erhalten werden können.

[0335] Natürlich kann ein anderes Abscheidungsverfahren, wie etwa ein Sputter-Verfahren oder ein Plasmagasphasenabscheidungs-Verfahren verwendet werden, solange eine qualitativ hochwertige Isolationsschicht als Gate-Isolationsschicht ausgebildet werden kann. Ferner kann eine Isolationsschicht, deren Schichtqualität und Charakteristik der Grenzfläche zwischen der Isolationsschicht und einem Oxid-Halbleiter durch Wärmebehandlung verbessert werden, die nach dem Ausbilden der Isolationsschicht durchgeführt wird, als Gate-Isolationsschicht ausgebildet werden. In jedem Fall kann jede Isolationsschicht verwendet werden, solange die Isolationsschicht Charakteristiken aufweist, die Verringerung der Dichte von Grenzflächenzuständen der Grenzfläche zwischen der Isolationsschicht und einem Oxid-

Halbleiter zu ermöglichen und eine günstige Grenzfläche auszubilden, sowie eine günstige Schichtqualität als Gate-Isolationsschicht aufzuweisen. Ein Beispiel für die Verwendung eines Sputter-Verfahrens wird hier beschrieben.

[0336] Damit Wasserstoff, Hydroxyl und Feuchtigkeit in der Gate-Isolationsschicht **2507** und einer Oxid-Halbleiter-Schicht **2530** so wenig wie möglich vorhanden sind, ist es vorzuziehen, dass das Substrat **2505**, über dem die Gate-Elektroden-Schicht **2511** ausgebildet ist, oder das Substrat **2505**, über dem Schichten bis zur und einschließlich der Gate-Isolationsschicht **2507** ausgebildet sind, in einer Vorheiz-Kammer einer Sputter-Vorrichtung als Vorheizen vor der Abscheidung der Oxid-Halbleiter-Schicht **2530** vorgeheizt werden, so das am Substrat **2505** adsorbierte Fremdatome wie Wasserstoff oder Feuchtigkeit beseitigt und entfernt werden. Als Absaugeeinheit, die in der Vorheiz-Kammer vorgesehen ist, ist eine Kryopumpe vorzuziehen. Man beachte, dass diese Vorheizungs-Behandlung weggelassen werden kann. Diese Vorheizungs-Behandlung kann in gleicher Weise auf dem Substrat **2505** ausgeführt werden, über dem Schichten bis zu und einschließlich einer Source-Elektroden-Schicht **2515a** und einer Drain-Elektroden-Schicht **2515b** ausgebildet sind, bevor eine Isolationsschicht **2516** ausgebildet wird.

[0337] Als Nächstes wird die Oxid-Halbleiter-Schicht **2530** mit einer Dicke größer oder gleich 2 nm und kleiner oder gleich 200 nm, vorzugsweise größer als oder gleich 5 nm und kleiner als oder gleich 30 nm über der Gate-Isolationsschicht **2507** ausgebildet (siehe [Fig. 31A](#)).

[0338] Man beachte, dass bevor die Oxid-Halbleiter-Schicht **2530** durch ein Sputter-Verfahren ausgebildet wird, pulverförmige Substanzen (auch als Partikel oder Staub bezeichnet), die auf einer Oberfläche der Gate-Isolationsschicht **2507** anhaften, durch Absputtern entfernt werden, wobei Argongas eingeleitet und ein Plasma erzeugt wird. Absputtern bezeichnet ein Verfahren, bei dem eine HF-Stromversorgung dazu benutzt wird, an ein Substrat in einer Argon-Atmosphäre eine Spannung anzulegen, so dass das ionisierte Argon mit dem Substrat kollidiert, um eine Oberfläche zu verändern. Man beachte, dass anstelle von Argon Stickstoff, Helium, Sauerstoff oder der gleichen benutzt werden kann.

[0339] Als ein Oxid-Halbleiter, der für die Oxid-Halbleiter-Schicht **2530** benutzt wird, kann der in Ausführungsform 5 beschriebene Oxid-Halbleiter verwendet werden, wie etwa ein Vierkomponenten-Metalloxid, ein Dreikomponenten-Metalloxid, ein Zweikomponenten-Metalloxid, ein auf In-O basierendes Metalloxid, ein auf Sn-O basierendes Metalloxid oder ein auf Zn-O basierendes Metalloxid. Ferner kann in

dem Oxid-Halbleiter Si enthalten sein. In dieser Ausführungsform wird die Oxid-Halbleiter-Schicht **2530** durch ein Sputter-Verfahren abgeschieden, wobei ein auf In-Ga-Zn-O basierendes Oxid-Halbleiter-Target verwendet wird. Alternativ kann die Oxid-Halbleiter-Schicht **2530** durch ein Sputter-Verfahren in einer Edelgas-Atmosphäre (typischerweise Argon), einer Sauerstoff-Atmosphäre oder einer gemischten Atmosphäre, die ein Edelgas (typischerweise Argon) und Sauerstoff enthält, ausgebildet werden.

[0340] Als Target zum Ausbilden der Oxid-Halbleiter-Schicht **2530** durch ein Sputter-Verfahren kann zum Beispiel ein Metalloxid verwendet werden, das folgendes Zusammensetzungsvorhältnis aufweist: das Zusammensetzungsvorhältnis von $\text{In}_2\text{O}_3:\text{Ga}_2\text{O}_3:\text{ZnO}$ ist 1:1:1 [Molverhältnis]. Alternativ kann ein Metalloxid verwendet werden, das folgendes Zusammensetzungsvorhältnis aufweist: das Zusammensetzungsvorhältnis von $\text{In}_2\text{O}_3:\text{Ga}_2\text{O}_3:\text{ZnO}$ ist 1:1:2 [Molverhältnis]. Der Füllfaktor eines solchen Targets liegt zwischen 90% und einschließlich 100%, vorzugsweise 95% bis einschließlich 99,9%. Durch Verwendung eines Metalloxid-Targets mit hohem Füllfaktor weist die abgeschiedene Oxid-Halbleiter-Schicht eine hohe Dichte auf.

[0341] In dem Fall, in dem ein auf In-Zn-O basierendes Material als Oxid-Halbleiter benutzt wird, hat ein verwendetes Target ein Zusammensetzungsvorhältnis von $\text{In}:\text{Zn} = 50:1$ bis 1:2 in einem atomaren Verhältnis ($\text{In}_2\text{O}_3:\text{ZnO} = 25:1$ bis 1:4 in einem Molverhältnis), vorzugsweise $\text{In}:\text{Zn} = 20:1$ bis 1:1 in einem atomaren Verhältnis ($\text{In}_2\text{O}_3:\text{ZnO} = 10:1$ bis 1:2 in einem Molverhältnis), ferner vorzugsweise $\text{In}:\text{Zn} = 15:1$ bis 1,5:1 ($\text{In}_2\text{O}_3:\text{ZnO} = 15:2$ bis 3:4 in einem Molverhältnis). Zum Beispiel wird in einem Target, das zum Ausbilden eines auf In-Zn-O basierenden Oxid-Halbleiters verwendet wird, der ein Atomverhältnis von $\text{In}:\text{Zn}:\text{O} = X:Y:Z$ aufweist, die Beziehung $Z > 1,5X + Y$ erfüllt.

[0342] Es ist vorzuziehen, dass ein hochreines Gas, dessen Verunreinigungen, wie Wasserstoff, Wasser, Hydroxyl oder Hydrid entfernt sind, als Sputter-Gas zum Abscheiden der Oxid-Halbleiter-Schicht **2530** benutzt wird.

[0343] Das Substrat wird in einer Abscheidungskammer mit verringertem Druck platziert, und die Substrat-Temperatur wird auf eine Temperatur eingestellt, die größer oder gleich 100°C und kleiner oder gleich 600°C, vorzugsweise größer oder gleich 200°C und kleiner oder gleich 400°C ist. Durch Ausbilden der Oxid-Halbleiter-Schicht in einem Zustand, in dem das Substrat geheizt ist, kann die Konzentration von Fremdatomen in der ausgebildeten Oxid-Halbleiter-Schicht verringert werden. Außerdem wird die durch Sputtern verursachte Beschädigung der Schicht verringert. Die Oxid-Halbleiter-Schicht **2530** wird über

dem Substrat **2505** auf eine Weise ausgebildet, dass ein Sputter-Gas, aus dem Wasserstoff und Feuchtigkeit entfernt wurden, in die Abscheidungskammer eingeleitet wird, während darin verbliebene Feuchtigkeit entfernt wird und das oben beschriebene Target benutzt wird. Um die in der Abscheidungskammer verbliebene Feuchtigkeit zu entfernen, wird vorzugsweise eine Vakuumpumpe mit Fallen, zum Beispiel eine Kryopumpe, eine Ionenpumpe oder eine Titan-Sublimationspumpe benutzt. Als eine Absaugeinheit kann eine Turbomolekularpumpe benutzt werden, an der eine Kühlwanne angebracht ist. In der Abscheidungskammer, die mit der Kryopumpe ausgepumpt wird, werden ein Wasserstoff-Atom, eine chemische Verbindung, die ein Wasserstoff-Atom enthält, wie Wasser (H_2O), (noch bevorzugter auch eine chemische Verbindung, die ein Kohlenstoff-Atom enthält) und dergleichen entfernt, wodurch die Konzentration an Fremdatomen in der in der Abscheidungskammer ausgebildeten Oxid-Halbleiter-Schicht verringert werden kann.

[0344] Als ein Beispiel für die Abscheidungs-Bedingungen beträgt der Abstand zwischen Substrat und Target 100 mm, der Druck beträgt 0,6 Pa, die Gleichstrom-(DC)-Stromversorgung beträgt 0,5 kW, und die Atmosphäre ist eine Sauerstoff-Atmosphäre (der Anteil der Sauerstoff-Durchflussrate beträgt 100%). Man beachte, dass eine gepulste Gleichstromversorgung zu bevorzugen ist, da pulvormige Substanzen (auch als Partikel oder Staub bezeichnet), die bei der Abscheidung erzeugt werden, verringert werden können und die Schichtdicke gleichmäßig sein kann.

[0345] Dann wird die Oxid-Halbleiter-Schicht **2530** in einem zweiten Fotolithografie-Schritt und einem Ätz-Schritt zu einer inselförmigen Oxid-Halbleiter-Schicht bearbeitet. Hierbei kann eine Fotolack-Maske zum Ausbilden der inselförmigen Oxid-Halbleiter-Schicht durch ein Tintenstrahldruckverfahren ausgebildet werden. Das Ausbilden der Fotolack-Maske durch ein Tintenstrahldruckverfahren erfordert keine Fotomaske; somit können die Herstellungskosten verringert werden.

[0346] In dem Fall, in dem ein Kontaktloch in der Gate-Isolationsschicht **2507** ausgebildet wird, kann ein Schritt des Ausbildens des Kontaktlochs gleichzeitig wie die Verarbeitung der Oxid-Halbleiter-Schicht **2530** durchgeführt werden.

[0347] Man beachte, dass das Ätzen der Oxid-Halbleiter-Schicht **2530** mit Trockenätzungen, Nassätzungen oder sowohl mit Trockenätzungen als auch Nassätzungen erfolgen kann. Als Ätzmittel, das zum Nassätzen der Oxid-Halbleiter-Schicht **2530** verwendet wird, kann zum Beispiel eine gemischte Lösung aus Phosphorsäure, Essigsäure und Salpetersäure oder dergleichen benutzt werden. Alternativ kann ITO-07N (her-

gestellt von KANTO CHEMICAL CO., INC.) benutzt werden.

[0348] Als Nächstes wird die Oxid-Halbleiter-Schicht der ersten Wärmebehandlung ausgesetzt. Die Oxid-Halbleiter-Schicht kann durch diese erste Wärmebehandlung dehydratisiert oder dehydriert werden. Die erste Wärmebehandlung wird bei einer Temperatur durchgeführt, die größer oder gleich 400°C und kleiner oder gleich 750°C ist, alternativ größer oder gleich 400°C und kleiner als der Kühlpunkt des Substrats in einer Atmosphäre aus Stickstoff oder einem Edelgas wie etwa Helium, Neon oder Argon. Hierbei wird das Substrat in einen elektrischen Ofen eingebracht, der eine der Wärmebehandlungs-Vorrichtungen ist, und die Wärmebehandlung der Oxid-Halbleiter-Schicht wird bei 450°C für eine Stunde in Stickstoff-Atmosphäre durchgeführt; somit wird eine Oxid-Halbleiter-Schicht **2531** ausgebildet, die einer Dehydratisierung oder Dehydrierung ausgesetzt ist (siehe [Fig. 31B](#)).

[0349] Man beachte, dass eine Wärmebehandlungs-Vorrichtung nicht auf einen elektrischen Ofen begrenzt ist, und eine Einrichtung zum Heizen eines zu bearbeitenden Objektes durch Wärmeleitung oder Wärmestrahlung von einem Heizelement, wie etwa einem Widerstands-Heizelement, umfassen kann. Zum Beispiel kann eine RTA-Vorrichtung (rapid thermal anneal, schnelles thermisches Anlassen), wie etwa eine GRTA-Vorrichtung (gas rapid thermal anneal, schnelles thermisches Anlassen mit Gas) oder eine LRTA-Vorrichtung (lamp rapid thermal anneal, schnelles thermisches Anlassen mit Lampe), verwendet werden. Eine LRTA-Vorrichtung ist eine Vorrichtung zum Erhitzen eines zu verarbeitenden Objektes durch Lichtstrahlung (eine elektromagnetische Welle), die von einer Lampe abgestrahlt wird, wie etwa eine Halogenlampe, eine Metall-Halogenlampe, eine Xenonlampe, eine Kohlebogenlampe, eine Natriumdampf-Hochdrucklampe oder eine Quecksilberdampf-Hochdrucklampe. Eine GRTA-Vorrichtung ist eine Vorrichtung zur Wärmebehandlung, bei der ein Hochtemperatur-Gas benutzt wird. Als Hochtemperatur-Gas wird ein Edelgas, das nicht mit einem durch Wärmebehandlung zu verarbeitenden Objekt reagiert, wie etwa Stickstoff oder ein Edelgas wie Argon, verwendet.

[0350] Zum Beispiel kann als erste Wärmebehandlung GRTA wie folgt ausgeführt werden. Das Substrat wird transportiert und in ein Edelgas gebracht, das auf eine hohe Temperatur von 650°C bis einschließlich 700°C aufgeheizt ist, wird mehrere Minuten aufgeheizt und wird transportiert und aus dem auf hohe Temperatur aufgeheizten Edelgas herausgenommen.

[0351] Man beachte, dass es bei der ersten Wärmebehandlung vorzuziehen ist, dass Wasser, Was-

serstoff und dergleichen nicht in einem Edelgas enthalten ist, das in die Wärmebehandlungs-Vorrichtung eingeleitet wird. Alternativ ist die Reinheit des Edelgases vorzugsweise 6N (99,9999%) oder besser, noch mehr vorzuziehen ist 7N (99,9999%) oder besser (das heißt, die Konzentration der Verunreinigungen ist 1 ppm oder weniger, vorzugsweise 0,1 ppm oder weniger).

[0352] Ferner kann, nachdem die Oxid-Halbleiter-Schicht in der ersten Wärmebehandlung erhitzt wurde, ein hochreines Sauerstoff-Gas, ein hochreines N2O-Gas oder ultratrockene Luft (der Taupunkt ist kleiner oder gleich -40°C , vorzugsweise kleiner oder gleich -60°C) in denselben Ofen eingeleitet werden. Die Reinheit eines Sauerstoff-Gases oder eines N2O-Gas, das in die Wärmebehandlungs-Vorrichtung eingeleitet wird, ist vorzugsweise 6N oder besser, noch mehr vorzuziehen ist 7N oder besser (das heißt, die Konzentration der Verunreinigungen im Sauerstoff-Gas oder im N2O-Gas ist 1 ppm oder weniger, vorzugsweise 0,1 ppm oder weniger). Es ist vorzuziehen, dass insbesondere Wasser, Wasserstoff und dergleichen nicht in diesen Gasen enthalten ist. Durch die Wirkung des Sauerstoff-Gases oder des N2O-Gases kann Sauerstoff, der eine Hauptkomponente des Oxid-Halbleiters ist und der gleichzeitig in dem Schritt zum Entfernen von Verunreinigungen durch Dehydratisierung oder Dehydrierung beseitigt wurde, geliefert werden. Durch diesen Schritt kann die Oxid-Halbleiter-Schicht hochrein gemacht werden und zu einem elektrischen i-Typ-Oxid-Halbleiter (eigenleitend) gemacht werden.

[0353] Die erste Wärmebehandlung für die Oxid-Halbleiter-Schicht kann auf der Oxid-Halbleiter-Schicht **2530** ausgeführt werden, die noch nicht in eine inselförmige Oxid-Halbleiter-Schicht verarbeitet wurde. In diesem Fall wird das Substrat nach der ersten Wärmebehandlung aus der Hitze-Vorrichtung genommen, und dann wird ein Fotolithografie-Schritt durchgeführt.

[0354] Man beachte, dass die erste Wärmebehandlung zusätzlich zur oben angegebenen Zeiteinteilung mit jeder der folgenden Zeiteinteilungen ausgeführt werden kann, solange nach der Abscheidung der Oxid-Halbleiter-Schicht: nachdem eine Source-Elektroden-Schicht und eine Drain-Elektroden-Schicht über der Oxid-Halbleiter-Schicht ausgebildet sind und nachdem eine Isolationsschicht über der Source-Elektroden-Schicht und der Drain-Elektroden-Schicht ausgebildet ist.

[0355] Ferner kann in dem Fall, in dem ein Kontaktloch in der Gate-Isolationsschicht **2507** ausgebildet wird, das Ausbilden des Kontaktlochs ausgeführt werden, bevor oder nachdem die erste Wärmebehandlung der Oxid-Halbleiter-Schicht **2530** durchgeführt wird.

[0356] Eine Oxid-Halbleiter-Schicht, die auf die folgende Art und Weise ausgebildet ist, kann ebenfalls benutzt werden: ein Oxid-Halbleiter wird zweimal abgeschieden, und die Wärmebehandlung wird zweimal darauf durchgeführt. Durch solche Schritte kann ein Kristallbereich, dessen c-Achse senkrecht zu einer Oberfläche der Schicht ausgerichtet ist und der eine große Dicke aufweist, unabhängig von einer Basis-Komponente ausgebildet werden.

[0357] Zum Beispiel wird eine erste Oxid-Halbleiter-Schicht mit einer Dicke größer oder gleich 3 nm und kleiner oder gleich 15 nm abgeschieden, und eine erste Wärmebehandlung wird in einer Stickstoff-, einer Sauerstoff- einer Edelgas- oder einer Trockenluft-Atmosphäre bei einer Temperatur größer oder gleich 450°C und kleiner oder gleich 850°C oder vorzugsweise größer oder gleich 550°C und kleiner oder gleich 750°C durchgeführt, so dass eine erste Oxid-Halbleiter-Schicht, der einen Kristallbereich in einem Bereich aufweist, der eine Oberfläche umfasst, ausgebildet wird. Dann wird eine zweite Oxid-Halbleiter-Schicht mit einer größeren Dicke als die erste Oxid-Halbleiter-Schicht ausgebildet, und eine zweite Wärmebehandlung wird bei einer Temperatur größer oder gleich 450°C und kleiner oder gleich 850°C , vorzugsweise größer oder gleich 600°C und kleiner oder gleich 700°C durchgeführt.

[0358] Durch solche Schritte kann in der gesamten zweiten Oxid-Halbleiter-Schicht das Kristallwachstum vom unteren Teil bis zum oberen Teil fortschreiten, wobei die erste Oxid-Halbleiter-Schicht als Kristallkeim verwendet wird, wodurch eine Oxid-Halbleiter-Schicht mit einem dicken Kristallbereich ausgebildet werden kann.

