



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 37 299 T2** 2008.11.06

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 096 466 B1**

(51) Int Cl.⁸: **G09G 3/32** (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 37 299.5**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 309 277.2**

(96) Europäischer Anmeldetag: **20.10.2000**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **02.05.2001**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **05.12.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **06.11.2008**

(30) Unionspriorität:

428338 27.10.1999 US

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB

(73) Patentinhaber:

**Avago Technologies ECBU IP (Singapore) Pte.
Ltd., Singapore, SG**

(72) Erfinder:

**Gleason, Robert E., San Carlos, California 94070,
US**

(74) Vertreter:

**Dilg Haeusler Schindelmann
Patentanwalts-gesellschaft mbH, 80336 München**

(54) Bezeichnung: **Elektrolumineszenzanzeige mit aktiver Matrix**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft Aktivmatrix-Anzeigevorrichtungen und insbesondere Treiberschaltkreistechnik, die sich innerhalb jedes Pixels eines Aktivmatrixdisplays befindet.

[0002] Arrays von organischen Leuchtdioden (OLEDs) werden verwendet, um zweidimensionale Flachbildschirme zu schaffen. Im Vergleich zu herkömmlichen Leuchtdioden (LEDs), die aus Verbindungshalbleitern hergestellt werden, werden durch die kostengünstigen und leicht zu strukturierenden OLEDs hoch auflösende Arrays möglich. OLEDs können angepasst werden, um entweder einfarbige oder farbige Displays zu schaffen, und die OLEDs können auf durchsichtigen oder Halbleitersubstraten ausgebildet werden.

[0003] Wie nach dem Stand der Technik bekannt, werden OLED- und LED-Arrays typischerweise als Passivmatrix-Arrays oder Aktivmatrix-Arrays klassifiziert. Bei einem Passivmatrix-Array liegen die Stromtreiberschaltungen außerhalb des Arrays, und bei einem Aktivmatrix-Array weisen die Stromtreiberschaltungen einen oder mehrere Transistoren auf, die innerhalb jedes Pixels gebildet sind. Ein Vorteil von Aktivmatrix-Arrays gegenüber Passivmatrix-Arrays ist, dass Aktivmatrix-Arrays keine Spitzenströme benötigen, die so hoch sind wie bei Passivmatrizen. Hohe Spitzenströme sind im Allgemeinen unerwünscht, weil sie die Lichtleistung der verfügbaren OLEDs reduzieren. Da die transparente leitfähige Schicht einer Aktivmatrix ein durchgehendes Sheet sein kann, mindern Aktivmatrix-Arrays auch die Spannungsabfallprobleme, die bei den strukturierten durchsichtigen Leiter der Passivmatrizen wahrgenommen werden.

[0004] [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) sind Abbildungen von Aktivmatrixpixeln, die nach dem Stand der Technik bekannt sind. Es versteht sich, dass obwohl einzelne Aktivmatrixpixel zum Zweck der Beschreibung gezeigt werden, die einzelnen in [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) gezeigten Aktivmatrixpixel typischerweise Teil eines Arrays von Pixeln sind, die sich dicht zusammen befinden, um ein Display zu bilden. Wie in [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) gezeigt, weist jeder der Aktivmatrixpixel eine Adressleitung **102** und **202**, eine Datenleitung **104** und **204**, einen Adresstransistor **106** und **206**, einen Treibtransistor **108** und **208**, einen Speicherknoten **110** und **210** und eine OLED **112** und **212** auf. Die Adressleitungen ermöglichen es, die Pixel individuell zu adressieren, und die Datenleitungen stellen die Spannung bereit, um die Treibtransistoren zu aktivieren. Die Adresstransistoren steuern das Schreiben von Daten von den Datenleitungen zu den Speicherknoten. Die Speicherknoten werden durch Kondensatoren dargestellt, obwohl es sich nicht um getrennte Bauteile handeln muss, da die Gatekapazität der Treibtransistoren und die Sperrschichtkapazität der

Adresstransistoren eine ausreichende Kapazität für die Speicherknoten bereitstellen können. Wie gezeigt sind die OLEDs an eine Treibspannung (V_{LED}) angeschlossen, und der Strom, der durch die OLEDs fließt, wird durch die Treibtransistoren gesteuert. Wenn man den Strom durch die Treibtransistoren fließen lässt, geben die OLEDs Licht ab, das als Lichtstrom bezeichnet wird, wie durch die Pfeile **114** und **214** angegeben.

[0005] Mit Bezug auf [Fig. 1](#) werden PMOS-Transistoren bevorzugt, wenn die Kathode der OLED **112** an Masse gelegt ist, und mit Bezug auf [Fig. 2](#) werden NMOS-Transistoren bevorzugt, wenn die Anode der OLED **212** an die Versorgungsspannung (VIEH) angeschlossen ist. Die Verwendung der PMOS- und NMOS-Transistoren, wie in [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) gezeigt, macht die Gate-Source-Spannungen der Treibtransistoren **108** und **208** unempfindlich gegen Spannungsabfälle an den OLEDs, wodurch die Einheitlichkeit des Lichts **114** und **214** verbessert wird, das von den OLEDs abgegeben wird.