[0359] Als Nächstes wird eine leitfähige Schicht, die die Source-Elektroden-Schicht und die Drain-Elektroden-Schicht (einschließlich einer Verdrahtung, die aus derselben Schicht ausgebildet wird, wie die Source-Elektroden-Schicht und die Drain-Elektroden-Schicht) werden soll, über der Gate-Isolationsschicht **2507** und der Oxid-Halbleiter-Schicht **2531** ausgebildet. Als leitfähige Schicht, die als Source-Elektroden-Schicht und als Drain-Elektroden-Schicht dient, kann ein Material verwendet werden, das dem Material ähnlich ist, das für die in Ausführungsform 5 beschriebene Source-Elektroden-Schicht **2405a** und die Drain-Elektroden-Schicht **2405b** benutzt wird.

[0360] Eine Fotolack-Maske wird über der leitfähigen Schicht in einem dritten Fotolithografie-Schritt ausgebildet, und ein selektives Ätzen wird durchgeführt, so dass die Source-Elektroden-Schicht **2515a** und die Drain-Elektroden-Schicht **2515b** ausgebildet werden. Dann wird die Fotolack-Maske entfernt (siehe [Fig. 31C](#)).

[0361] Die Belichtung zum Zeitpunkt des Ausbildens der Fotolack-Maske in dem dritten Fotolithografie-Schritt kann unter Verwendung von ultraviolettem Licht, KrF-Laser-Licht oder ArF-Laser-Licht durchgeführt werden. Die Kanallänge L des Transistors, der später fertiggestellt wird, wird durch einen Abstand zwischen unteren Endteilen der Source-Elektroden-Schicht und der Drain-Elektroden-Schicht bestimmt, die über der Oxid-Halbleiter-Schicht **2531** nebeneinander liegen. In dem Fall, in dem die Kanallänge L kleiner als 25 nm ist, kann die Belichtung zum Zeitpunkt des Ausbildens der Fotolack-Maske in dem dritten Fotolithografie-Schritt unter Verwendung von extrem ultraviolettem Licht durchgeführt werden, das eine extrem kurze Wellenlänge von mehreren Nanometern bis einigen Dutzend Nanometern aufweist. Bei Belichtung mit extrem ultraviolettem Licht ist die Auflösung hoch, und die Schärfentiefe ist groß. Daher kann die Kanallänge L des später ausgebildeten Transistors zwischen 10 nm und einschließlich 1000 nm liegen, die Arbeitsgeschwindigkeit des Schaltkreises kann vergrößert werden, und der Leistungsverbrauch kann verringert werden, weil ein Reststrom im ausgeschalteten Zustand extrem klein ist.

[0362] Um die Anzahl von Fotomasken und Schritten im Fotolithografie-Schritt zu verringern, kann der Ätz-Schritt unter Verwendung einer Fotolack-Maske, die durch eine Mehrfarben-Maske ausgebildet wird, durchgeführt werden. Weil Licht, das die Mehrfarben-Maske durchläuft, eine Vielzahl von Helligkeitsstufen aufweist, kann eine Fotolack-Maske ausgebildet werden, die teilweise eine unterschiedliche Dicke aufweist. Die Form der Fotolack-Maske kann durch Verraschung geändert werden; daher kann eine Fotolack-Maske mit unterschiedlichen Formen ausgebildet werden, ohne dass ein Fotolithografie-Prozess ausgeführt wird. Somit kann die Anzahl von Belichtungs-Masken verringert werden und die Anzahl entsprechender Fotolithografie-Schritte kann ebenfalls verringert werden, wodurch eine Vereinfachung eines Prozesses realisiert werden kann.

[0363] Man beachte, dass es vorzuziehen ist, dass Ätzbedingungen optimiert werden, so dass die Oxid-Halbleiter-Schicht **2531** nicht geätzt und getrennt wird, wenn die leitfähige Schicht geätzt wird. Es ist jedoch schwierig, Ätzbedingungen zu erhalten, bei denen nur die leitfähige Schicht geätzt wird und die Oxid-Halbleiter-Schicht **2531** überhaupt nicht geätzt wird. In manchen Fällen wird nur ein Teil der Oxid-Halbleiter-Schicht **2531** geätzt, um eine Oxid-Halbleiter-Schicht zu sein, die einen Gruben-Teil aufweist (einen vertieften Teil), wenn die leitfähige Schicht geätzt wird.

[0364] In dieser Ausführungsform wird eine Ti-Schicht als leitfähige Schicht benutzt, und ein auf In-Ga-Zn-O basierender Oxid-Halbleiter wird als Oxid-Halbleiter-Schicht **2531** benutzt; somit kann eine Am-

moniak-Wasserstoffperoxid-Lösung (eine gemischte Lösung aus Ammoniak, Wasser und einer Wasserstoffperoxid-Lösung) als Ätzmittel benutzt werden.

[0365] Als Nächstes wird die Isolationsschicht **2516**, die als Schutz-Isolationsschicht dient, in Kontakt mit einem Teil der Oxid-Halbleiter-Schicht ausgebildet. Vor dem Ausbilden der Isolationsschicht **2516** kann eine Plasmabehandlung unter Verwendung eines Gases wie etwa N₂O, N₂ oder Ar durchgeführt werden, um Wasser oder dergleichen zu entfernen, das an der frei liegenden Oberfläche der Oxid-Halbleiter-Schicht adsorbiert ist.

[0366] Die Isolationsschicht **2516** kann mit einer Dicke von mindestens 1 nm mit einem Verfahren ausgebildet werden, durch welches Verunreinigungen wie Wasser oder Wasserstoff nicht in die Isolationsschicht **2516** eindringen, zum Beispiel durch ein Sputter-Verfahren, soweit erforderlich. Wenn Wasserstoff in der Isolationsschicht **2516** enthalten ist, könnte Wasserstoff in die Oxid-Halbleiter-Schicht eindringen oder Sauerstoff könnte durch Wasserstoff aus der Oxid-Halbleiter-Schicht entzogen werden. In einem solchen Fall könnte der Widerstand der Oxid-Halbleiter-Schicht auf der Kanal-Rückseite verringert sein (die Oxid-Halbleiter-Schicht auf der Kanal-Rückseite kann n-Typ-Leitfähigkeit aufweisen), und es könnte ein parasitärer Kanal ausgebildet sein. Daher ist es wichtig, die Isolationsschicht **2516** durch ein Verfahren auszubilden, bei dem Wasserstoff und Verunreinigungen, die Wasserstoff enthalten, nicht darin enthalten sind.

[0367] In dieser Ausführungsform wird eine Silizium-oxid-Schicht mit einer Dicke von 200 nm als Isolationsschicht **2516** durch ein Sputter-Verfahren ausgebildet. Die Substrattemperatur beim Ausbilden der Schicht kann größer oder gleich der Raumtemperatur und kleiner oder gleich 300°C sein, und in dieser Ausführungsform ist sie 100°C. Die Siliziumoxid-Schicht kann durch ein Sputter-Verfahren in einer Edelgas-Atmosphäre (typischerweise Argon), einer Sauerstoff-Atmosphäre oder einer gemischten Atmosphäre, die ein Edelgas und Sauerstoff enthält, abgeschieden werden. Als Target können Siliziumoxid oder Silizium benutzt werden. Zum Beispiel kann bei Benutzung von Silizium als Target eine Siliziumoxid-Schicht ausgebildet werden, indem in einer Atmosphäre gesputtert wird, die Sauerstoff enthält. Für die Isolationsschicht **2516**, die in Kontakt mit der Oxid-Halbleiter-Schicht ausgebildet wird, wird vorzugsweise eine anorganische Isolationsschicht benutzt, die kaum Verunreinigungen wie Feuchtigkeit, Wasserstoff-Ionen und Hydroxyl enthält, und die das Eindringen solcher Verunreinigungen von außen blockiert. Typischerweise kann eine Siliziumoxid-Schicht, eine Silizium-Oxinidrid-Schicht, eine Aluminiumoxid-Schicht, eine Aluminium-Oxinitrid-Schicht oder dergleichen verwendet werden.

[0368] Um die in der Abscheidungskammer verbliebene Feuchtigkeit zu entfernen, wird zum Ausbilden der Isolationsschicht **2516** vorzugsweise gleichzeitig mit dem Abscheiden der Oxid-Halbleiter-Schicht **2530** eine Vakuumpumpe mit Fallen (wie etwa eine Kryopumpe) benutzt. Wenn die Isolationsschicht **2516** in der Abscheidungskammer, die unter Verwendung einer Kryopumpe evakuiert wurde, abgeschieden wird, kann die Konzentration der Verunreinigungen in der Isolationsschicht **2516** verringert werden. Außerdem kann als Absaugeinheit zum Entfernen von Feuchtigkeit, die in der Abscheidungskammer für die Isolationsschicht **2516** verblieben ist, eine Turbomolekularpumpe verwendet werden, an der eine Kältefalle vorgesehen ist.

[0369] Es ist vorzuziehen, dass ein hochreines Gas, aus dem Verunreinigungen, wie Wasserstoff, Wasser, Hydroxyl oder Hydrid entfernt sind, als Sputter-Gas zum Abscheiden der Isolationsschicht **2516** benutzt wird.

[0370] Als Nächstes wird die zweite Wärmebehandlung in einer Edelgas-Atmosphäre oder einer Sauerstoff-Atmosphäre (vorzugsweise bei einer Temperatur von 200°C bis einschließlich 400°C, zum Beispiel 250°C bis einschließlich 350°C) durchgeführt. Zum Beispiel wird die zweite Wärmebehandlung in einer Stickstoff-Atmosphäre bei 250°C eine Stunde lang durchgeführt. Bei der zweiten Wärmebehandlung wird ein Teil der Oxid-Halbleiter-Schicht (Kanälbildungs-Bereich) in dem Zustand aufgeheizt, in dem er in Kontakt mit der Isolationsschicht **2516** ist.

[0371] Durch die oben angegebenen Schritte kann Sauerstoff geliefert werden, der einer der Hauptbestandteile des Oxid-Halbleiters ist, und der zusammen mit Verunreinigungen, wie Wasserstoff, Feuchtigkeit, Hydroxyl oder Hydrid (auch als Wasserstoffverbindungen bezeichnet) durch die erste Wärmebehandlung, die mit der Oxid-Halbleiter-Schicht durchgeführt wird, verringert wird. Somit wird die Oxid-Halbleiter-Schicht hochrein gemacht und zu einem elektrischen i-Typ-Oxid-Halbleiter (eigenleitend) gemacht.

[0372] Durch die oben angegebenen Schritte wird der Transistor **2510** ausgebildet (siehe [Fig. 31D](#)).

[0373] Wenn eine Siliziumoxid-Schicht mit vielen Defekten als Oxid-Isolationsschicht verwendet wird, können in der Oxid-Halbleiter-Schicht enthaltene Verunreinigungen wie Wasserstoff, Feuchtigkeit, Hydroxyl oder Hydrid durch die Wärmebehandlung, die nach dem Ausbilden der Siliziumoxid-Schicht durchgeführt wird, in die Siliziumoxid-Schicht diffundieren. Das heißt, die Verunreinigungen in der Oxid-Halbleiter-Schicht können weiter verringert werden.

[0374] Eine Schutz-Isolationsschicht **2506** kann ferner über der Isolationsschicht **2516** ausgebildet werden. Zum Beispiel wird eine Siliziumnitrid-Schicht durch ein Sputter-Verfahren ausgebildet. Eine anorganische Isolationsschicht, die kaum Verunreinigungen wie Feuchtigkeit enthält, und die das Eindringen von Verunreinigungen von außen blockiert, wie etwa eine Siliziumnitrid-Schicht oder eine Aluminiumnitrid-Schicht, wird vorzugsweise als Schutz-Isolationsschicht verwendet. In dieser Ausführungsform wird die Schutz-Isolationsschicht **2506** unter Verwendung einer Siliziumnitrid-Schicht ausgebildet (siehe [Fig. 31E](#)).

[0375] Eine für die Schutz-Isolationsschicht **2506** benutzte Siliziumnitrid-Schicht wird auf eine Art und Weise ausgebildet, dass das Substrat **2505**, auf dem Schichten bis zur und einschließlich der Isolationsschicht **2516** ausgebildet sind, auf größer oder gleich 100°C und kleiner oder gleich 400°C aufgeheizt wird, ein Sputter-Gas, das hochreinen Stickstoff enthält, aus dem Wasserstoff und Feuchtigkeit entfernt wurden, eingeleitet wird, und ein Target aus Silizium benutzt wird. Auch in diesem Fall wird die Schutz-Isolationsschicht **2506** ähnlich wie die Isolationsschicht **2516** vorzugsweise ausgebildet, während in der Behandlungskammer verbliebene Feuchtigkeit entfernt ist.

[0376] Nachdem die Schutz-Isolationsschicht ausgebildet ist, kann die Wärmebehandlung in Luft weiter bei einer Temperatur durchgeführt werden, die größer oder gleich 100°C und kleiner oder gleich 200°C ist, länger als oder gleich 1 Stunde und kürzer als oder gleich 30 Stunden. Diese Wärmebehandlung kann bei einer festen Temperatur durchgeführt werden. Alternativ wird die folgende Änderung der Temperatur als ein Zyklus festgesetzt und kann mehrfach wiederholt werden: die Temperatur wird von Raumtemperatur auf eine Heiztemperatur erhöht und dann auf Raumtemperatur verringert.

[0377] Auf diese Weise kann durch Verwendung des Transistors, der eine hochreine Oxid-Halbleiter-Schicht enthält, die unter Verwendung dieser Ausführungsform hergestellt wird, der Wert des Reststroms im ausgeschalteten Zustand (Wert des Sperrstroms) weiter verringert werden.

[0378] Außerdem ist, da der Transistor, der eine hochreine Oxid-Halbleiter-Schicht enthält, eine hohe Feldeffekt-Beweglichkeit aufweist, ein Betrieb mit hoher Geschwindigkeit möglich. Daher kann ein Ansteuerungs-Schaltkreis-Teil auf dem Substrat zum Beispiel einer Anzeigeeinrichtung oder dergleichen ausgebildet werden; daher kann die Anzahl von Bauelementen verringert werden.

[0379] Diese Ausführungsform kann in Kombination mit jeder der anderen Ausführungsformen soweit erforderlich umgesetzt werden.

[Beispiel 1]

[0380] In diesem Beispiel wird die Ladungshaltungs-Charakteristik eines Bildsensors beschrieben, der eine Bildpunkt-Schaltkreis-Konfiguration aufweist, die eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist.

[0381] Die [Fig. 32A](#) und [Fig. 32B](#) sind Schaltbilder auf der Grundlage von [Fig. 24](#) gemäß Ausführungsform 3. In [Fig. 32A](#) wird ein Transistor, der einen Oxid-Halbleiter enthält, für einen Ladungssammelungs-Steuerungs-Transistor **6103** benutzt, und ein Transistor, der einen Silizium-Halbleiter enthält, wird für jeden aus Verstärkungs-Transistor **6102** und Auswahl-Transistor **6105** benutzt.

[0382] Andererseits wird in [Fig. 32B](#) ein Transistor, der einen Silizium-Halbleiter enthält, für alle aus Ladungssammelungs-Steuerungs-Transistor **6203**, Verstärkungs-Transistor **6202** und Auswahl-Transistor **6205** benutzt.

[0383] In diesem Beispiel werden Bildsensoren unter Verwendung der in den Schaltbildern der [Fig. 32A](#) und [Fig. 32B](#) gezeigten Bildpunkte ausgebildet, und Ergebnisse des Vergleichs zwischen Ladungshaltungs-Fähigkeiten unter Verwendung von Ausgangscharakteristiken der Bildsensoren werden beschrieben.

[0384] Die Einzelheiten von Charakteristiken des Betriebs der Bildpunkt-Schaltkreise in den [Fig. 32A](#) und [Fig. 32B](#) werden in Ausführungsform 3 beschrieben; daher wird die Beschreibung hier weggelassen. Man beachte, dass das Potential jeder Signalleitung wie folgt ist.

[0385] Zuerst wurde als gemeinsame Potentiale in den Bildpunkt-Schaltkreisen der [Fig. 32A](#) und [Fig. 32B](#) eine Stromversorgungsleitung auf 1,8 V eingestellt, ein High-Pegel-Potential einer Rücksetz-Signalleitung wurde auf 3,3 V eingestellt, und ein Low-Pegel-Potential der Rücksetz-Signalleitung wurde auf 0 V eingestellt.

[0386] Nur ein Potential einer Ladungssammelungs-Steuersignalleitung ist nicht dasselbe, um Charakteristiken jedes Transistors zu entsprechen. In dem Bildpunkt-Schaltkreis von [Fig. 32A](#) wurde ein High-Pegel-Potential der Ladungssammelungs-Steuersignalleitung auf 3,0 V eingestellt, und ein Low-Pegel-Potential davon wurde auf -1,5 V eingestellt. In dem Bildpunkt-Schaltkreis von [Fig. 32B](#) wurde ein High-Pegel-Potential der Ladungssammelungs-Steuersignalleitung auf 2,6 V eingestellt, und ein Low-Pegel-Potential davon wurde auf -0,8 V eingestellt.

[0387] [Fig. 33](#) ist ein Ablaufdiagramm, das Eingangssignale einer Ladungssammelungs-Steuersignalleitung (TX) und einer Rücksetz-Signalleitung (RD) darstellt. Hier entspricht ein Zeitraum, in dem die Rücksetz-Signalleitung ein High-Pegel-Potential aufweist, einem Rücksetz-Zeitraum; ein Zeitraum, in dem die Rücksetz-Signalleitung auf ein Low-Pegel-Potential gesetzt ist und das Potential der Ladungssammelungs-Steuersignalleitung auf einen Low-Pegel fällt, entspricht einem Belichtungs-Zeitraum (Ladungssammelungs-Zeitraum); und ein Zeitraum nach dem Zeitpunkt, zu dem das Potential der Ladungssammelungs-Steuersignalleitung auf einen Low-Pegel gesetzt wird, entspricht einem Halte-Zeitraum.

[0388] [Fig. 34A](#) zeigt Ausgangs-Charakteristiken, wenn das Signal in [Fig. 33](#) an einen Bildsensor angelegt wurde, der den Bildpunkt-Schaltkreis aus [Fig. 32A](#) aufweist, bei jeder Beleuchtungsstärke. Die für einen Test benutzte Beleuchtungsstärke ist 0 lx, 160 lx, 470 lx und 1000 lx. während des Rücksetz-Zeitraums zeigt sich bei jeder Beleuchtungsstärke ein ähnliches Ausgangssignal, weil das Rücksetz-Potential angelegt ist; und im Belichtungs-Zeitraum sind die Änderungen des Ausgangssignals mit verschiedenen Flanken gezeigt. Im Halte-Zeitraum wird dann ein Ausgangssignal bei jeder Beleuchtungsstärke gehalten. Mit einer solchen Operation kann die Helligkeit in ein Signal umgewandelt werden. Wenn das Potential der Ladungssammelungs-Steuersignalleitung auf einen High-Pegel oder einen Low-Pegel gelegt wird, variiert ein Wert des Ausgangssignals durch die Wirkung der kapazitiven Kopplung eines Ladungssammelungs-Steuerungs-Transistors; jedoch wird im Halte-Zeitraum das Ausgangssignal nicht beeinflusst.

[0389] [Fig. 34B](#) zeigt Ausgangs-Charakteristiken bei jeder Beleuchtungsstärke, wie oben beschrieben, die für eine lange Zeit erhalten werden. Ein gestrichelter Rahmen A in [Fig. 34A](#) entspricht einem gestrichelten Rahmen A in [Fig. 34B](#).

[0390] Wie hier deutlich wird, wird herausgefunden, dass ein Ausgangssignal bei jeder Beleuchtungsstärke fast keine Änderungen bezüglich der Zeitachse aufweist, und ein Sensor, der den Bildpunkt-Schaltkreis aus [Fig. 32A](#) aufweist, verfügt über extrem gute Halte-Charakteristiken.