[0006] Die Funktion der Aktivmatrixpixel nach dem Stand der Technik wird mit Bezug auf die in [Fig. 2](#) gezeigte Aktivmatrixpixel-Konfiguration beschrieben, obwohl die gleichen Konzepte für die Aktivmatrixpixel von [Fig. 1](#) gelten. Der in [Fig. 2](#) gezeigte Aktivmatrixpixel dient als analoge dynamische Speicherzelle. Wenn die Adressleitung **202** hoch ist, stellt die Datenleitung **204** die Spannung am Speicherknoten **210** ein, der den Gate-Anschluss des Treibtransistors **208** umfasst. Wenn die Spannung am Speicherknoten die Schwellenspannung des Treibtransistors übersteigt, leitet der Treibtransistor, wodurch die OLED **212** veranlasst wird, Licht abzugeben **214**, bis die Spannung am Speicherknoten unter die Schwellenspannung des Treibtransistors sinkt, oder bis die Spannung am Speicherknoten durch den Adresstransistor **206** zurückgesetzt wird. Die Spannung am Speicherknoten wird typischerweise wegen einem Kriechverlust durch die Sperrschicht des Adresstransistors und durch das Gate-Dielektrikum des Treibtransistors sinken. Mit einem ausreichend geringen Kriechverlust an den Adress- und Treibtransistoren und eine hohe Kapazität am Speicherknoten wird der Strom durch die OLED jedoch relativ konstant gehalten, bis die nächste Spannung an den Speicherknoten eingestellt wird. Wie nach dem Stand der Technik bekannt, wird die Spannung zum Beispiel typischerweise mit einer konstanten Bildwiederholfrequenz zurückgesetzt. Der Speicherknoten ist als Kondensator dargestellt, um anzugeben, dass eine ausreichende Ladung am Speicherknoten zu speichern ist, um den Kriechverlust zwischen den Bildwiederholfrequenzen zu berücksichtigen. Wie oben angegeben, stellt der Kondensator nicht unbedingt ein separates Bauteil dar, weil die Gatekapazität des Treibtransistors und die Sperrschichtkapazität des Adresstransistors eventuell ausreichend sind.

[0007] In dem Aktivmatrixpixel aus [Fig. 2](#) bestimmt die Spannung am Speicherknoten **210** die Stärke des Lichts **214**, das von der OLED **212** erzeugt wird. Wenn das Stärke/Strom-Verhältnis der OLED und das Gate-Spannung/Strom-Verhältnis des Treibtransistors **208** bekannt sind, wird nach einem Verfahren die gewünschte Lichtstärke dadurch erzeugt, dass die entsprechende Spannung am Speicherknoten angelegt wird. Das Einstellen der Spannung am Speicherknoten erfolgt typischerweise unter Verwendung eines Digital/Analog-Wandlers, um die Spannung auf der entsprechenden Datenleitung **204** herzustellen. Bei einem alternativen Verfahren wird der Speicherknoten zuerst entladen, indem die Datenleitung an Masse gelegt wird, und dann wird die Datenleitung auf die CMOS-Versorgungsspannung (V_{dd}) eingestellt. Wird letzteres Verfahren verwendet, so arbeitet der Adresstransistor **202** wie eine Stromquelle, indem er den Speicherknoten auflädt, bis der Speicherknoten durch Herabsetzen der Adressleitung getrennt wird. Dieses Verfahren hat den Vorteil, keinen Digital/Analog-Wandler auf jeder Datenleitung zu benötigen. Ein Nachteil dieses Verfahrens ist es jedoch, dass die Speicherknotenkapazität innerhalb eines einzelnen Pixels eine nicht lineare Funktion der Spannung ist, wenn sie von den Gate-Anschlüssen und Sperrschichten der Transistoren geliefert wird. Ein weiterer Nachteil ist, dass die Speicherknotenkapazität jedes Pixels bei den Pixeln in einem Array schwankt.

[0008] Wie oben beschrieben wird, um den erwünschten Lichtstrom von der OLED **212** aus [Fig. 2](#) zu erhalten, die Spannung auf der Datenleitung **204** justiert, um den Strom durch den Treibtransistor **208** zu steuern. Leider ist der Stromfluss durch den Treibtransistor auch von den Charakteristiken des Treibtransistors abhängig, wie etwa von seiner Schwellenspannung und seiner Transkonduktanz. Große Treibtransistor-Arrays, wie sie benötigt werden, um ein hochauflösendes Display zu ergeben, haben Schwankungen in Schwellenspannung und Transkonduktanz, die oft dazu führen, dass die Treibströme der OLEDs für die gleichen Steuerspannungen unterschiedlich sind, was wiederum dazu führt, dass ein Display uneinheitlich erscheint. Zudem emittieren verschiedene OLEDs unterschiedliche Lichtstärken, selbst wenn sie mit den gleichen Strömen angetrieben werden. Ferner sinkt die Lichtstärke für einen bestimmten Treibstrom, wenn die OLED altert, und verschiedene OLEDs können sich unterschiedlich schnell verschlechtern, was wiederum dazu führt, dass das Display uneinheitlich erscheint.

[0009] Aktivmatrixpixel werden bevorzugt mit einem Siliziumsubstrat statt mit einem durchsichtigen dielektrischen Substrat ausgeführt, weil für durchsichtige dielektrische Substrate die Transistoren als Dünnschichtvorrichtungen aufgebaut sein müssen. Es ist schwierig, eine dichte Verteilung von Schwellenspan-

nungen in großen Arrays von Dünnschichttransistoren zu erhalten, insbesondere wenn eine größere Anzahl von Transistoren benötigt wird, um den Lichtstrom von jedem Pixel für Schwellenschwankungen unempfindlich zu machen. Bei einem Siliziumsubstrat sind Adress-, Treib- und andere Schaltkreisfunktionen leicht zu integrieren, insbesondere wenn das Substrat und der Prozess mit der CMOS-Technologie kompatibel sind. Obwohl die bekannte Aktivmatrixpixel-Technologie mit der älteren CMOS-Technologie kompatibel ist, benötigen OLEDs höhere Spannungen als dichte CMOS tolerieren können, während ein dichter CMOS für die kleinen Pixel, die für hochauflösende Farbdisplays notwendig sind, wünschenswert ist.

[0010] Eine Technik, die verwendet wurde, um einen einheitlichen Lichtstrom bei anderen LED-Anwendungen zu erzeugen, schließt das Bereitstellen einer Rückkopplung zu einer LED durch die Verwendung eines Photosensors ein. Das Bereitstellen einer Rückkopplung zu einer LED unter Verwendung bekannter Techniken schließt typischerweise Verstärker und Vergleicher ein, die viel mehr Schaltungen benötigen, als in einen einzelnen Pixel z. B. eines hochauflösenden Farbdisplays passen.

[0011] Wie oben beschrieben, wird die Stärke des Lichts, das von einer OLED erzeugt wird, durch die Spannung beeinflusst, die dem Speicherknoten geliefert wird, sowie durch die Charakteristiken der Treibtransistoren und OLEDs, die von Pixel zu Pixel variieren können. Die Unterschiede bei den Charakteristiken der Pixel können uneinheitliche Lichtstärken hervorbringen. Wenn die OLEDs altern, werden das Ausmaß und das Verfahren zum individuellen Treiben jedes Pixels in einem Aktivmatrixdisplay, das einen einheitlichen Lichtstrom bereitstellt und dabei die Größeneinschränkungen von Aktivmatrixdisplays einhält.

[0012] Die EP-A-0 923 067 und die JP 05 035 207 A offenbaren Aktivmatrixdisplay-Anordnungen, bei denen ein Pixel eine Adressleitung, eine Datenleitung, einen Speicherknoten zum Speichern einer elektrischen Ladung, einen Adresstransistor mit einem Gate-Anschluss, der von der Adressleitung aktiviert wird, einen Source-Anschluss, der an die Datenleitung angeschlossen ist, und einen Drain-Anschluss, der an den Speicherknoten angeschlossen ist, einen Treibtransistor mit einem Gate-Anschluss, der auf den Speicherknoten anspricht, eine Leuchtdiode, die an einen Schaltkreis angeschlossen ist, der den Treibtransistor beinhaltet, aufweist, wobei die Leuchtdiode einen Lichtstrom emittiert, wenn der Treibtransistor den Schaltkreis schließt, und eine Photodiode, die optisch an die Leuchtdiode angeschlossen ist, um einen Teil des Lichtstromes zu empfangen, der von der Leuchtdiode emittiert wird, und die elektrisch an den Speicherknoten angeschlossen ist, um die elek-

trische Ladung am Speicherknoten proportional zum Anteil des Lichtstromes zu entladen, der von der Photodiode empfangen wird.