[0391] Andererseits zeigt [Fig. 35A](#) Ausgangs-Charakteristiken, wenn das Signal in [Fig. 33](#) an einen Bildsensor angelegt wurde, der den Bildpunkt-Schaltkreis aus [Fig. 32B](#) aufweist, bei jeder Beleuchtungsstärke. Die für einen Test benutzte Beleuchtungsstärke ist 0 lx, 160 lx, 470 lx und 1000 lx. Es wird herausgefunden, dass bei jeder Beleuchtungsstärke andere Ausgangs-Charakteristiken gezeigt sind, als in [Fig. 34A](#). Man beachte, dass 0 lx Dunkelheit bedeutet.

[0392] [Fig. 35B](#) zeigt Ausgangs-Charakteristiken bei jeder Beleuchtungsstärke, wie oben beschrieben, die für eine lange Zeit erhalten werden. Hier wird herausgefunden, dass das Ausgangssignal im Verlauf der Zeit fällt, was ein großer Unterschied zu [Fig. 34B](#) ist. Insbesondere ist dies im Fall einer hohen Beleuchtungsstärke erheblich. Ein der Beleuchtungsstärke entsprechendes Signal wird gehalten, während es eine Flanke zu Beginn der Haltezeit aufweist; jedoch überlappen sich schließlich das Signal von 1000 lx und das Signal von 470 lx. Das bedeutet, dass beide Signale nicht gehalten werden können und eine Unterscheidung unmöglich wird.

[0393] Im Fall von 0 lx wird das Signal gehalten, was durch einen ausreichend kleinen Dunkelstrom der Fotodiode verursacht wird. Die Ursache für die extrem schlechte Fähigkeit zum Halten von Ladung im Fall einer hohen Beleuchtungsstärke ist der Leckstrom des Transistors, der einen Silizium-Halbleiter enthält. Weil der Leckstrom groß ist, fließt, wenn durch Licht erzeugter Strom durch die Fotodiode fließt, Ladung durch den Leckstrom des Transistors ab. Natürlich fließt auf ähnliche Weise Ladung ab, wenn die Fotodiode einen hohen Dunkelstrom aufweist.

[0394] Auf diese Weise kann, weil der Transistor, der einen Oxid-Halbleiter enthält, einen extrem kleinen Leckstrom aufweist, ein Schaltkreis mit extrem großer Ladungs-Halte-Fähigkeit realisiert werden, wie in [Fig. 34B](#) gezeigt. Folglich kann man sagen, dass die Verwendung eines Transistors, der einen Oxid-Halbleiter enthält, für einen mit dem Ladungssammlungs-teil des Bildpunktes verbundenen Transistor nützlich für das System mit Global Shutter ist, bei dem eine lange Ladungs-Halte-Dauer erforderlich ist.

[0395] Dieses Beispiel kann in Kombination mit jeder der anderen Ausführungsformen oder dem anderen Beispiel soweit erforderlich umgesetzt werden.

[Beispiel 2]

[0396] Eine Anzeigeeinrichtung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass Bilddaten mit hoher Auflösung erhalten werden. Daher kann eine elektronische Einrichtung, welche die Anzeigeeinrichtung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung benutzt, technisch verbessert werden, wenn die Anzeigeeinrichtung als Komponente hinzugefügt wird.

[0397] Zum Beispiel kann die Anzeigeeinrichtung für Anzeigeeinrichtungen, Laptop-Computer oder Bildwiedergabeeinrichtungen, in denen Aufzeichnungsmedien vorgesehen sind (typischerweise Einrichtungen, die den Inhalt von Aufzeichnungsmedien wiedergeben, wie etwa DVDs (digital versatile disks), und die Bildschirme zur Anzeige der wiedergegebene-

nen Bilder aufweisen), verwendet werden. Zusätzlich zu den oben angegebenen Beispielen können als elektronische Einrichtungen, welche die Anzeigeeinrichtung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung enthalten können, Mobiltelefone, tragbare Spielgeräte, tragbare Informationsgeräte, E-Book-Leser, Videokameras, Digitalkameras, Brillen-Bildschirme (am Kopf befestigte Bildschirme), Navigationssysteme, Audio-Wiedergabegeräte (z. B. Auto-Audiokomponenten und digitale Audio-Player), Kopierer, Telefaxgeräte, Drucker, Multifunktionsdrucker, Geldautomaten, Warenautomaten und dergleichen angegeben werden. Spezielle Beispiele für solche elektronischen Geräte sind in den [Fig. 36A](#) bis [Fig. 36D](#) gezeigt.

[0398] [Fig. 36A](#) zeigt eine Anzeigeeinrichtung, die ein Gehäuse **5001**, einen Bildschirm-Teil **5002**, einen Standfuß **5003** und dergleichen umfasst. Die Anzeigeeinrichtung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann für den Bildschirm-Teil **5002** verwendet werden. Die Verwendung der Anzeigeeinrichtung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung für den Bildschirm-Teil **5002** kann ein Anzeigegerät vorsehen, das in der Lage ist, Bilddaten mit hoher Auflösung zu erhalten und in der Lage ist, mit Anwendungen mit höheren Funktionen ausgestattet zu sein. Man beachte, dass die Anzeigeeinrichtung alle Anzeigeeinrichtungen zur Anzeige von Informationen umfasst, wie etwa Anzeigeeinrichtungen für Personal Computer, Anzeigeeinrichtungen für Fernsehempfänger und Anzeigeeinrichtungen zur Anzeige von Werbung.

[0399] [Fig. 36B](#) zeigt ein tragbares Informationsgerät, das ein Gehäuse **5101**, einen Bildschirm-Teil **5102**, einen Schalter **5103**, Bedientasten **5104**, eine Infrarot-Schnittstelle **5105** und dergleichen umfasst. Die Anzeigeeinrichtung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann für den Bildschirm-Teil **5102** verwendet werden. Die Verwendung der Anzeigeeinrichtung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung für den Bildschirm-Teil **5102** kann ein tragbares Informationsgerät vorsehen, das in der Lage ist, Bilddaten mit hoher Auflösung zu erhalten und mit Anwendungen mit höheren Funktionen ausgestattet zu sein.

[0400] [Fig. 36C](#) zeigt einen Geldautomaten, der ein Gehäuse **5201**, einen Bildschirm-Teil **5202**, einen Münzschlitz **5203**, einen Geldschein-Schlitz **5204**, einen Karten-Schlitz **5205**, einen Sparbuch-Schlitz **5206** und dergleichen umfasst. Die Anzeigeeinrichtung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann für den Bildschirm-Teil **5202** verwendet werden. Die Verwendung der Anzeigeeinrichtung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung für den Bildschirm-Teil **5202** kann einen Geldautomaten vorsehen, der in der Lage ist, Bilddaten mit hoher Auflösung zu erhalten und der tech-

nisch höher entwickelt ist. Der Geldautomat, bei dem die Anzeigeeinrichtung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet wird, kann Körper-Informationen wie einen Fingerabdruck, ein Gesicht, einen Handabdruck, einen Handflächen-Abdruck, ein Muster der Adern einer Hand, eine Iris und dergleichen, die für die Biometrie verwendet werden, mit höherer Genauigkeit lesen. Daher kann eine falsche Nichtübereinstimmungs-Rate, die durch falsche Erkennung einer zu erkennenden Person als eine andere Person verursacht wird, und eine falsche Akzeptanz-Rate, die durch falsche Erkennung einer anderen Person als eine zu erkennende Person verursacht wird, unterbunden werden.

[0401] [Fig. 36D](#) zeigt ein tragbares Spielgerät, das ein Gehäuse **5301**, ein Gehäuse **5302**, einen Bildschirm-Teil **5303**, einen Bildschirm-Teil **5304**, ein Mikrofon **5305**, Lautsprecher **5306**, einen Bedienschalter **5307**, einen Eingabestift **5308** und dergleichen umfasst. Die Anzeigeeinrichtung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann für den Bildschirm-Teil **5303** oder den Bildschirm-Teil **5304** verwendet werden. Die Verwendung der Anzeigeeinrichtung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung für den Bildschirm-Teil **5303** oder den Bildschirm-Teil **5304** kann ein tragbares Spielgerät vorsehen, das in der Lage ist, Bilddaten mit hoher Auflösung zu erhalten und mit Anwendungen mit höheren Funktionen ausgestattet zu sein. Man beachte, dass obwohl das in [Fig. 36D](#) gezeigte tragbare Spielgerät zwei Bildschirm-Teile **5303** und **5304** umfasst, die Anzahl von in dem tragbaren Spielgerät enthaltenen Bildschirm-Teilen nicht auf zwei begrenzt ist.

[0402] Dieses Beispiel kann in Kombination mit jeder der anderen Ausführungsformen oder dem anderen Beispiel soweit erforderlich umgesetzt werden.

[0403] Diese Patentanmeldung beruht auf der japanischen Patentanmeldung mit der Seriennummer 2010-050486, eingereicht beim japanischen Patentamt am 8. März 2010, deren gesamter Inhalt hier durch Bezug mit aufgenommen ist.

Erklärung der Bezugszeichen

101: Fotodiode, **102:** Verstärkungs-Transistor, **103:** Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistor, **104:** Rücksetz-Transistor, **105:** Auswahl-Transistor, **112:** Signalladungssammlungs-Teil, **113:** Ladungssammlungs-Steuersignalleitung, **114:** Rücksetz-Signalleitung, **115:** Auswahl-Signalleitung, **120:** Ausgangssignal-Leitung, **130:** Stromversorgungsleitung, **131:** Massepotential-Leitung, **212:** Potential, **213:** Potential, **214:** Potential, **215:** Potential, **220:** Potential, **230:** Zeit, **231:** Zeit, **232:** Zeit, **233:** Zeit, **234:** Zeit, **235:** Zeit, **236:** Zeit, **237:** Zeit, **301:** Sammlungs-Per-

riode, **302:** Ladungs-Halte-Periode, **303:** Periode, **304:** Ladungs-Halte-Periode, **305:** Periode, **401:** Periode, **402:** Ladungs-Halte-Periode, **403:** Periode, **404:** Ladungs-Halte-Periode, **405:** Periode, **406:** Ladungs-Halte-Periode, **1101:** Kurve, **1102:** Kurve, **1103:** Kurve, **1111:** Punkt, **1113:** Punkt, **1201:** Punkt, **1241:** i-Typ-Silizium-Halbleiterschicht, **1242:** Gate-Verdrahtungsschicht, **1243:** Verdrahtungsschicht, **1244:** n-Typ-Silizium-Halbleiterschicht, **1245:** p-Typ-Silizium-Halbleiterschicht, **1441:** i-Typ-Silizium-Halbleiterschicht, **1442:** Gate-Verdrahtungsschicht, **1443:** Verdrahtungsschicht, **1444:** n-Typ-Silizium-Halbleiterschicht, **1445:** p-Typ-Silizium-Halbleiterschicht, **1601:** Fotodiode, **1602:** Verstärkungs-Transistor, **1603:** Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistor, **1604:** Rücksetz-Transistor, **1605:** Auswahl-Transistor, **1612:** Signalladungssammlungs-Teil, **1613:** Ladungssammlungs-Steuersignalleitung, **1614:** Rücksetz-Signalleitung, **1615:** Auswahl-Signalleitung, **1620:** Ausgangssignal-Leitung, **1630:** Stromversorgungsleitung, **1631:** Massepotential-Leitung, **1701:** Fotodiode, **1702:** Verstärkungs-Transistor, **1703:** Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistor, **1704:** Rücksetz-Transistor, **1712:** Signalladungssammlungs-Teil, **1713:** Ladungssammlungs-Steuersignalleitung, **1714:** Rücksetz-Signalleitung, **1720:** Ausgangssignal-Leitung, **1730:** Stromversorgungsleitung, **1731:** Massepotential-Leitung, **1801:** PIN-Fotodiode, **1802:** Verstärkungs-Transistor, **1803:** Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistor, **1804:** Rücksetz-Transistor, **1805:** Auswahl-Transistor, **1813:** Ladungssammlungs-Steuersignalleitung, **1814:** Rücksetz-Signalleitung, **1815:** Auswahl-Signalleitung, **1820:** Ausgangssignal-Leitung, **1830:** Stromversorgungsleitung, **1831:** Massepotential-Leitung, **1901:** PIN-Fotodiode, **1902:** Verstärkungs-Transistor, **1903:** Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistor, **1904:** Rücksetz-Transistor, **1905:** Auswahl-Transistor, **1913:** Ladungssammlungs-Steuersignalleitung, **1914:** Rücksetz-Signalleitung, **1915:** Auswahl-Signalleitung, **1920:** Ausgangssignal-Leitung, **1930:** Stromversorgungsleitung, **1931:** Massepotential-Leitung, **2001:** Fotodiode, **2002:** Verstärkungs-Transistor, **2003:** Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistor, **2004:** Rücksetz-Transistor, **2012:** Signalladungssammlungs-Teil, **2013:** Ladungssammlungs-Steuersignalleitung, **2014:** Rücksetz-Signalleitung, **2020:** Ausgangssignal-Leitung, **2030:** Stromversorgungsleitung, **2031:** Massepotential-Leitung, **2112:** Potential, **2113:** Potential, **2114:** Potential, **2120:** Potential, **2130:** Zeit, **2131:** Zeit, **2132:** Zeit, **2133:** Zeit, **2134:** Zeit, **2135:** Zeit, **2201:** Fotodiode, **2202:** Verstärkungs-Transistor, **2203:** Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistor, **2205:** Auswahl-Transistor, **2212:** Signalladungssammlungs-Teil, **2213:** Ladungssammlungs-Steuersignalleitung, **2215:** Auswahl-Signalleitung,

2216: Rücksetz-Signalleitung, **2220:** Ausgangssignal-Leitung, **2230:** Stromversorgungsleitung, **2312:** Potential, **2313:** Potential, **2315:** Potential, **2316:** Potential, **2320:** Potential, **2330:** Zeit, **2331:** Zeit, **2332:** Zeit, **2333:** Zeit, **2334:** Zeit, **2335:** Zeit, **2336:** Zeit, **2337:** Zeit, **2400:** Substrat, **2401:** Gate-Elektroden-Schicht, **2402:** Gate-Isolationsschicht, **2403:** Oxid-Halbleiter-Schicht, **2407:** Isolationsschicht, **2409:** Schutz-Isolationsschicht, **2427:** Isolationsschicht, **2437:** Isolationsschicht, **2405a:** Source-Elektroden-Schicht, **2405b:** Drain-Elektroden-Schicht, **2436a:** Verdrahtungsschicht, **2436b:** Verdrahtungsschicht, **2515a:** Source-Elektroden-Schicht, **2515b:** Drain-Elektroden-Schicht, **2505:** Substrat, **2506:** Schutz-Isolationsschicht, **2507:** Gate-Isolationsschicht, **2510:** Transistor, **2511:** Gate-Elektroden-Schicht, **2516:** Isolationsschicht, **2530:** Oxid-Halbleiter-Schicht, **2531:** Oxid-Halbleiter-Schicht, **2601:** Fotodiode, **2602:** Verstärkungs-Transistor, **2606:** Kondensator, **2612:** Signalladungssammlungsteil, **2615:** Auswahl-Signalleitung, **2616:** Rücksetz-Signalleitung, **2620:** Ausgangssignal-Leitung, **2630:** Stromversorgungsleitung, **2712:** Potential, **2715:** Potential, **2716:** Potential, **2720:** Potential, **2730:** Zeit, **2731:** Zeit, **2732:** Zeit, **2733:** Zeit, **2801:** PIN-Fotodiode, **2802:** Verstärkungs-Transistor, **2803:** Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistor, **2804:** Rücksetz-Transistor, **2805:** Auswahl-Transistor, **2813:** Ladungssammlungs-Steuersignalleitung, **2814:** Rücksetz-Signalleitung, **2815:** Auswahl-Signalleitung, **2820:** Ausgangssignal-Leitung, **2830:** Stromversorgungsleitung, **2831:** Massepotential-Leitung, **2941:** i-Typ-Silizium-Halbleiter-Schicht, **2942:** Gate-Verdrahtungsschicht, **2943:** Verdrahtungsschicht, **2944:** n-Typ-Silizium-Halbleiter-Schicht, **2945:** p-Typ-Silizium-Halbleiter-Schicht, **3001:** Potential, **3002:** Potential, **3003:** Potential, **3410:** Transistor, **3420:** Transistor, **3430:** Transistor, **3440:** Transistor, **3480:** Potential, **3501:** Potential, **3502:** Potential, **3503:** Potential, **3613:** Potential, **3614:** Potential, **3631:** Zeit, **3632:** Zeit, **3633:** Zeit, **3634:** Zeit, **3635:** Zeit, **3636:** Zeit, **3637:** Zeit, **3638:** Zeit, **3639:** Zeit, **3640:** Zeit, **3712:** Potential, **3715:** Potential, **3716:** Potential, **3720:** Potential, **3730:** Zeit, **3731:** Zeit, **3732:** Zeit, **3733:** Zeit, **3801:** Fotodiode, **3802:** Verstärkungs-Transistor, **3803:** Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistor, **3804:** Rücksetz-Transistor, **3812:** Signalladungssammlungsteil, **3813:** Ladungssammlungs-Steuersignalleitung, **3814:** Rücksetz-Signalleitung, **3820:** Ausgangssignal-Leitung, **3830:** Stromversorgungsleitung, **3831:** Massepotential-Leitung, **3832:** Rücksetz-Stromversorgungsleitung, **3912:** Potential, **3913:** Potential, **3914:** Potential, **3920:** Potential, **3930:** Zeit, **3931:** Zeit, **3932:** Zeit, **3933:** Zeit, **3934:** Zeit, **3935:** Zeit, **4001:** Potential, **4401:** Fotodiode, **4402:** Verstärkungs-Transistor, **4405:** Auswahl-Transistor, **4412:** Signalladungssammlungsteil,

4415: Auswahl-Signalleitung, **4416:** Rücksetz-Signalleitung, **4420:** Ausgangssignal-Leitung, **4430:** Stromversorgungsleitung, **4501:** Potential, **4502:** Potential, **4980:** Potential, **5001:** Gehäuse, **5002:** Bildschirm-Teil, **5003:** Standfuß, **5101:** Gehäuse, **5102:** Bildschirm-Teil, **5103:** Schalter, **5104:** Bedientaste, **5105:** Infrarot-Schnittstelle, **5201:** Gehäuse, **5202:** Bildschirm-Teil, **5203:** Münzschlitz, **5204:** Geldschein-Schlitz, **5205:** Karten-Schlitz, **5206:** Sparbuch-Schlitz, **5301:** Gehäuse, **5302:** Gehäuse, **5303:** Bildschirm-Teil, **5304:** Bildschirm-Teil, **5305:** Mikrofon, **5306:** Lautsprecher, **5307:** Bedientaste, **5308:** Eingabestift, **6102:** Verstärkungs-Transistor, **6103:** Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistor, **6105:** Auswahl-Transistor, **6202:** Verstärkungs-Transistor, **6203:** Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistor, **6205:** Auswahl-Transistor, **36001:** Potential, **36002:** Potential, und **36480:** Potential.

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 2010-050486 [[0403](#)]

Patentansprüche**1. Halbleiterbauelement, umfassend:**

eine Vielzahl von Bildpunkten, die in einer Matrix angeordnet sind, wobei jeder aus der Vielzahl von Bildpunkten folgendes umfasst:

eine Fotodiode;

einen Signalladungssammlungsteil;

einen Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistor, wobei eines von Source und Drain des Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistors elektrisch mit der Fotodiode verbunden ist, und das andere von Source oder Drain des Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistors elektrisch mit dem Signalladungssammlungsteil verbunden ist;

einen Rücksetz-Transistor, wobei eines von Source und Drain des Rücksetz-Transistors elektrisch mit dem Signalladungssammlungsteil verbunden ist; und einen Verstärkungs-Transistor, wobei ein Gate des Verstärkungs-Transistors elektrisch mit dem Signalladungssammlungsteil verbunden ist,

wobei ein Kanalbildungs-Bereich in mindestens einem von Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistor und Rücksetz-Transistor einen Oxid-Halbleiter umfasst,

wobei, nachdem eine Rücksetz-Operation des Signalladungssammlungsteils in der Vielzahl von Bildpunkten im Wesentlichen gleichzeitig durchgeführt wurde, von der Fotodiode eine Ladungssammlungs-Operation in der Vielzahl von Bildpunkten im Wesentlichen gleichzeitig ausgeführt wird, und eine Leseoperation eines Signals von jedem aus der Vielzahl der Bildpunkte pro Zeile ausgeführt wird, und wobei Gates der Rücksetz-Transistoren in der Vielzahl von Bildpunkten elektrisch miteinander verbunden sind.