[0013] Gemäß der vorliegenden Erfindung wird ein Aktivmatrixpixel innerhalb eines Aktivmatrixdisplays bereitgestellt, das aufweist:

eine Adressleitung;

eine Datenleitung;

einen Speicherknoten zum Speichern einer elektrischen Ladung;

einen Adresstransistor, der einen Gate-Anschluss, der von der Adressleitung aktiviert wird, einen Source-Anschluss, der an die Datenleitung angeschlossen ist, und einen Drain-Anschluss, der an den Speicherknoten angeschlossen ist, aufweist;

einen Treibtransistor, der einen Gate-Anschluss aufweist, der auf den Speicherknoten anspricht;

eine Leuchtdiode, die an einen Schaltkreis angeschlossen ist, der den Treibtransistor aufweist, wobei die Leuchtdiode einen Lichtstrom emittiert, wenn der Treibtransistor den Schaltkreis schließt; und

eine Photodiode, die optisch an die Leuchtdiode angeschlossen ist, um einen Teil des Lichtstroms zu empfangen, der von der Leuchtdiode emittiert wird, und die elektrisch an den Speicherknoten angeschlossen ist, um die elektrische Ladung am Speicherknoten proportional zum Anteil des Lichtstroms, der von der Leuchtdiode empfangen wird, zu entladen,

dadurch gekennzeichnet, dass

der Pixel ferner einen Isolationstransistor, der einen Gate-Anschluss, der an den Speicherknoten angeschlossen ist, einen Drain-Anschluss, der an den Gate-Anschluss des Treibtransistors angeschlossen ist, und einen Source-Anschluss, der an ein Komplement der Adressleitung angeschlossen ist, aufweist.

[0014] Bei erfindungsgemäßen Anordnungen entlädt die Photodiode eine Überschussladung innerhalb des Pixels als Reaktion auf den erfassten Lichtstromteil. Ist die Überschussladung entladen, so hört die Leuchtdiode auf, Licht zu emittieren.

[0015] Wenn die Ladung am Speicherknoten eine Spannung einstellt, welche die Schwellenspannung überschreitet, dann leitet der Treibtransistor. Die Menge der Ladung am Speicherknoten, die über diejenige hinausgeht, die gebraucht wird, um die Schwellenspannung einzustellen, wird als Überschussladung bezeichnet.

[0016] Solange eine Überschussladung vorliegt, leitet der Treibtransistor und die Leuchtdiode emittiert einen Lichtstrom. Wenn jedoch die Überschussladung von dem Speicherknoten entladen wird, sinkt die Spannung am Speicherknoten unter die Schwellenspannung des Treibtransistors ab, der Treibtransistor hört auf zu leiten, und die Leuchtdiode hört auf, einen Lichtstrom zu emittieren. Die Menge des Licht-

stroms, der von der Leuchtdiode erzeugt wird, kann dadurch gesteuert werden, dass die Menge der Überschussladung, die an den Speicherknoten angelegt wird, gesteuert wird. Da die Überschussladung am Speicherknoten proportional zur Lichtstrommenge entladen wird, die von der Photodiode empfangen wurde, ist der Lichtstrom des Pixels für die Schwankung der Merkmale des Treibtransistors und der Leuchtdiode unempfindlich. Die Unempfindlichkeit für die Schwankung innerhalb eines Pixels eines Aktivmatrixpixel-Arrays ermöglicht es dem Array, einen einheitlicheren Lichtstrom über das Display bereitzustellen.

[0017] Die Adressleitung ermöglicht es, den Pixel individuell zu adressieren, und die Datenleitung stellt die Spannung bereit, um den Treibtransistor zu aktivieren. Bei einer Ausführungsform ist der Speicherknoten ein Kondensator. Der Kondensator liegt jedoch nicht unbedingt als getrenntes physikalisches Bauteil vor, sondern kann die Kapazität der Gate-Anschlüsse und der Sperrschichten darstellen, die an den Speicherknoten angeschlossen sind. Der Treibtransistor leitet, solange die Spannung am Speicherknoten die entsprechende Schwellenspannung des Treibtransistors überschreitet. Es versteht sich, dass obwohl ein einzelner Aktivmatrixpixel beschrieben wird, der einzelne Pixel typischerweise Teil eines Arrays aus Pixeln ist, die dicht nebeneinander liegen, um ein Display zu bilden.

[0018] Da die Photodiode die Überschussladung am Speicherknoten proportional zum Lichtstrom der OLED entlädt, werden der Treibtransistor und die OLED ausgeschaltet, wenn der integrierte Strom, der von der Photodiode erfasst wird, einen Wert erreicht hat, welcher der Überschussladung entspricht, die sich auf der Datenleitung befindet.

[0019] Im Betrieb wird die Adressleitung des Aktivmatrixpixels für eine Zeitspanne auf Hoch gesetzt, die den Speicherknoten mit einer erwünschten Menge von Überschussladung auflädt. Wenn der Speicherknoten ausreichend aufgeladen ist, wird die Adressleitung auf Tief gesetzt, wodurch der Speicherknoten effektiv von der Datenleitung getrennt wird. Der Treibtransistor fängt an Strom zu leiten, sobald die Schwellenspannung des Treibtransistors überschritten ist. Das Stromleiten durch den Treibtransistor veranlasst die OLED, einen Lichtstrom abzugeben. Ein Teil des Lichtstroms wird durch die Photodiode erfasst, und als Reaktion darauf entlädt die Photodiode die Ladung am Speicherknoten mit einer Rate, die direkt proportional zum Lichtstrom ist, der von der Photodiode erfasst wird. An dem Punkt, an dem der integrierte Wert des erfassten Lichtstroms gleich der Überschussladung am Speicherknoten ist, sinkt die Spannung am Speicherknoten unter die Spannungsschwelle des Speicherknotens. Sobald die Spannung am Speicherknoten unter die Schwel-

lenspannung des Treibtransistors absinkt, hört der Strom auf, durch den Treibtransistor zu fließen, und die OLED hört auf, Licht zu erzeugen.

[0020] Das Anschließen des Isolationstransistors an das logische Komplement der Adressleitung verhindert, dass der Isolationstransistor den Treibtransistor einschaltet, wenn der Speicherknoten von der Datenleitung beschrieben wird. Wenn der Isolationstransistor angebracht ist, steuert die Wirkung der Photodiode den Lichtstrom durch den Treibtransistor und die OLED, und die OLED emittiert kein Licht, bis die Adressleitung auf Tief geht.

[0021] Bei einer Ausführungsform mag der Aktivmatrixpixel einen bipolaren Transistor als Treibtransistor verwenden. Die Rolle des bipolaren Transistors besteht nur darin, der Spannung V_{LED} standzuhalten, und der bipolare Transistor braucht keine hohe Verstärkung bereitzustellen oder auf hohen Frequenzen zu funktionieren.

[0022] [Fig. 1](#) ist eine Abbildung eines Aktivmatrixpixels, der PMOS-Transistoren verwendet, wie es nach dem Stand der Technik bekannt ist.

[0023] [Fig. 2](#) ist eine Abbildung eines Aktivmatrixpixels, der NMOS-Transistoren verwendet, wie es nach dem Stand der Technik bekannt ist.

[0024] [Fig. 3](#) ist eine Abbildung eines Aktivmatrixpixels, der eine Photodiode gemäß einem Beispiel, das zur Erläuterung der Erfindung nützlich ist, enthält.

[0025] [Fig. 4](#) ist eine Abbildung eines Aktivmatrixpixels, der eine Photodiode enthält, wobei die Datenleitung von der OLED durch einen zusätzlichen Transistor gemäß einer Ausführungsform der Erfindung getrennt ist.

[0026] [Fig. 5](#) ist eine Abbildung eines Aktivmatrixpixels, der von einer Photodiode gesteuert wird, wobei die Datenleitung von der OLED durch einen zusätzlichen Transistor gemäß einer Ausführungsform der Erfindung getrennt ist.

[0027] [Fig. 6](#) ist ein Querschnitt eines Teils eines Aktivmatrixpixels, der eine Photodiode, wie mit Bezug auf [Fig. 3](#) bis [Fig. 5](#) beschrieben, aufweist.

[0028] [Fig. 3](#) bildet ein Beispiel eines Aktivmatrixpixels ab, der eine Photodiode **316** enthält. Es versteht sich, dass obwohl zur Beschreibung ein einzelner Aktivmatrixpixel gezeigt wird, der einzelne Aktivmatrixpixel typischerweise Teil eines Arrays von Pixeln ist, die sich dicht nebeneinander befinden, um ein Display zu bilden. Der Aktivmatrixpixel weist eine Adressleitung **302**, eine Datenleitung **304**, einen Adresstransistor **306**, einen Treibtransistor **308**, einen Speicherknoten **310**, eine organische Leuchtdio-

de (OLED) **312** und die Photodiode auf. Wie mit Bezug auf [Fig. 2](#) beschrieben, ermöglicht es die Adressleitung, den Pixel individuell zu adressieren, und die Datenleitung stellt die Spannung bereit, um den Treibtransistor zu aktivieren. Der Kondensator muss nicht unbedingt als separates physikalisches Bauteil vorliegen, sondern kann die Kapazität der Gate-Anschlüsse und Sperrschichten darstellen, die an den Speicherknoten angeschlossen sind. Wie bei dem Schaltkreis aus [Fig. 2](#) leitet der Treibtransistor aus [Fig. 3](#) solange die Ladung am Speicherknoten hoch genug ist, damit die Spannung am Speicherknoten die entsprechende Schwellenspannung des Treibtransistors überschreitet. Die Ladung am Speicherknoten, welche die Spannung am Speicherknoten über die Schwellenspannung des Treibtransistors anhebt, wird als Überschussladung bezeichnet. Bei einer Ausführungsform wird der Schaltkreis innerhalb jedes Pixels durch einen dichten, Niederspannungs-CMOS-Prozess gefertigt.