2. Halbleiterbauelement nach Anspruch 1, wobei jeder aus der Vielzahl von Bildpunkten ferner einen Auswahl-Transistor umfasst,

und

wobei eines von Source und Drain des Auswahl-Transistors elektrisch mit dem einen aus Source und Drain des Verstärkungs-Transistors verbunden ist.

3. Halbleiterbauelement nach Anspruch 1, wobei Gates der Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistoren in der Vielzahl von Bildpunkten elektrisch miteinander verbunden sind.

4. Halbleiterbauelement nach Anspruch 1, wobei das andere von Source und Drain des Rücksetz-Transistors elektrisch mit einem von Source und Drain des Verstärkungs-Transistors verbunden ist.

5. Elektronisches Gerät, umfassend das Halbleiterbauelement nach Anspruch 1.

6. Halbleiterbauelement, umfassend:

eine Vielzahl von Bildpunkten, die in einer Matrix angeordnet sind, wobei jeder aus der Vielzahl von Bildpunkten folgendes umfasst:

eine Fotodiode;

einen Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistor, wobei eines von Source und Drain des Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistors elektrisch mit der Fotodiode verbunden ist;

einen Rücksetz-Transistor, wobei eines von Source und Drain des Rücksetz-Transistors elektrisch mit dem anderen von Source und Drain des Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistors verbunden ist; und

einen Verstärkungs-Transistor, wobei ein Gate des Verstärkungs-Transistors elektrisch mit dem anderen von Source und Drain des Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistors und dem einen von Source und Drain des Rücksetz-Transistors verbunden ist, wobei ein Kanalbildungs-Bereich in mindestens einem von Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistor und Rücksetz-Transistor einen Oxid-Halbleiter umfasst,

wobei Gates der Rücksetz-Transistoren in der Vielzahl von Bildpunkten, die in einer Matrix angeordnet sind, elektrisch miteinander verbunden sind, und wobei Gates der Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistoren in der Vielzahl von Bildpunkten elektrisch miteinander verbunden sind.

7. Halbleiterbauelement nach Anspruch 6,

wobei jeder aus der Vielzahl von Bildpunkten ferner einen Auswahl-Transistor umfasst,

und

wobei eines von Source und Drain des Auswahl-Transistors elektrisch mit dem einen aus Source und Drain des Verstärkungs-Transistors verbunden ist.

8. Halbleiterbauelement nach Anspruch 6, wobei das andere von Source und Drain des Rücksetz-Transistors elektrisch mit einem von Source und Drain des Verstärkungs-Transistors verbunden ist.

9. Elektronisches Gerät, umfassend das Halbleiterbauelement nach Anspruch 6.

10. Halbleiterbauelement, umfassend:

eine Vielzahl von Bildpunkten, die in einer Matrix angeordnet sind, wobei jeder aus der Vielzahl von Bildpunkten folgendes umfasst:

eine Fotodiode;

einen Signalladungssammlungsteil, der elektrisch mit der Fotodiode verbunden ist;

einen Transistor, wobei ein Gate des Transistors elektrisch mit dem Signalladungssammlungsteil verbunden ist, und

einen Kondensator, wobei eine der Elektroden des Kondensators elektrisch mit dem Signalladungssammlungsteil verbunden ist,

wobei ein Kanalbildungs-Bereich in dem Transistor einen Oxid-Halbleiter umfasst, und

wobei, nachdem eine Rücksetz-Operation des Signalladungssammlungsteils in der Vielzahl von Bildpunkten, die in der Matrix angeordnet sind, im Wesentlichen gleichzeitig durchgeführt wurde, von der Fotodiode eine Ladungssammlungs-Operation in der Vielzahl von Bildpunkten im Wesentlichen gleichzeitig ausgeführt wird, und eine Leseoperation eines Signals von jedem aus der Vielzahl der Bildpunkte zeilenweise ausgeführt wird.

11. Halbleiterbauelement nach Anspruch 10, wobei der Transistor ein Verstärkungs-Transistor ist.

12. Elektronisches Gerät, umfassend das Halbleiterbauelement nach Anspruch 10.

13. Verfahren zur Ansteuerung eines Halbleiterbauelementes, das eine Vielzahl von Bildpunkten umfasst, die in einer Matrix angeordnet sind, wobei jeder aus der Vielzahl von Bildpunkten eine Fotodiode, einen Signalladungssammlungsteil, einen Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistor, einen Rücksetz-Transistor, einen Verstärkungs-Transistor und einen Auswahl-Transistor umfasst, wobei eines von Source und Drain des Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistors elektrisch mit der Fotodiode verbunden ist, das andere von Source und Drain des Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistors elektrisch mit dem Signalladungssammlungsteil verbunden ist, eines von Source und Drain des Rücksetz-Transistors elektrisch mit dem Signalladungssammlungsteil verbunden ist, ein Gate des Verstärkungs-Transistors elektrisch mit dem Signalladungssammlungsteil verbunden ist, und eines von Source und Drain des Auswahl-Transistors elektrisch mit einem von Source und Drain des Verstärkungs-Transistors verbunden ist, wobei das Verfahren die folgenden Schritte umfasst:

Gleichzeitiges Einschalten der Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistoren in der Vielzahl von Bildpunkten;

gleichzeitiges Einschalten der Rücksetz-Transistoren in der Vielzahl von Bildpunkten und Einstellen eines Potentials des Signalladungssammlungsteils in jedem aus der Vielzahl der Bildpunkte auf ein Rücksetz-Potential;

gleichzeitiges Ausschalten der Rücksetz-Transistoren in der Vielzahl von Bildpunkten und Ändern des Potentials des Signalladungssammlungsteils in jedem aus der Vielzahl der Bildpunkte;

gleichzeitiges Ausschalten der Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistoren in der Vielzahl von Bildpunkten und Halten des Potentials des Signalladungssammlungsteils in jedem aus der Vielzahl der Bildpunkte; und

zeilenweises sequentielles Einschalten der Auswahl-Transistoren und Ausgeben eines Signals, das dem Potential des Signalladungssammlungsteils in jedem aus der Vielzahl von Bildpunkten entspricht, vom Ver-

stärkungs-Transistor in jedem der Vielzahl der Bildpunkte,

wobei ein Kanalbildungs-Bereich in mindestens einem von Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistor und Rücksetz-Transistor einen Oxid-Halbleiter umfasst.

14. Verfahren zur Ansteuerung eines Halbleiterbauelementes nach Anspruch 13, wobei die Rücksetz-Transistoren aus der Vielzahl von Bildpunkten mit einem Signal betrieben werden.

15. Verfahren zur Ansteuerung eines Halbleiterbauelementes nach Anspruch 13, wobei die Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistoren aus der Vielzahl von Bildpunkten mit einem Signal betrieben werden.

16. Verfahren zur Ansteuerung eines Halbleiterbauelementes, das eine Vielzahl von Bildpunkten umfasst, die in einer Matrix angeordnet sind, wobei jeder aus der Vielzahl von Bildpunkten eine Fotodiode, einen Signalladungssammlungsteil, einen Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistor, einen Rücksetz-Transistor, einen Verstärkungs-Transistor und einen Auswahl-Transistor umfasst, wobei eines von Source und Drain des Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistors elektrisch mit der Fotodiode verbunden ist, das andere von Source und Drain des Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistors elektrisch mit dem Signalladungssammlungsteil verbunden ist, eines von Source und Drain des Rücksetz-Transistors elektrisch mit dem Signalladungssammlungsteil verbunden ist, ein Gate des Verstärkungs-Transistors elektrisch mit dem Signalladungssammlungsteil verbunden ist, und eines von Source und Drain des Auswahl-Transistors elektrisch mit einem von Source und Drain des Verstärkungs-Transistors verbunden ist, wobei das Verfahren die folgenden Schritte umfasst:

Gleichzeitiges Einschalten des Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistors in jedem aus der Vielzahl von Bildpunkten;

gleichzeitiges Einschalten des Rücksetz-Transistors in jedem aus der Vielzahl der Bildpunkte und Einstellen eines Potentials des Signalladungssammlungsteils in jedem aus der Vielzahl der Bildpunkte auf ein Rücksetz-Potential;

gleichzeitiges Ausschalten des Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistors in jedem aus der Vielzahl der Bildpunkte und Ändern eines Potentials einer Kathode der Fotodiode in jedem aus der Vielzahl der Bildpunkte;

gleichzeitiges Ausschalten des Rücksetz-Transistors in jedem aus der Vielzahl der Bildpunkte und Halten des Potentials des Signalladungssammlungsteils in jedem aus der Vielzahl der Bildpunkte;

gleichzeitiges Einschalten des Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistors in jedem aus der Vielzahl der Bildpunkte und Ändern des Potentials des Signalla-

dungssammlungsteils in jedem aus der Vielzahl der Bildpunkte; gleichzeitiges Ausschalten des Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistors in jedem aus der Vielzahl der Bildpunkte und Halten des Potentials des Signalladungssammlungsteils; und zeilenweises sequentielles Einschalten der Auswahl-Transistoren und Ausgeben eines Signals, das dem Potential des Signalladungssammlungsteils in jedem aus der Vielzahl von Bildpunkten entspricht, vom Verstärkungs-Transistor in jedem der Vielzahl der Bildpunkte, wobei ein Kanalbildungs-Bereich in mindestens einem von Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistor und Rücksetz-Transistor einen Oxid-Halbleiter umfasst.

17. Verfahren zur Ansteuerung eines Halbleiterbauelementes nach Anspruch 16, wobei die Rücksetz-Transistoren aus der Vielzahl von Bildpunkten mit einem Signal betrieben werden.

18. Verfahren zur Ansteuerung eines Halbleiterbauelementes nach Anspruch 16, wobei die Ladungssammlungs-Steuerungs-Transistoren aus der Vielzahl von Bildpunkten mit einem Signal betrieben werden.

Es folgen 38 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

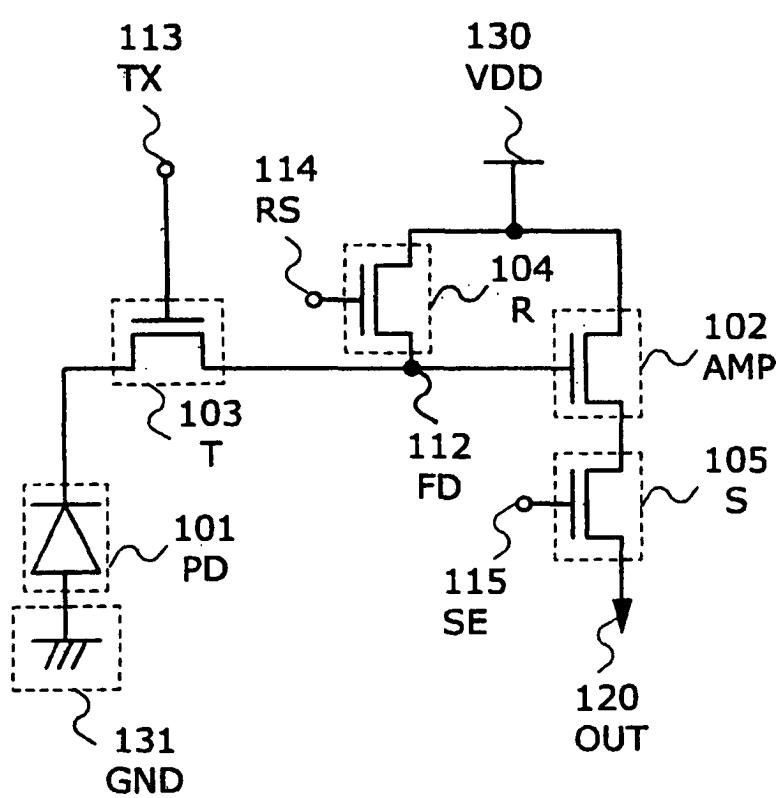


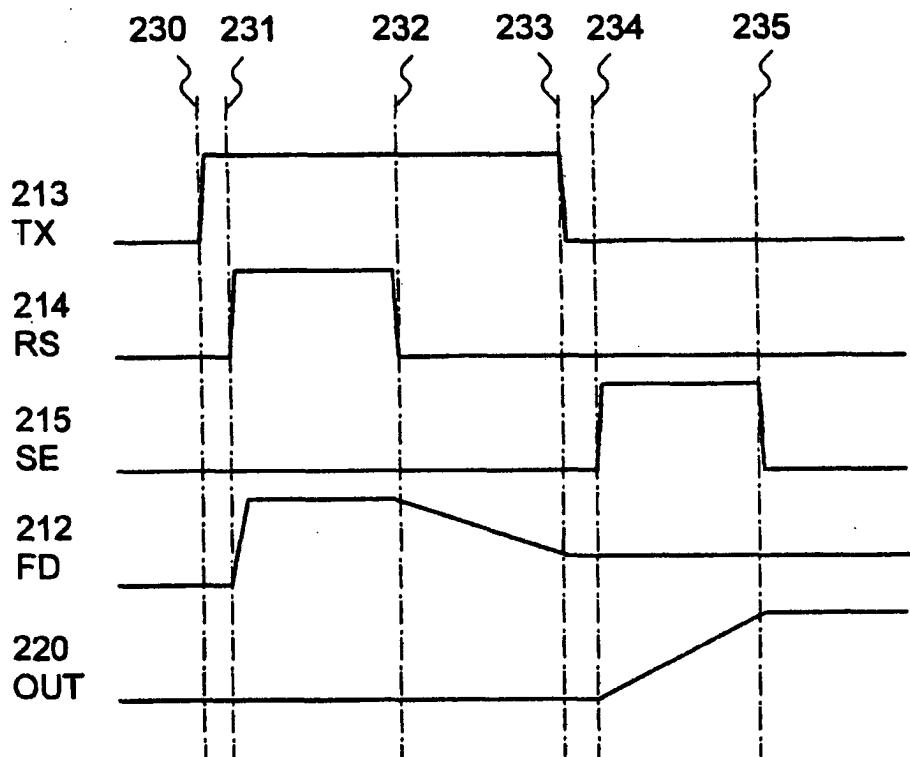
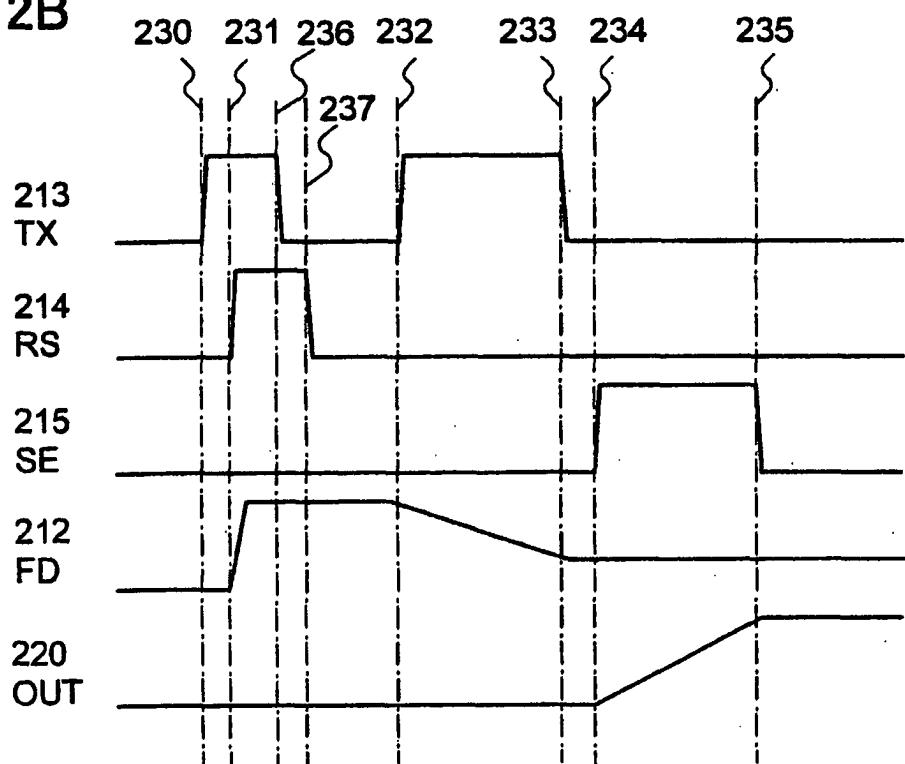
FIG. 2A**FIG. 2B**