[0029] Der Unterschied zwischen dem Schaltkreis aus [Fig. 2](#) und dem Schaltkreis aus [Fig. 3](#) ist, dass die Photodiode **316** zum Schaltkreis aus [Fig. 3](#) hinzugefügt wurde. Die Photodiode ist optisch mit der OLED **312** gekoppelt, so dass die Photodiode einen Teil des Lichts **318** erfassen kann, das von der OLED erzeugt wird. Die Photodiode entlädt die Ladung, die sich am Speicherknoten **310** befindet, mit einer Rate, die proportional zum Lichtstrom ist, der von der OLED erzeugt wird. Da die Photodiode die Ladung am Speicherknoten proportional zum Lichtstrom der OLED entlädt, werden der Treibtransistor **308** und die OLED ausgeschaltet, wenn der integrierte Lichtstrom, der von der Photodiode erfasst wird, einen Wert erreicht hat, der einer beliebigen Überschussladung entspricht, die an der Datenleitung angelegt wurde.

[0030] Im Betrieb wird die Adressleitung **302** des Aktivmatrixpixels aus [Fig. 3](#) für eine Zeitspanne auf Hoch gesetzt, die den Speicherknoten **310** mit einer erwünschten Menge von Überschussladung auflädt. Wenn der Speicherknoten ausreichend aufgeladen ist, wird die Adressleitung auf Tief gesetzt, wodurch der Speicherknoten effektiv von der Datenleitung **304** getrennt wird. Der Treibtransistor **308** beginnt Strom zu leiten, sobald die Schwellenspannung des Treibtransistors überschritten ist. Die Stromleitung durch den Treibtransistor veranlasst die OLED **312**, einen Lichtstrom abzugeben, wie durch das von der OLED kommende Licht **314** dargestellt. Ein Teil des Lichtstroms, wie durch das Licht **318** dargestellt, wird von der Photodiode erfasst, und als Reaktion darauf beginnt die Photodiode, die Ladung am Speicherknoten mit einer Rate zu entladen, die direkt proportional zum Lichtstrom ist, der von der Photodiode erfasst wird. An dem Punkt, an dem der integrierte Wert des erfassten Lichtstroms gleich der Überschussladung am Speicherknoten ist, sinkt die Spannung am Spei-

cherknoten unter die Schwellenspannung des Speicherknotens ab. Sobald die Spannung am Speicherknoten unter die Schwellenspannung des Treibtransistors absinkt, hört der Strom auf, durch den Treibtransistor zu fließen, und die OLED hört auf, Licht zu erzeugen. Mit der geeigneten Wahl der Treibströme und Entladungsraten und durch Steuern der Überschussladung am Speicherknoten kann die Abschaltzeit des Treibtransistors eingestellt werden, um innerhalb des Bildwiederholfrequenz des Displays zu erfolgen. Wenn sich die Leistungsfähigkeit der OLED oder des Treibtransistors ändert, kann die Menge der Überschussladung am Speicherknoten derart nachgestellt werden, dass ein konstanter Lichtstrom erhalten bleibt.

[0031] Wie beschrieben steuert der Schaltkreis aus [Fig. 3](#) den Lichtstrom durch Steuern der Überschussladung, die am Speicherknoten **310** angelegt wird. Dagegen steuern die Schaltkreise aus [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) den Lichtstrom, indem sie mit einem Digital/Analog-Wandler die Spannung steuern, die durch die Datenleitungen **104** und **204** an die Speicherknoten **110** und **210** geliefert wird.

[0032] Bei dem Beispiel eines Aktivmatrixpixels aus [Fig. 3](#) beginnt die Photodiode **316**, die Emission von Licht aus der OLED **312** zu regulieren, wie oben beschrieben, sobald die Adressleitung **302** auf Tief geht. Während der Zeit, zu der die Adressleitung auf Hoch ist und Strom durch die Datenleitung **304** zum Speicherknoten **310** fließt, emittiert die OLED Licht, das nicht durch die Rückkopplungswirkung der Photodiode reguliert wird. Die unregulierte Lichtemission mag unbedeutend sein, wenn die Adressierungszeit ein kleiner Bruchteil der Bildwiederholfrequenz ist.

[0033] [Fig. 4](#) ist eine Abbildung einer Ausführungsform eines Aktivmatrixpixels, der die unregulierte Lichtemission während der Zeit minimiert, zu der die Adressleitung auf Hoch ist. Die Bauteile des Aktivmatrixpixels aus [Fig. 4](#) sind die gleichen wie die Bauteile in dem Aktivmatrixpixel aus [Fig. 3](#), außer dass der Aktivmatrixpixel aus [Fig. 4](#) einen zusätzlichen Transistor **420** und einen zusätzlichen Widerstand **422** aufweist. Bauteile in [Fig. 4](#), die mit Bauteilen in [Fig. 3](#) übereinstimmen, sind ähnlich nummeriert. Bei einer Ausführungsform ist der als Isolationstransistor bezeichnete zusätzliche Transistor über seinen Gate-Anschluss an den Speicherknoten **410** und an seinem Source-Anschluss an das logische Komplement der Adressleitung **424** angeschlossen. Bei einer anderen Ausführungsform kann der Isolationstransistor an seinem Source-Anschluss an V_{dd} angeschlossen sein. Bei dem Aktivmatrixpixel aus [Fig. 4](#) steuert die Ladung am Speicherknoten den Gate-Anschluss des Isolationstransistors. Wenn die Ladung am Speicherknoten ausreicht, um die Spannung am Speicherknoten über die Schwellenspannung des Isolationstransistors anzuheben, kann der Isolations-