FIG. 3

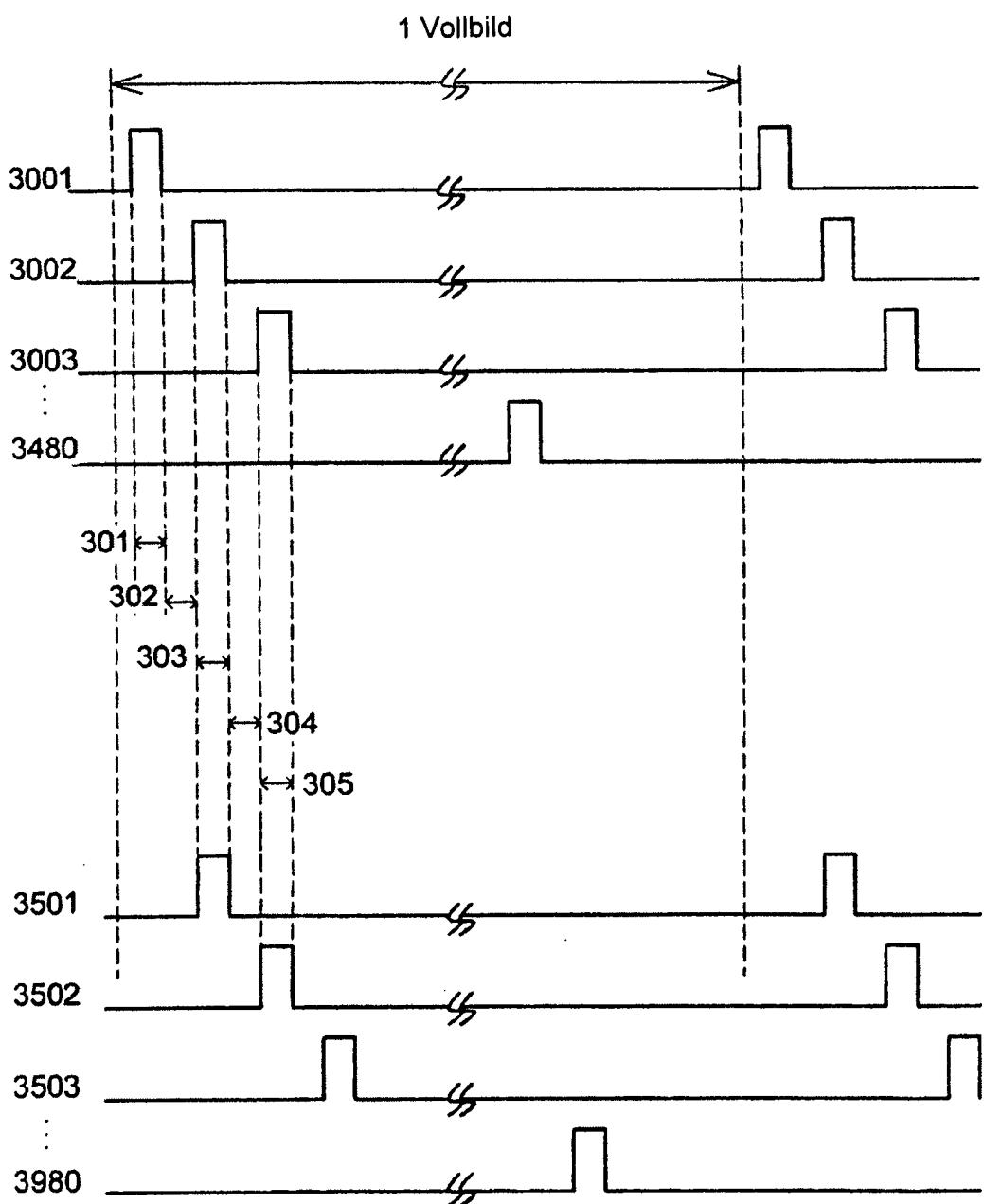


FIG. 4

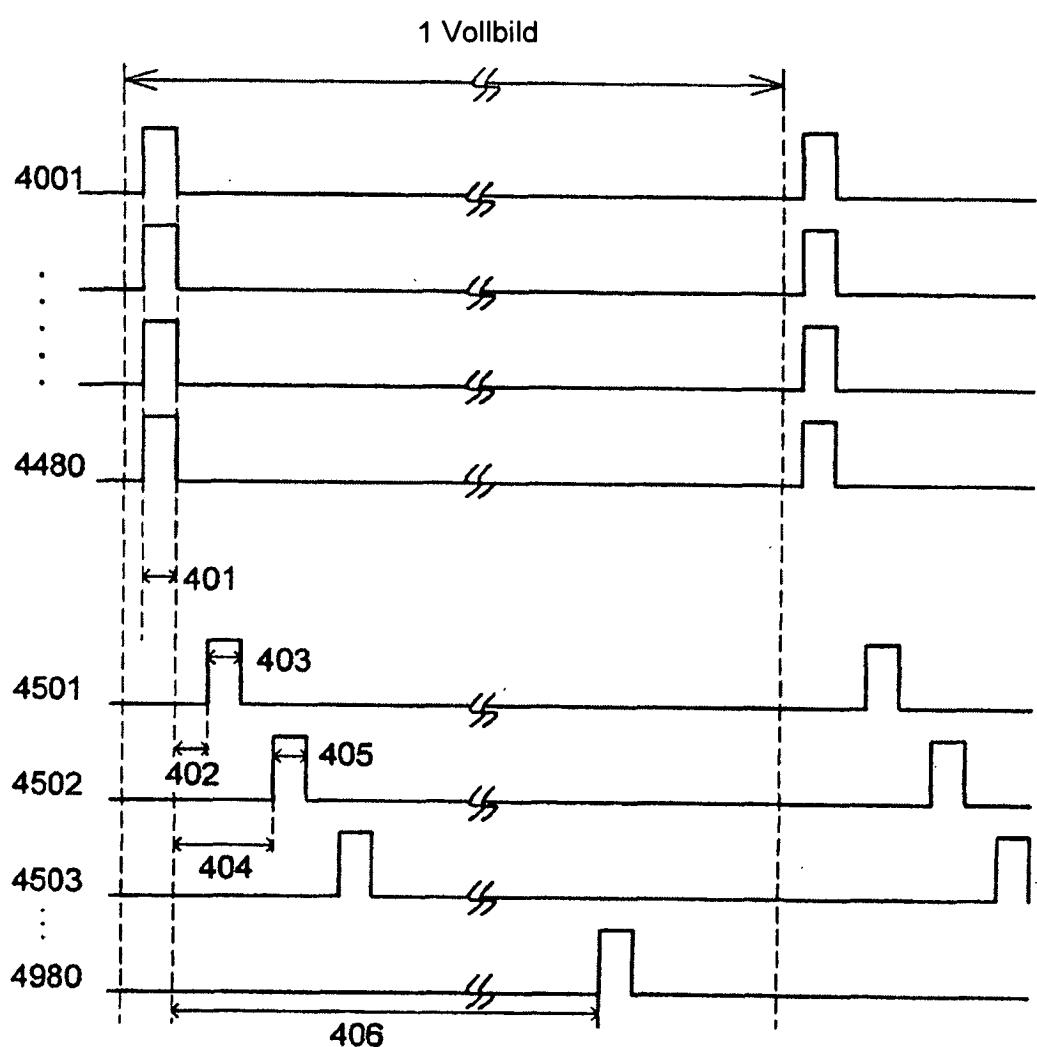


FIG. 5A

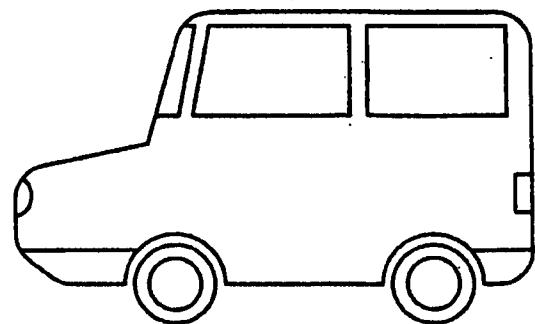


FIG. 5B

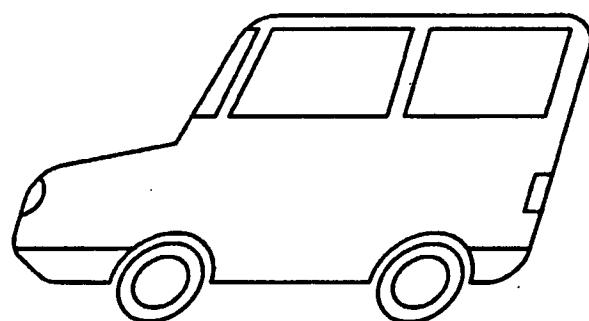


FIG. 5C

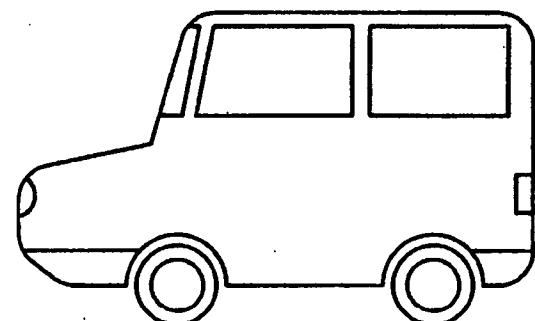


FIG. 6

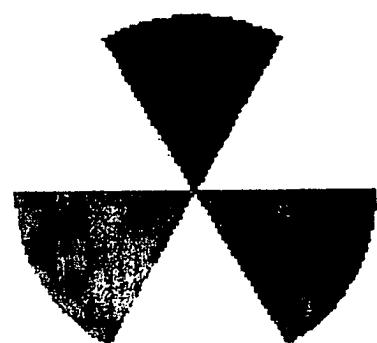


FIG. 7A

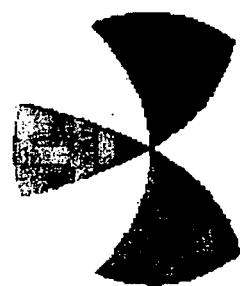


FIG. 7B

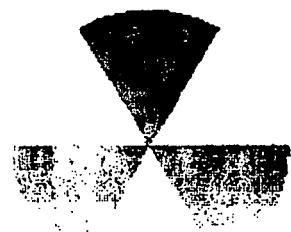


FIG. 7C

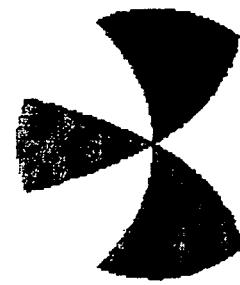


FIG. 7D

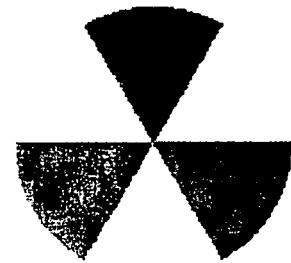


FIG. 8

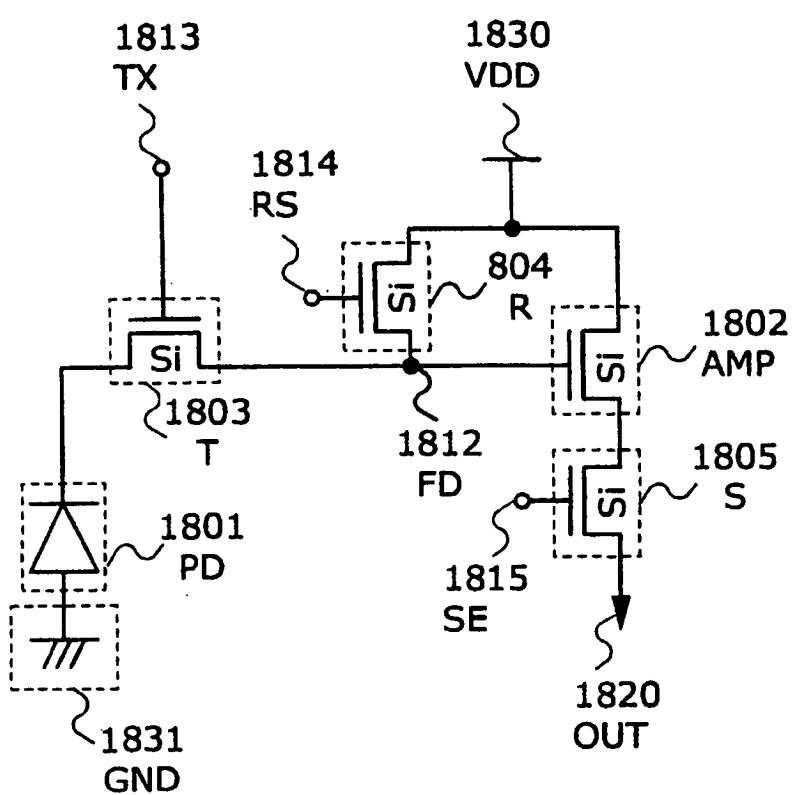


FIG. 9

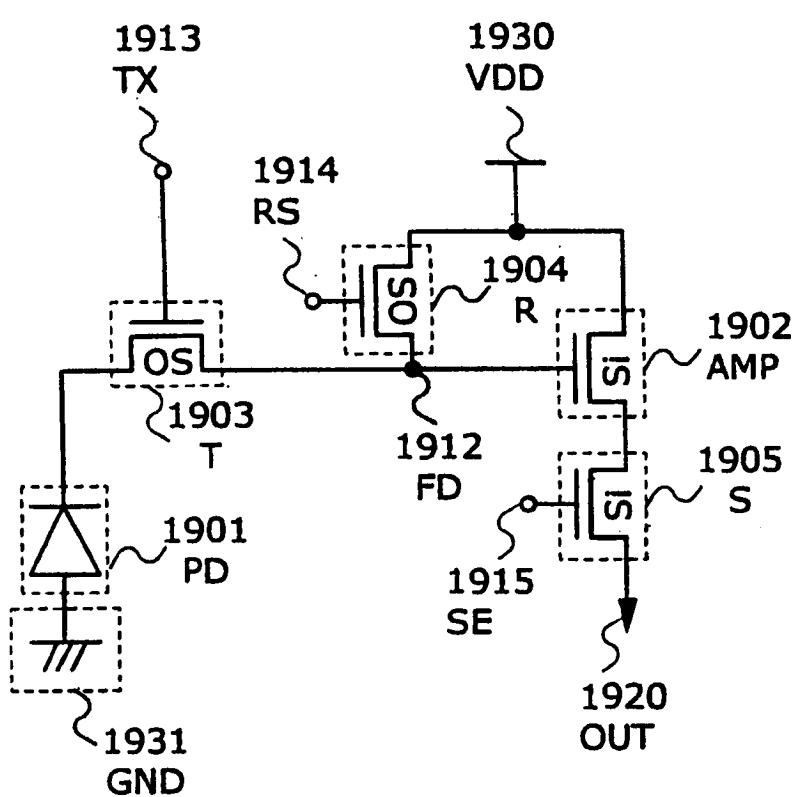


FIG. 10A

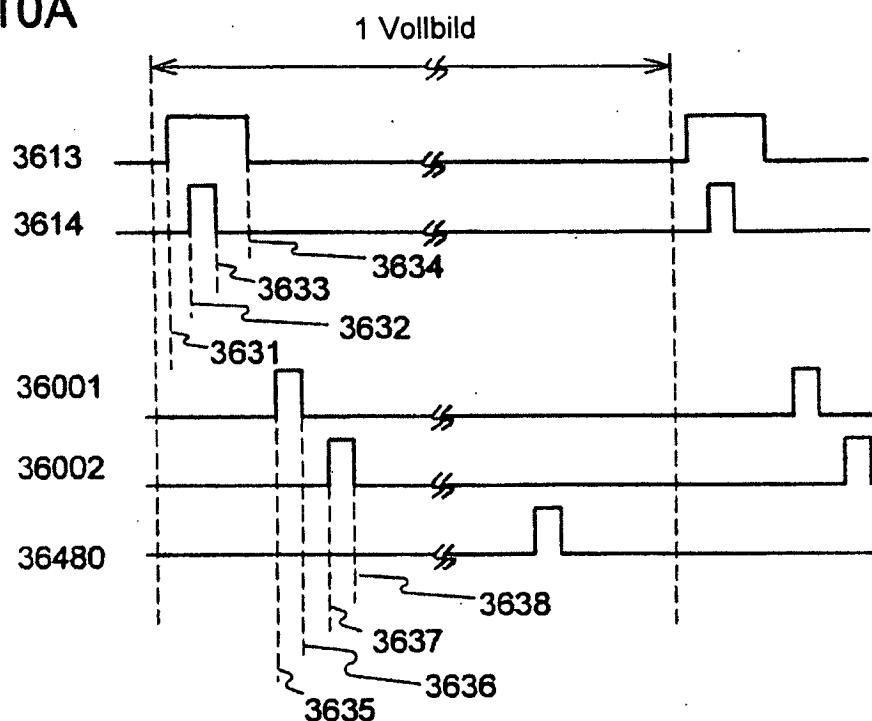


FIG. 10B

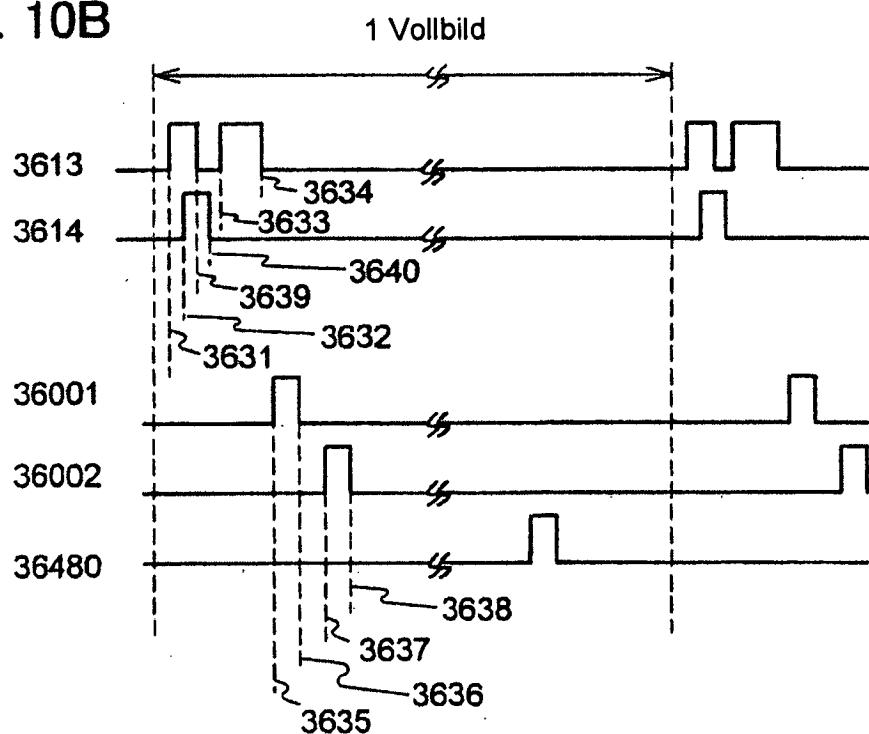


FIG. 11

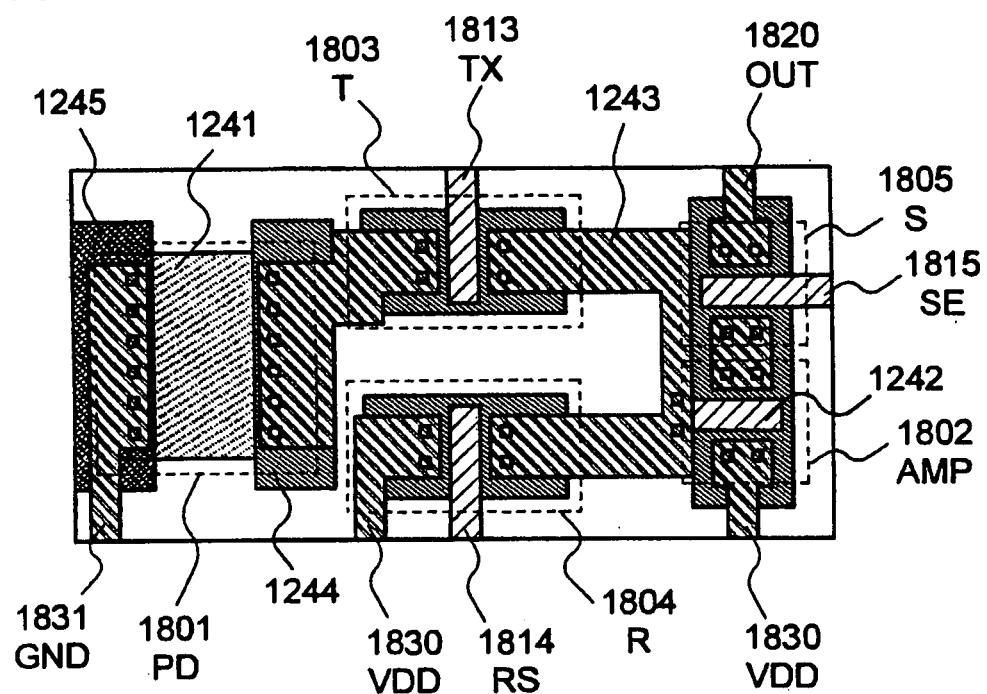


FIG. 12

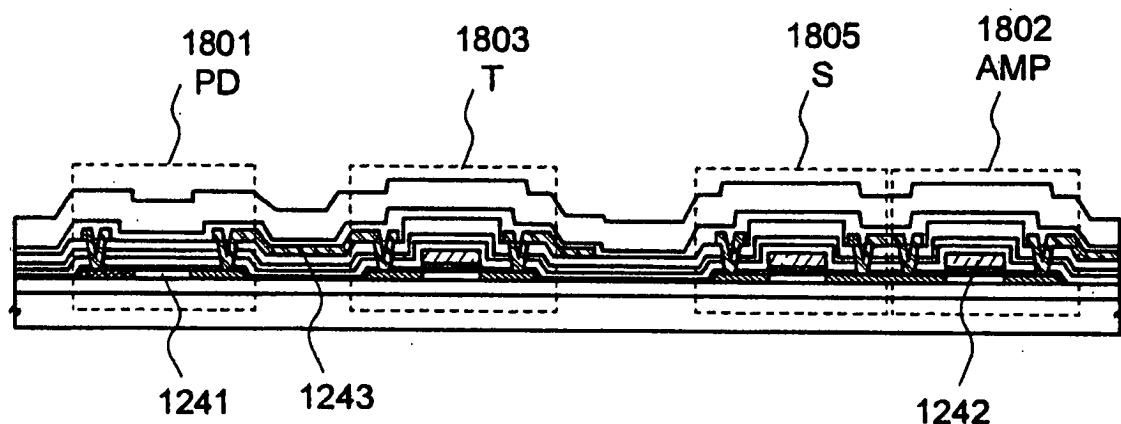


FIG. 13

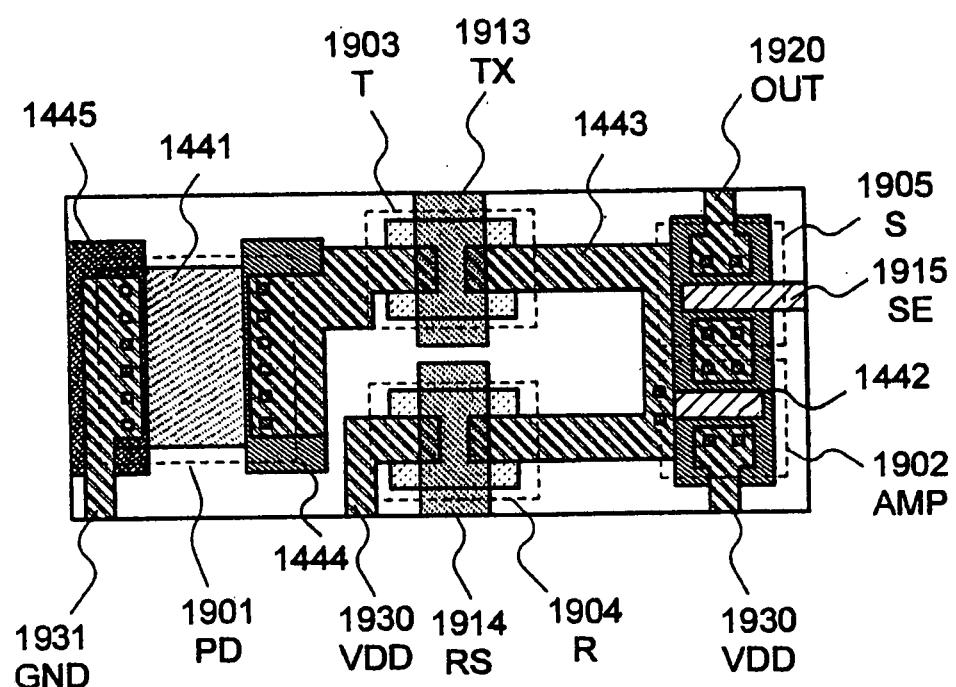


FIG. 14

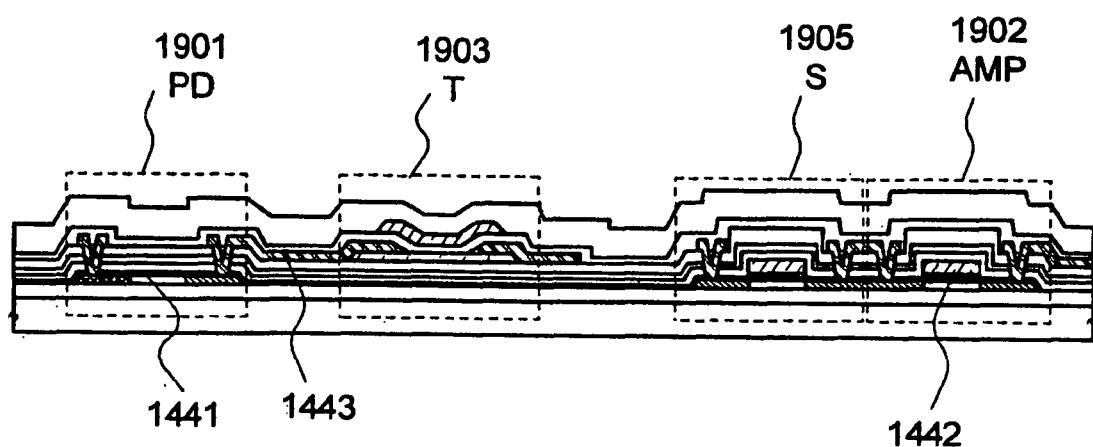


FIG. 15

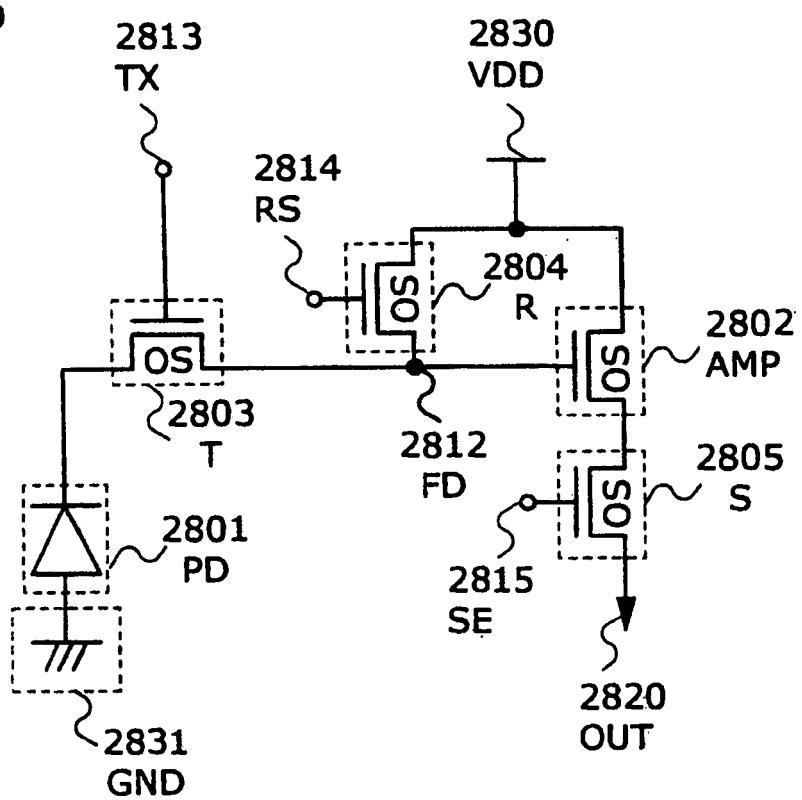


FIG. 16

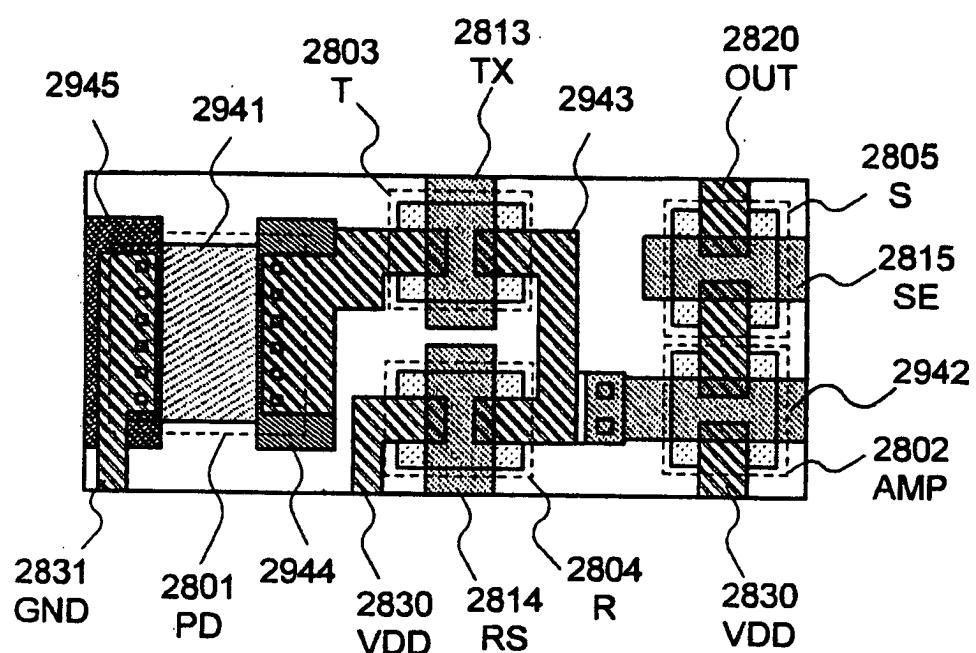


FIG. 17

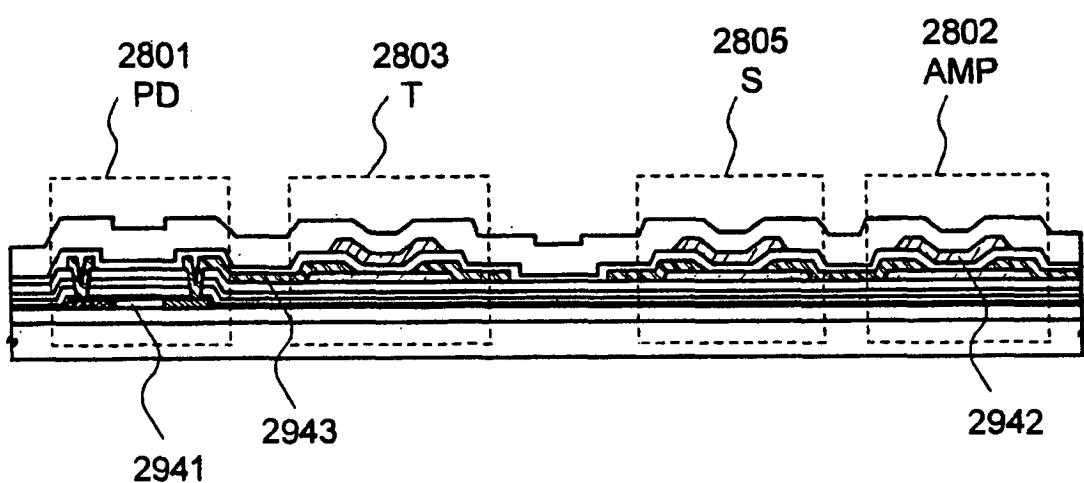


FIG. 18