transistor leiten. Anschließen des Isolationstransistors an das logische Komplement der Adressleitung verhindert, dass der Isolationstransistor den Treibtransistor **408** einschaltet, wenn der Speicherknoten von der Datenleitung **404** beschrieben wird. Mit dem wie in [Fig. 4](#) gezeigt ausgeführten Isolationstransistor steuert die Photodiode **416** den Stromfluss durch den Treibtransistor und die OLED **412**, und die OLED emittiert kein Licht, bis die Adressleitung **402** auf Tief geht. D. h. wenn die Überschussladung am Speicherknoten durch die Photodiode entladen wurde, hört der Isolationstransistor auf zu leiten, und der Gate-Anschluss des Treibtransistors geht auf Tief. Anschließen des Widerstands an Masse, wie in [Fig. 4](#) gezeigt, ist notwendig, damit der Treibtransistor ausschalten kann, nachdem der Isolationstransistor geöffnet ist. Obwohl es in [Fig. 4](#) als Widerstand gezeigt ist, mag das Bauteil alternativ ein MOS-Transistor sein, der konfiguriert ist, um den geeigneten Widerstand gemäß den dem Fachmann bekannten Verfahren bereitzustellen.

[0034] Die Spannung (V_{LED}), die gebraucht wird, um die OLEDs **312** und **412** in den in [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) gezeigten Schaltkreisen zu treiben, übersteigt typischerweise die Höchstspannung, die bei dichten CMOS-Prozessen erlaubt ist. In Folge der hohen Spannung mag, wenn die OLEDs ausgeschaltet sind, V_{LED} am Drain-Anschluss jedes Treibtransistors **308** und **408** anstehen. Bei einer Ausführungsform können die ungünstigen Auswirkungen der hohen V_{LED} durch eine Verlängerung des Kanals des Treibtransistors und/oder eine Vergrößerung der Abstände zwischen dem Treibtransistor-Drain-Anschluss und anderen Vorrichtungen gemindert werden. Bei einer anderen Ausführungsform mag, wenn eine höhere V_{LED} benötigt wird, ein zusätzlicher Boreinsatz im Treibtransistor nützlich sein, um die Verarmungslänge des Treibtransistors zu reduzieren, wodurch eine dichte Packung von Transistoren ohne Punch Trough ermöglicht wird. Bei einer anderen Ausführungsform mag, wenn eine noch höhere V_{LED} einen Gateoxid-Durchschlag verursacht, eine dickere Oxidschicht notwendig sein. Die negativen Auswirkungen der hohen V_{LED} mögen auch durch Fertigen der Treibtransistoren in einer dünnen Schicht aus amorphem oder polykristallinem Silizium statt in dem darunter liegenden Siliziumsubstrat gemindert werden. Da V_{LED} am Drain-Anschluss der Dünnschichtvorrichtung getrennt ist, muss die Dichte der übrigen Schaltungen nicht reduziert werden, um V_{LED} aufzunehmen.

[0035] Im Aktivmatrixpixel aus [Fig. 3](#) setzt die Schwellenspannung des Treibtransistors die untere Grenze des Dynamikbereichs des Schaltkreises. Bei dem Aktivmatrixpixel aus [Fig. 4](#) setzt jedoch die Schwelle des Isolationstransistors **420** die untere Grenze des Dynamikbereichs des Schaltkreises. Da der Isolationstransistor die untere Grenze des Dynamikbereichs setzt, ist es nicht notwendig, die Schwel-

lensspannung des Isolationstransistors zu erhöhen, um irgendeine Spannung aufzunehmen, die höher als V_{dd} ist. Der Aktivmatrixpixel aus [Fig. 4](#) mag einen breiteren Dynamikbereich als der Aktivmatrixpixel aus [Fig. 3](#) bereitstellen, wenn es notwendig ist, einen Treibtransistor mit entweder höheren Schwellen oder größerer Veränderlichkeit zu verwenden.