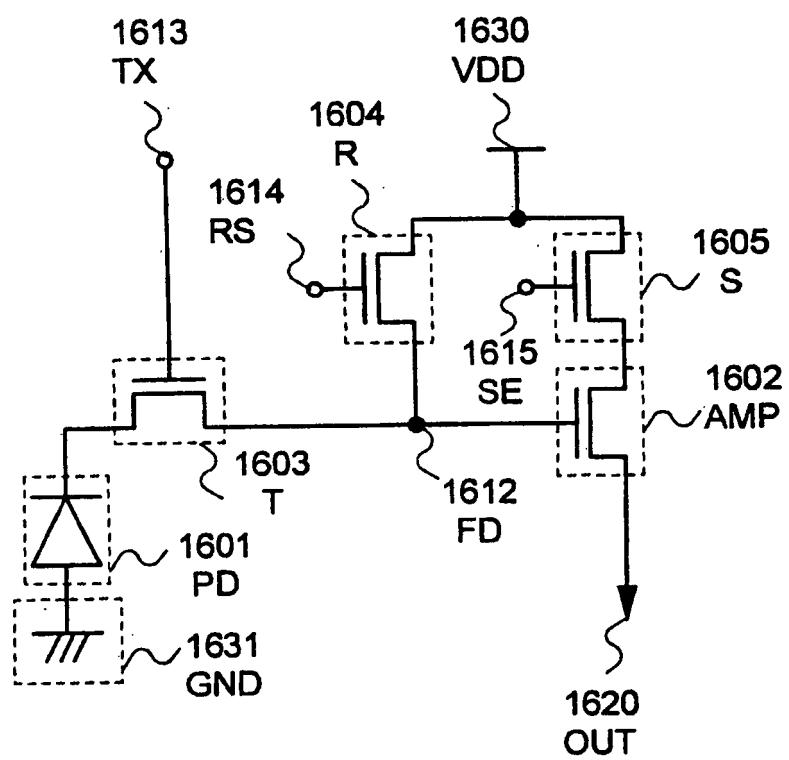


FIG. 19

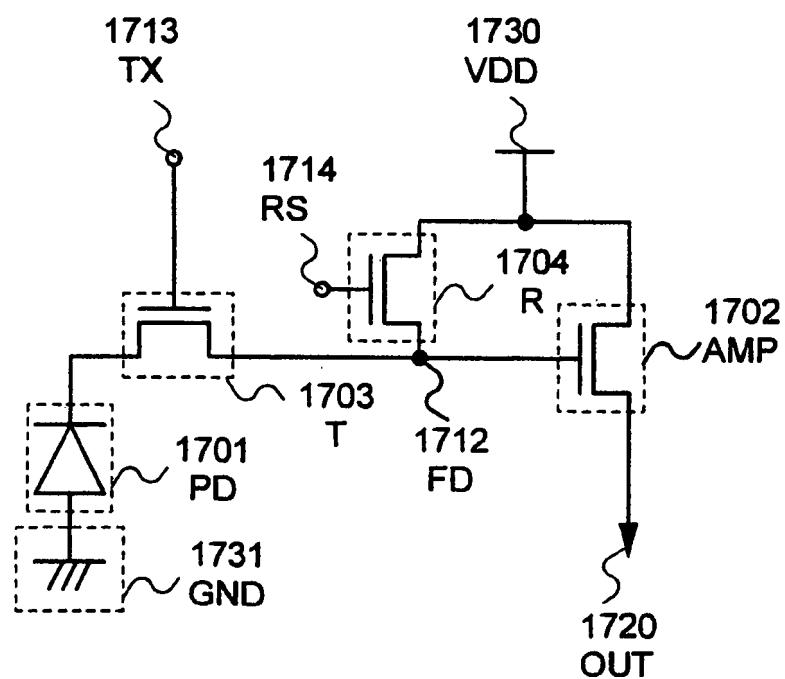


FIG. 20

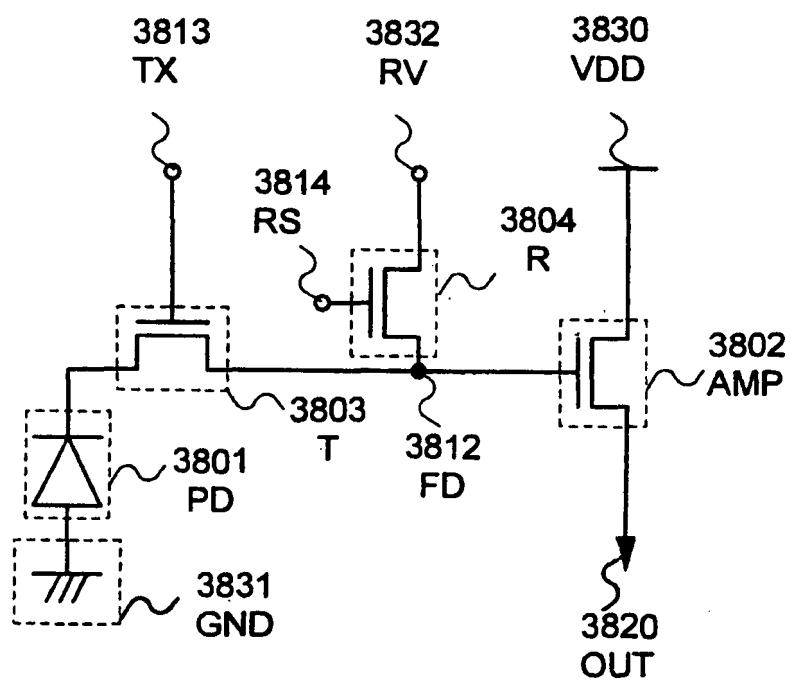


FIG. 21A

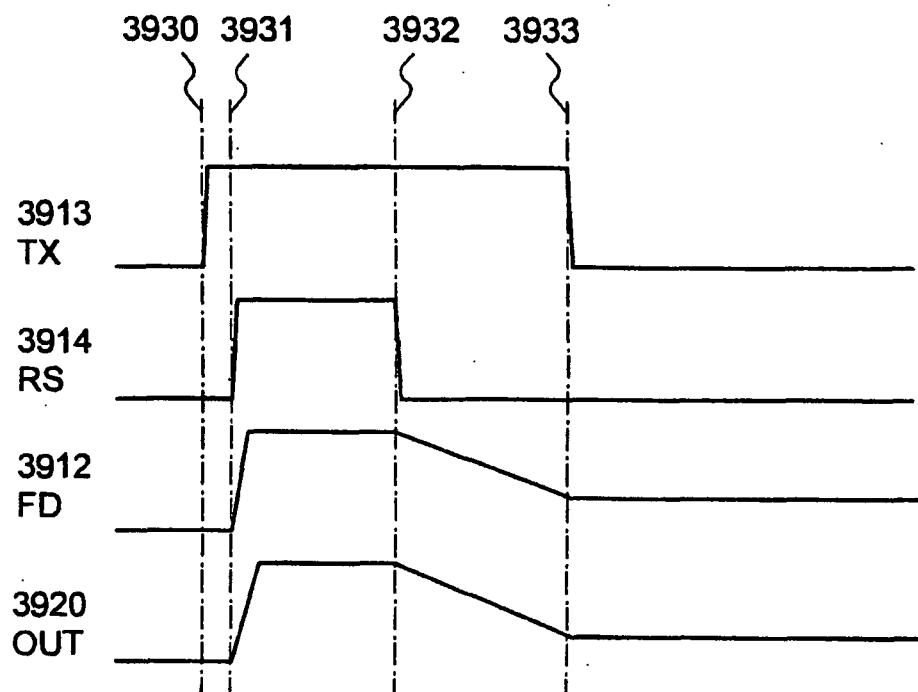


FIG. 21B

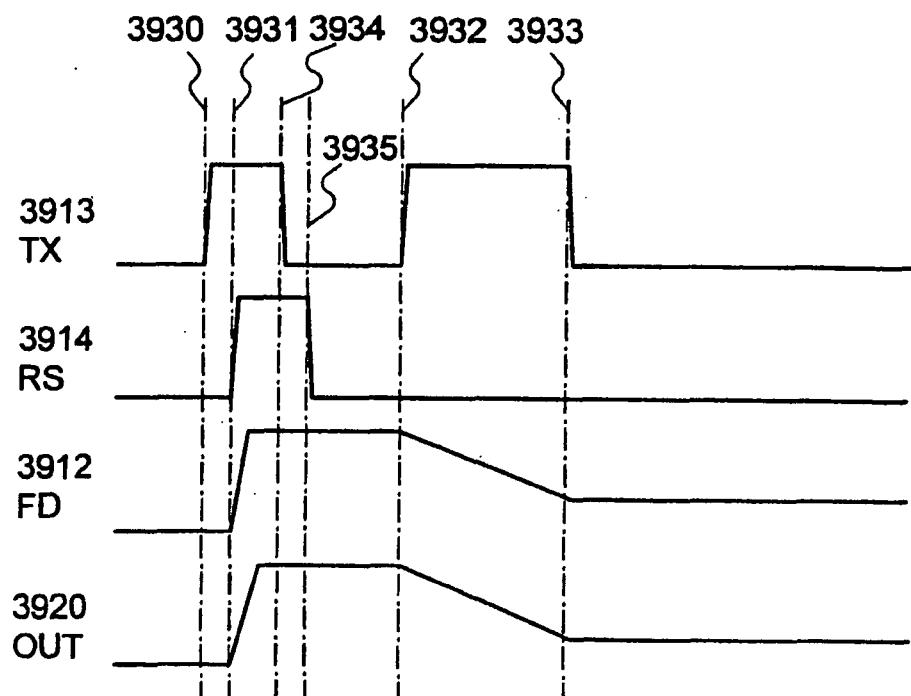


FIG. 22

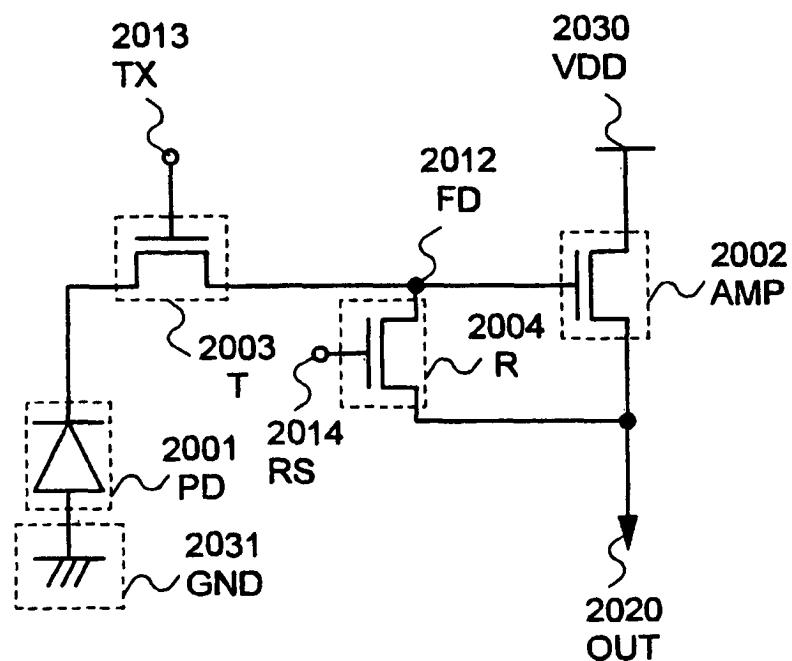


FIG. 23A

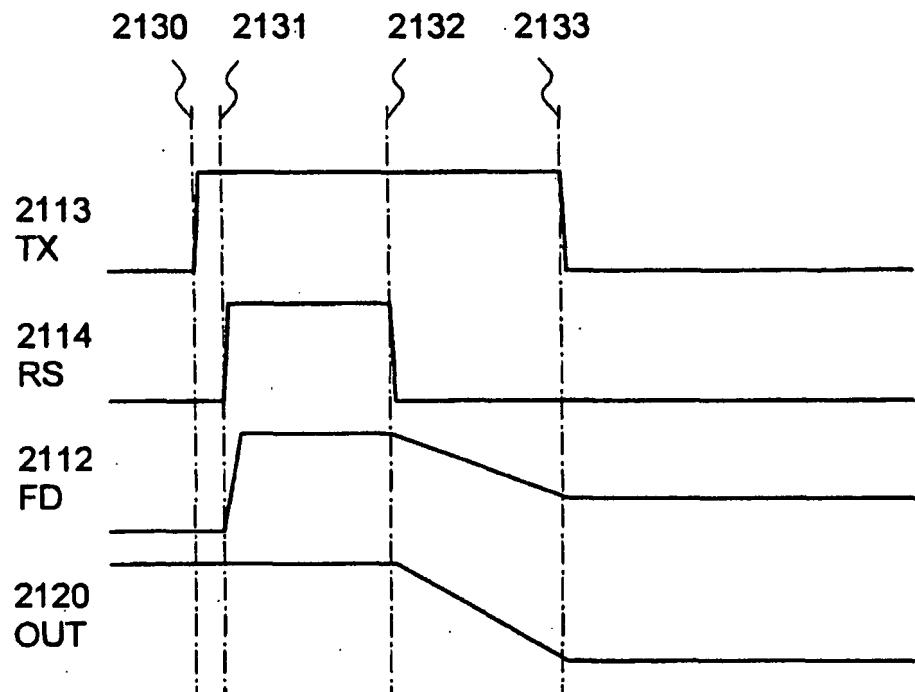


FIG. 23B

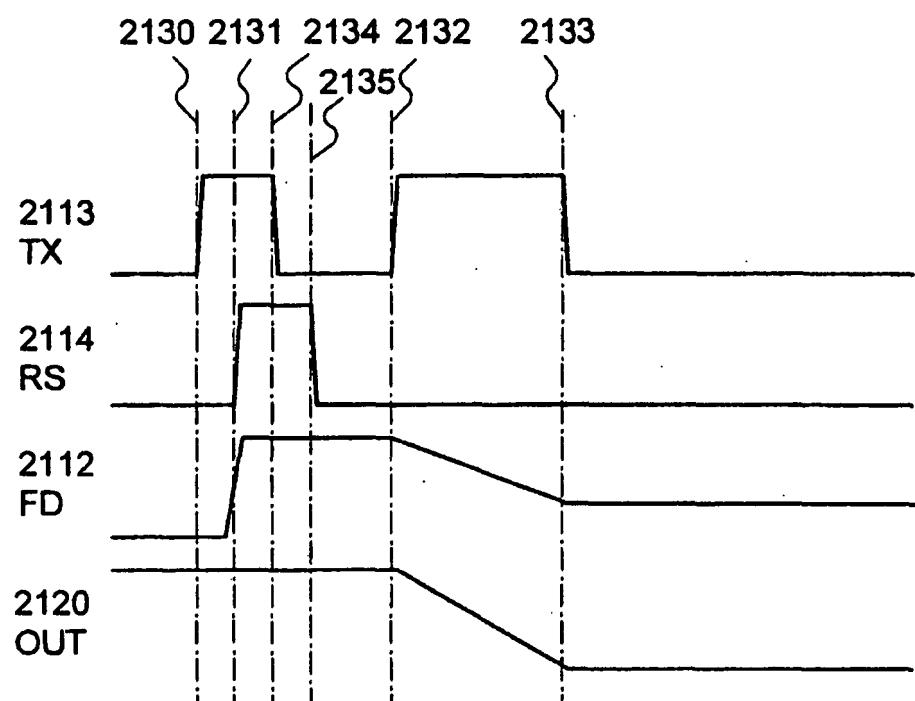


FIG. 24

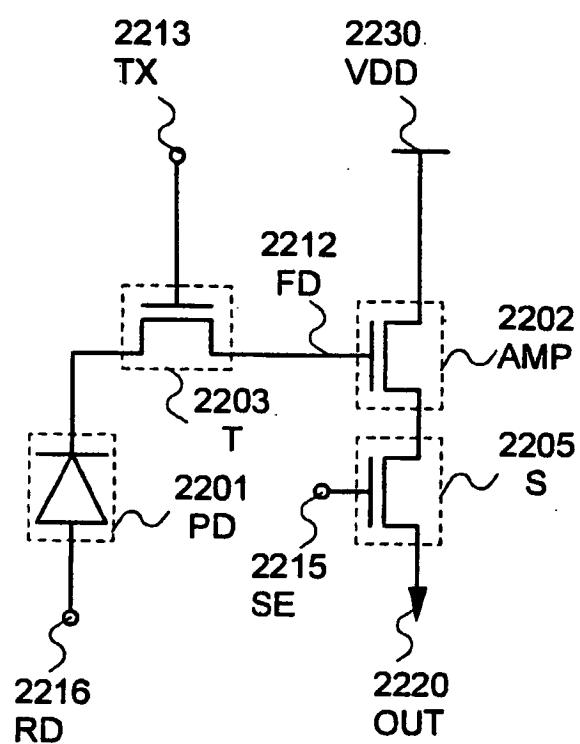


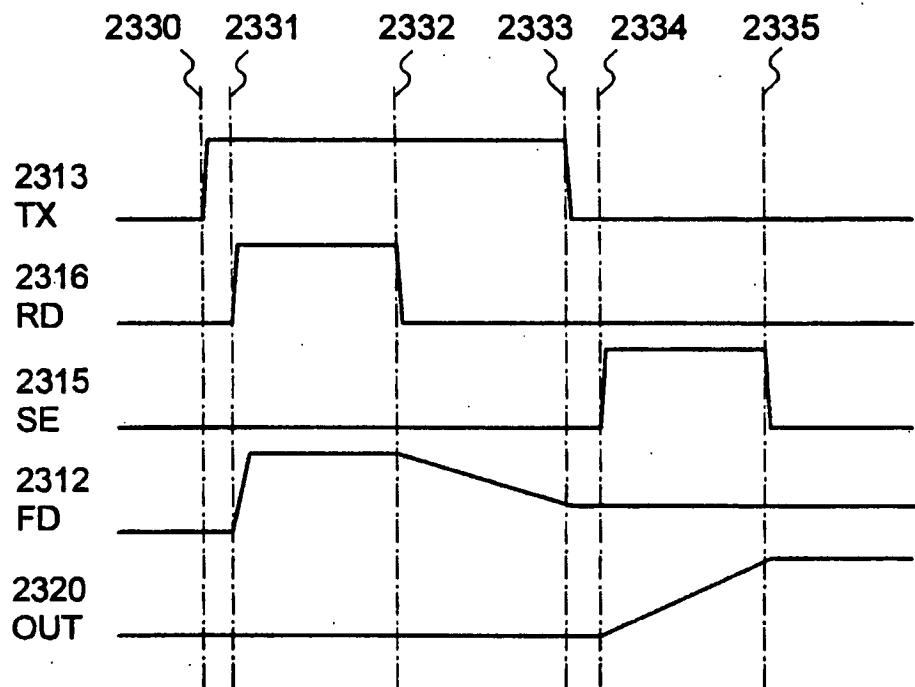
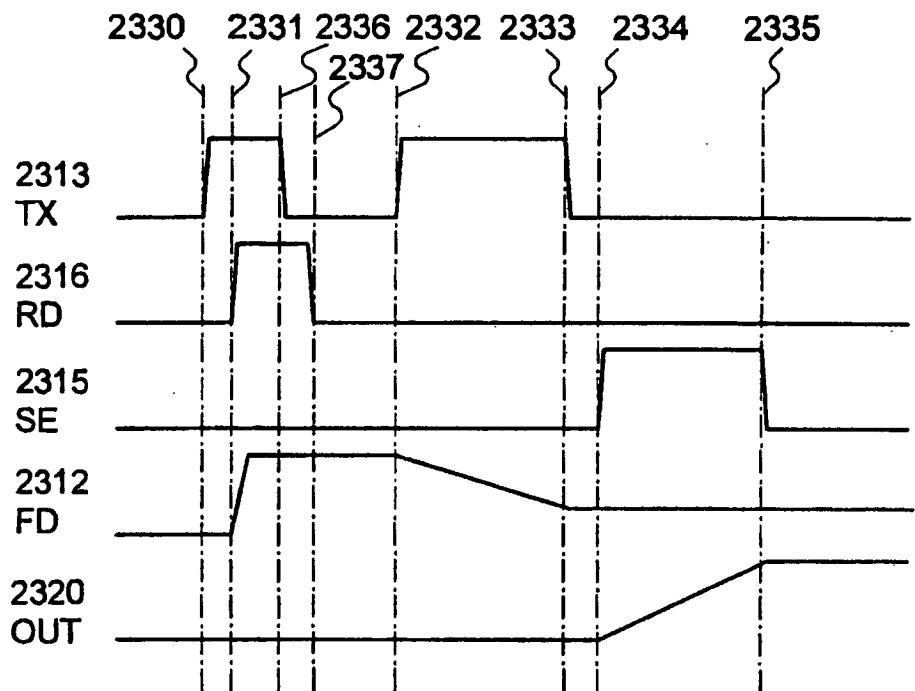
FIG. 25A**FIG. 25B**

FIG. 26

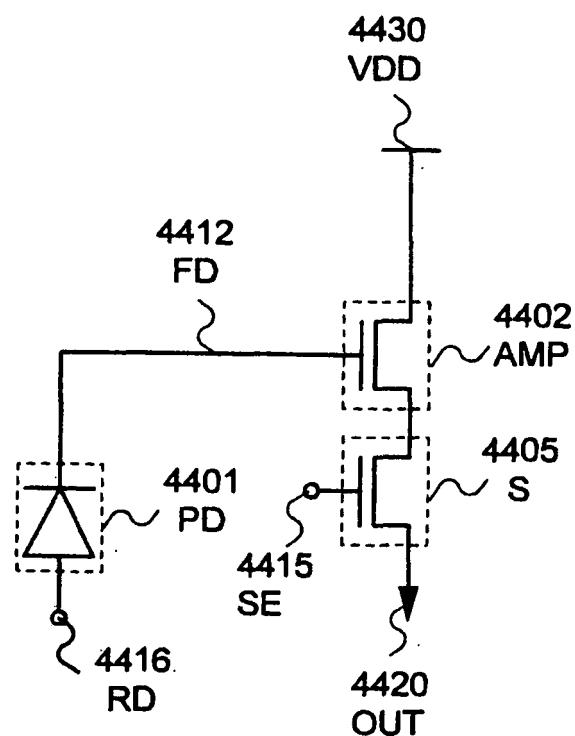


FIG. 27

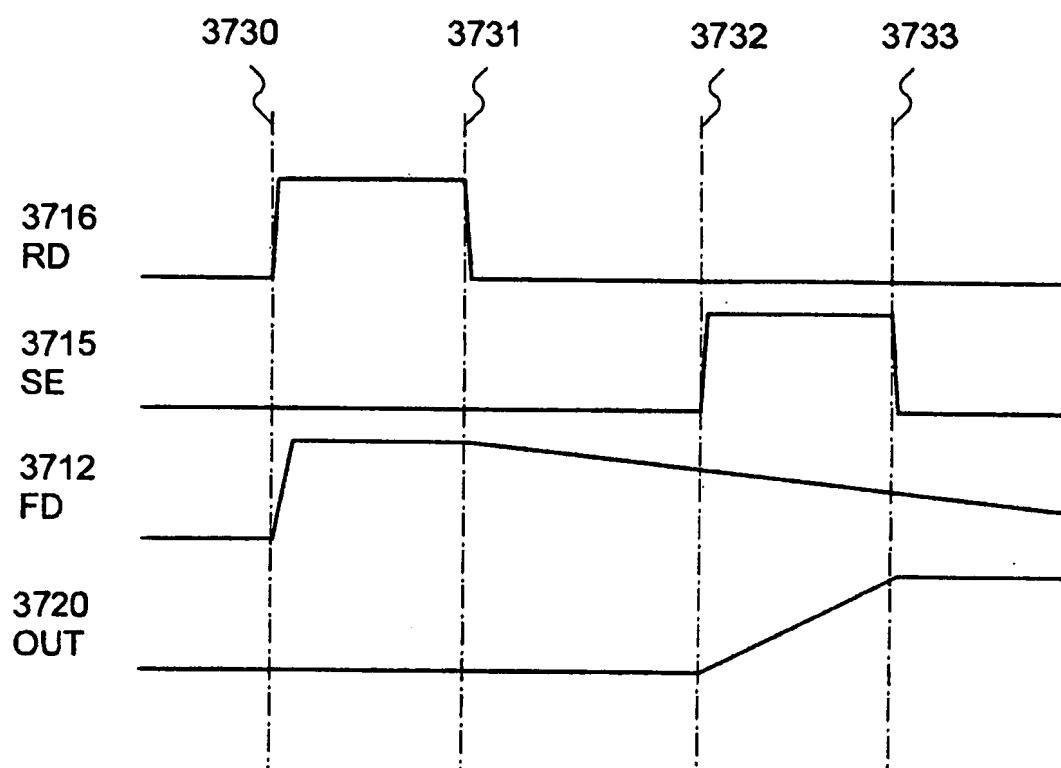


FIG. 28

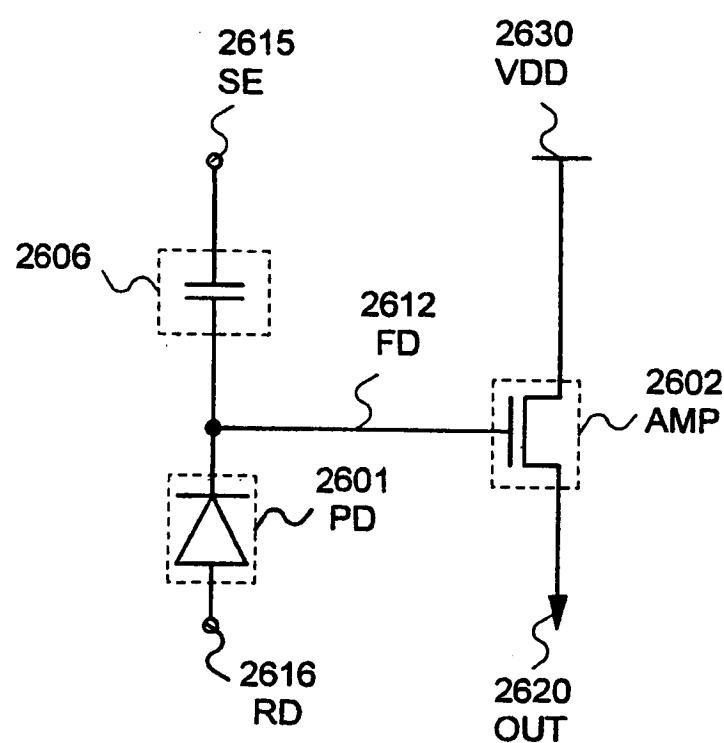


FIG. 29

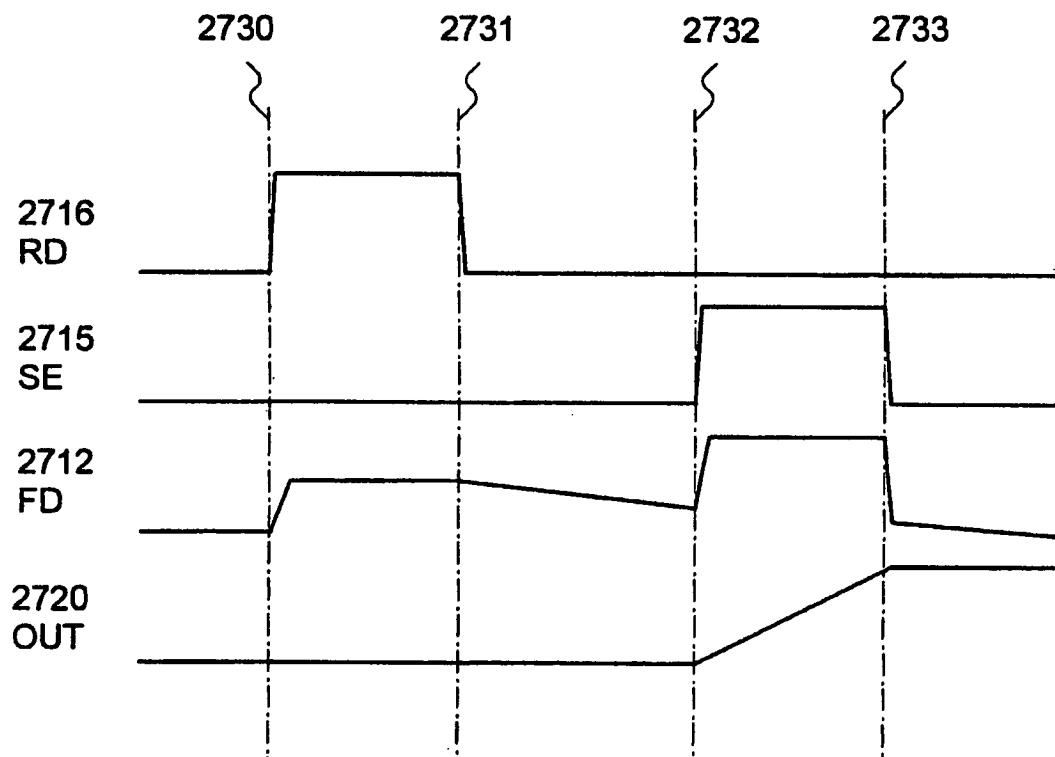


FIG. 30A

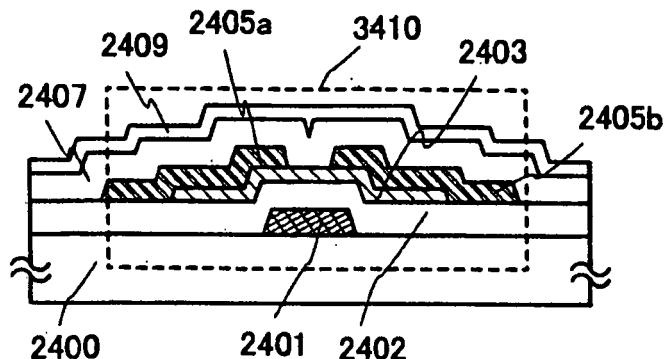


FIG. 30B

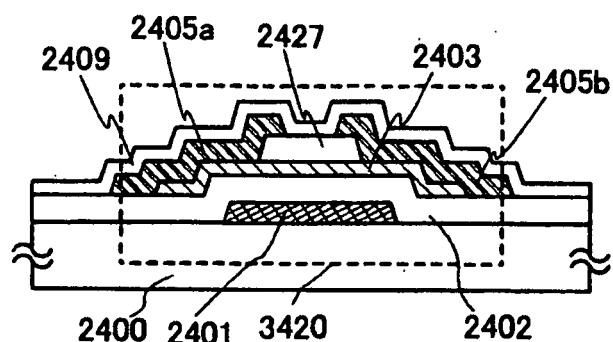


FIG. 30C

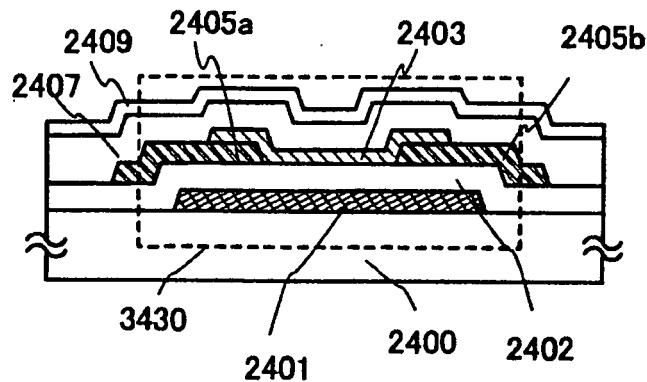


FIG. 30D

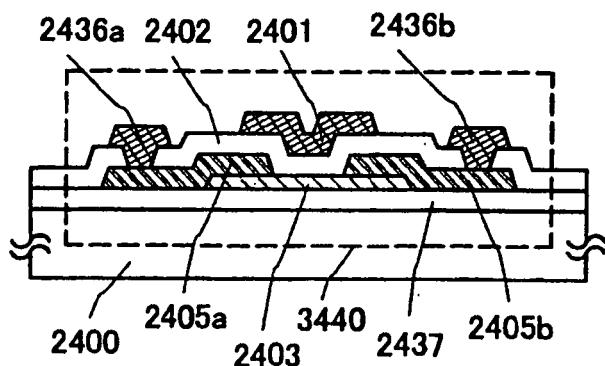


FIG. 31A

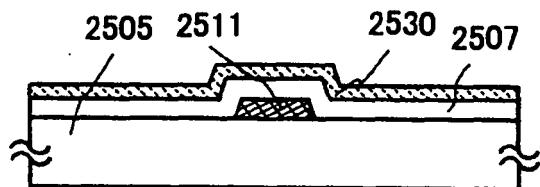


FIG. 31B

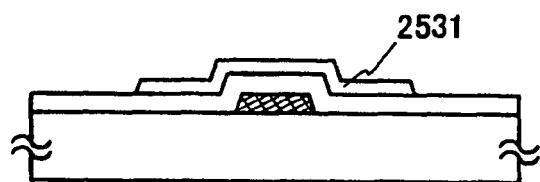


FIG. 31C

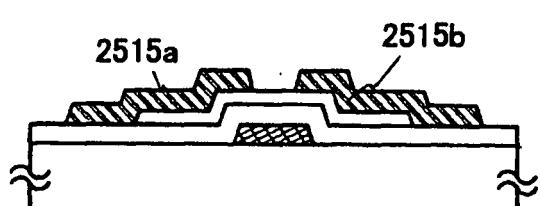


FIG. 31D

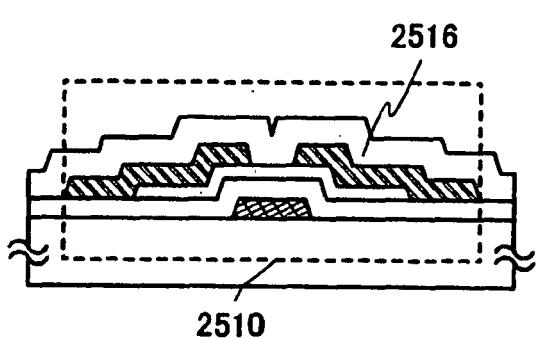


FIG. 31E

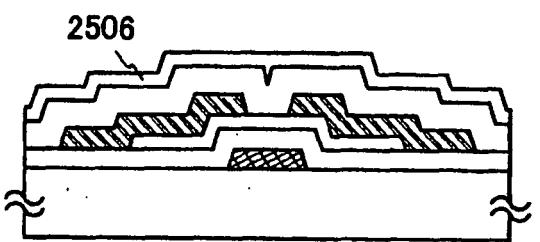


FIG. 32A

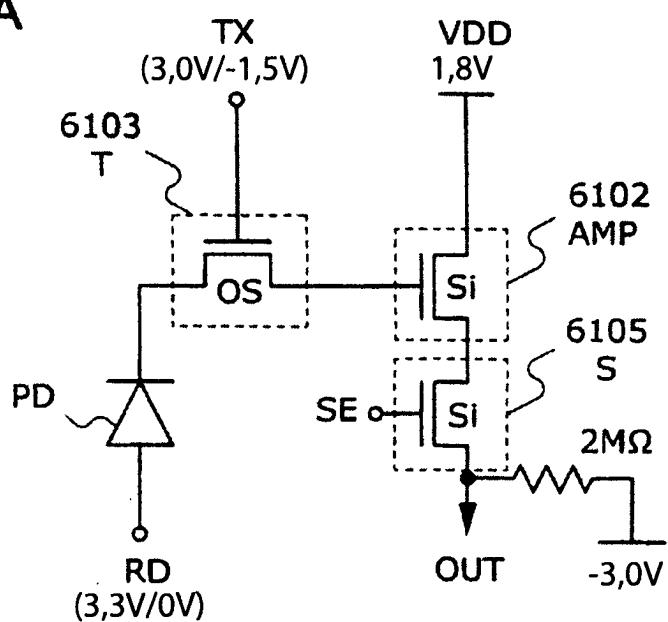


FIG. 32B

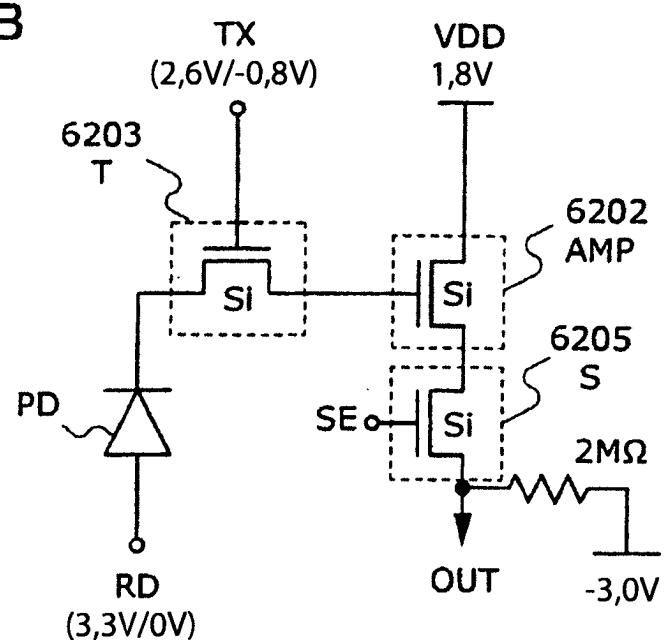


FIG. 33

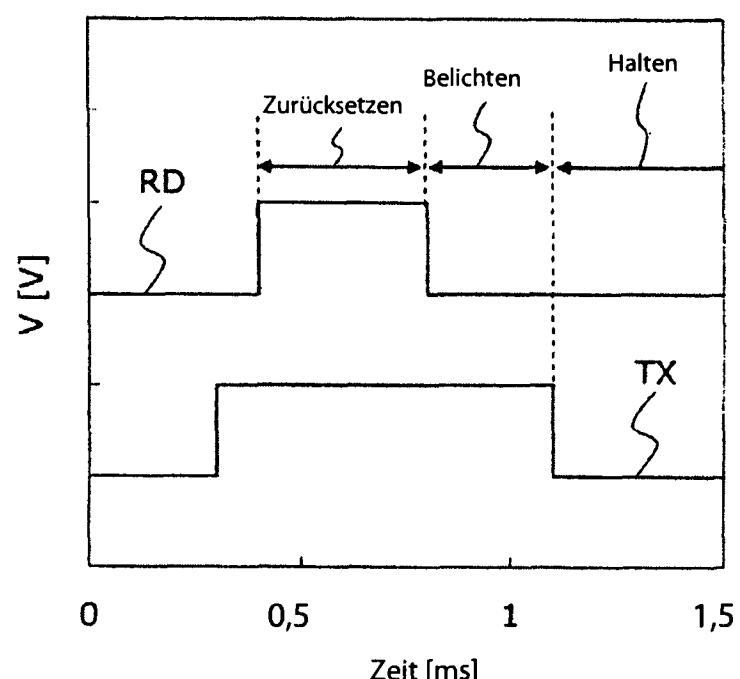


FIG. 34A

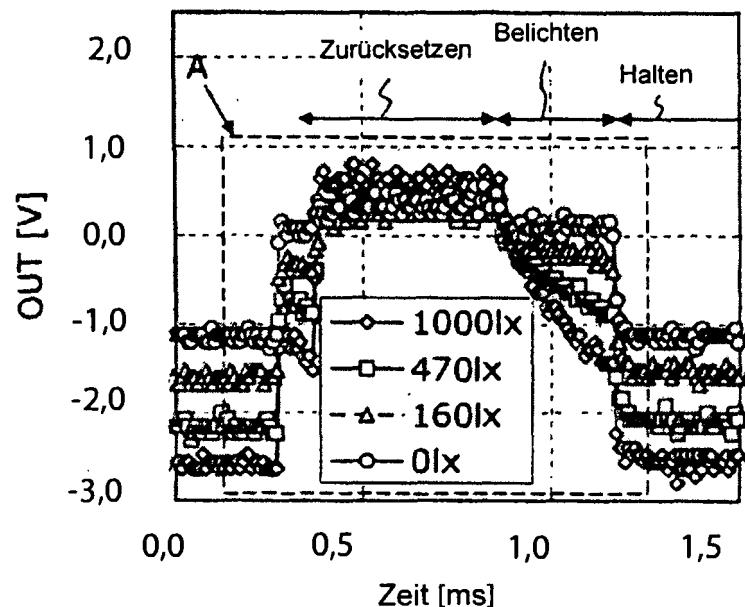


FIG. 34B

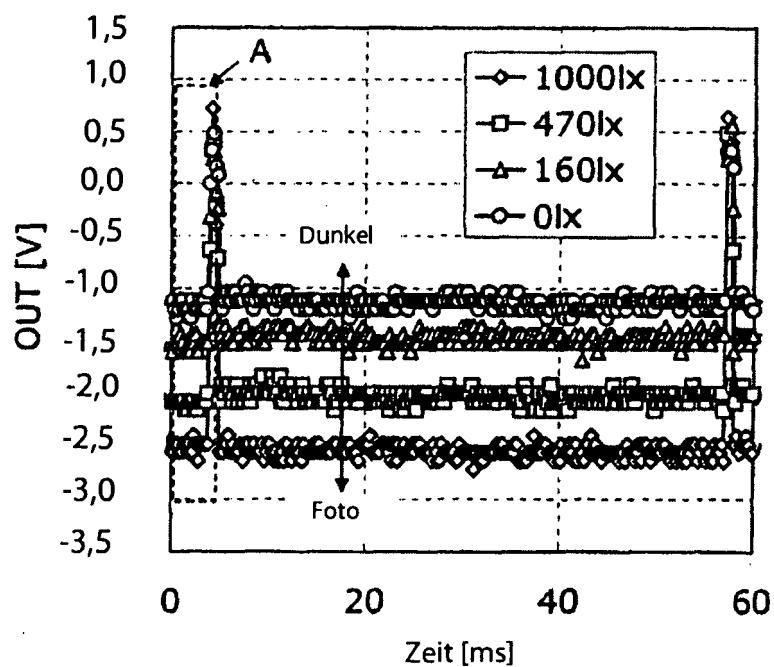


FIG. 35A

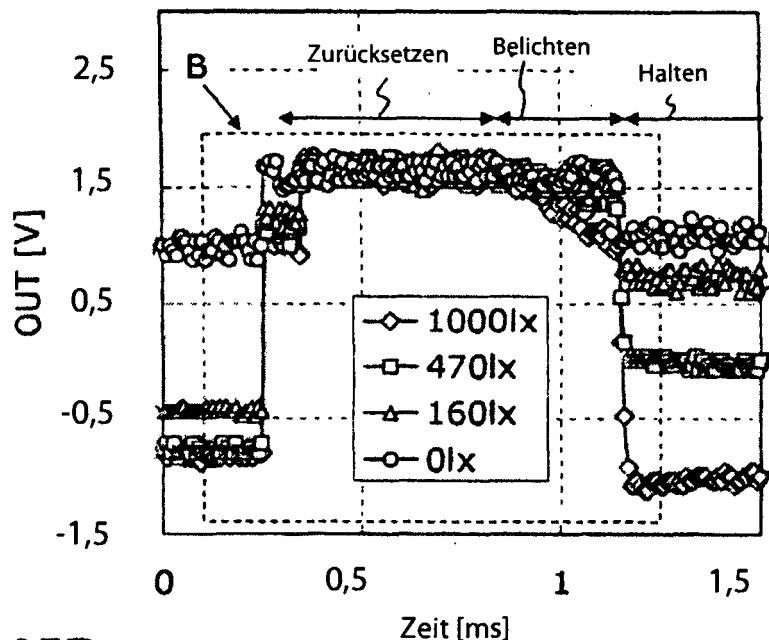


FIG. 35B

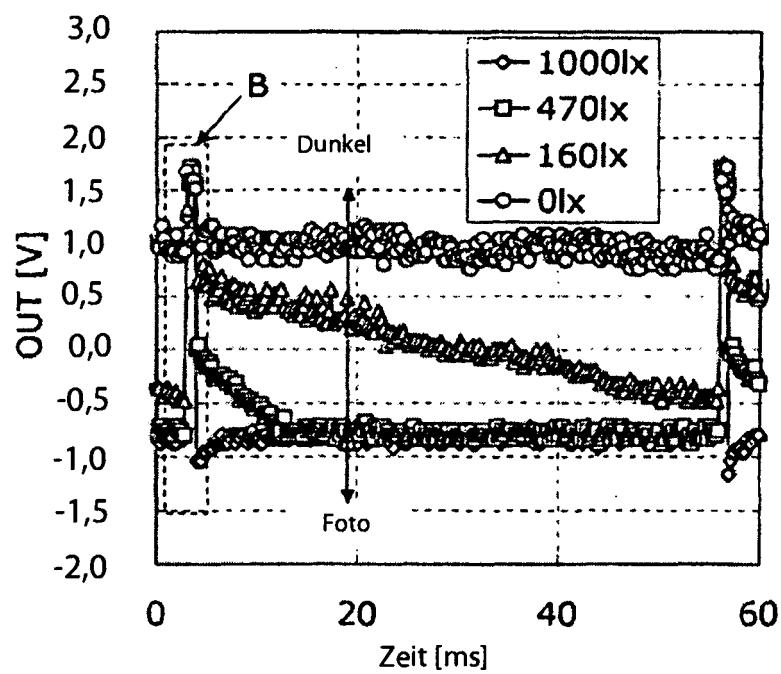


FIG. 36A

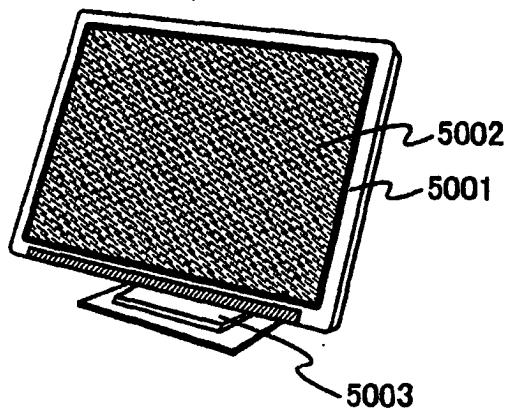


FIG. 36B

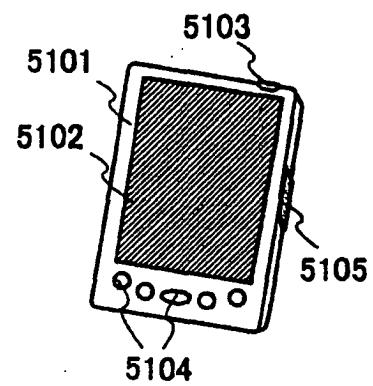


FIG. 36C

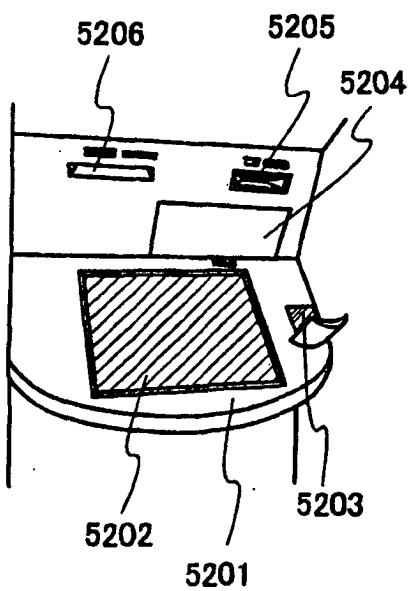


FIG. 36D

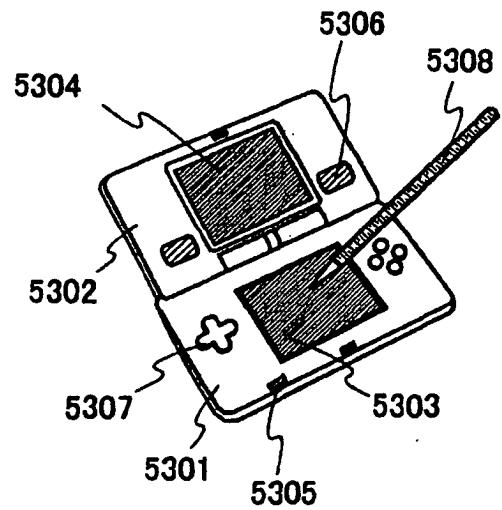


FIG. 37

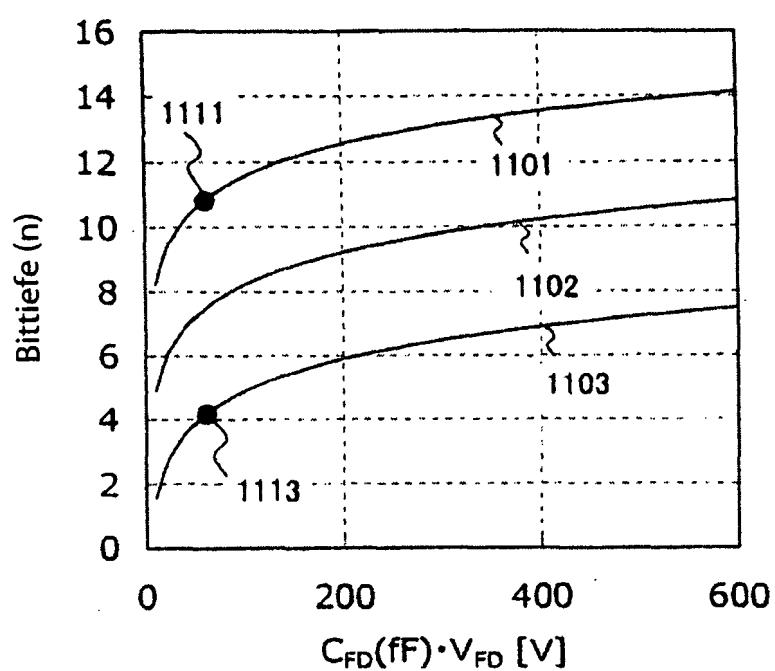


FIG. 38