[0036] [Fig. 5](#) bildet eine Ausführungsform eines Aktivmatrixpixels ab, der eine Photodiode **516** und einen Isolationstransistor **520** ähnlich wie der Aktivmatrixpixel aus [Fig. 4](#) enthält. Bauteile aus [Fig. 5](#), die mit Bauteilen in [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) übereinstimmen, sind ähnlich nummeriert. Der Aktivmatrixpixel aus [Fig. 5](#) unterscheidet sich von dem Aktivmatrixpixel aus [Fig. 4](#) dadurch, dass ein bipolarer Transistor als Treibtransistor **508** verwendet wird. Der bipolare Transistor aus [Fig. 5](#) ersetzt die Kombination aus NMOS-Transistor und Widerstand aus [Fig. 4](#). Der bipolare Transistor ist leicht zu einem CMOS-Prozess hinzuzufügen. Wie bei den Aktivmatrixpixeln aus [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#), steuert eine am Speicherknoten **510** angelegte Überschussladung den Lichtstrom, der von der OLED **512** erzeugt wird. Die Stromverstärkung und weitere Variablen, die mit dem bipolaren Transistor verbunden sind, haben unwesentliche Auswirkungen auf den Lichtstrom. Die Rolle des bipolaren Transistors besteht einzig darin, V_{LED} standzuhalten, und der bipolare Transistor muss nicht unbedingt eine hohe Verstärkung bereitstellen oder bei hohen Frequenzen funktionieren. Das Fehlen eines Bedarfs an hoher Leistung oder strenger Kontrolle macht es vorteilhaft, einem CMOS-Prozess einen bipolaren Transistor hinzuzufügen. Bei einer Ausführungsform wird die n-Wanne des Treibtransistors als Kollektor verwendet, und der Emittor wird mit der NMOS-Source und Drain-Einsätzen gebildet. Die einzigen zusätzlichen Verarbeitungsschritte mögen eine Implantation aufweisen, um die Basis zu bilden.

[0037] Die Verwendung der Photodioden **316**, **416** und **516**, um die Lichtstärke jedes Pixels in einem Pixelarray zu steuern, wie mit Bezug auf [Fig. 3](#) bis [Fig. 5](#) beschrieben, erfordert, dass jede Photodiode Licht aus ihrer entsprechenden OLED, aber kein Licht von anderen Pixeln in dem Array sammelt. Ferner wird es bevorzugt, die Lichtmenge, die vom Rückkopplungsschaltkreis benötigt wird, zu minimieren und den Sammelwirkungsgrad des Displays zu maximieren. [Fig. 6](#) ist ein Querschnitt eines Teils eines Aktivmatrixpixels, der eine Photodiode aufweist, wie mit Bezug auf [Fig. 3](#) bis [Fig. 5](#) beschrieben. Der Querschnitt weist eine OLED **602**, einen durchsichtigen Isolator **604**, eine reflektierende Metallschicht **606**, eine Photodiode und einen Adresstransistor auf. Die OLED sitzt auf dem durchsichtigen Isolator über der Schicht aus reflektierendem Metall. Kleine Öffnungen **608** werden in die Metallschicht strukturiert, um Licht aus der OLED zu der Photodiode zu lassen, die von einer n+ Diffusionsschicht **610** und einem

p-Substrat **612** gebildet wird. Wie in [Fig. 6](#) gezeigt, mag die Photodiode eine einfache Erweiterung des Adresstransistors **306**, **406** und **506** sein. Der Gate-Anschluss **614** und die Kopplung **616** zum Adresstransistor sind in [Fig. 6](#) gezeigt. Das Verhältnis der Dicke der reflektierenden Metallschicht zum Durchmesser der Öffnung kann gewählt werden, um die Beleuchtung des Substrats auf die Photodiode zu begrenzen. Die reflektierende Schicht und die Öffnungen dienen dazu, Licht aus nebeneinander liegenden Pixeln zu blockieren, und um Licht daran zu hindern, den Betrieb der Transistoren in dem Pixel zu beeinträchtigen. Bei Farbdisplays, die z. B. rote, grüne und blaue OLEDs verwenden, mögen unterschiedliche Öffnungsgrößen für verschiedene Farben gewählt werden. Da die Öffnungsgrößen die Anteile des Gesamtlichtstroms bestimmen, die von den Photodioden gesammelt werden, mögen unterschiedliche Größen für verschiedene Farben die Unterschiede der Quantenausbeute der OLEDs und Photodioden ausgleichen. Somit eignen sich die gleiche Schaltkreisauslegung und die gleichen Spannungspegel für Pixel jeder Farbe, trotz der verschiedenen Ausbeuten der OLED-Werkstoffe und Wellenlängenabhängigkeiten der Photodioden.

[0038] [Fig. 7](#) ist ein Arbeitsablaufdiagramm eines Verfahrens, um das Licht zu steuern, das von jedem Pixel in einem Aktivmatrixarray emittiert wird. Gemäß dem Verfahren wird ein Speicherknoten mit einer Ladung aufgeladen, die eine Spannung am Speicherknoten setzt, welche die Schwellenspannung eines Transistors überschreitet (Schritt **702**). Dann wird ein Lichtstrom aus einer Leuchtdiode erzeugt, die Teil des Pixels ist. Der Lichtstrom wird erzeugt, während die Ladung am Speicherknoten eine Spannung aufrechterhält, welche die Schwellenspannung des Transistors überschreitet (Schritt **704**). Dann wird ein Teil des Lichtstroms, der von der Leuchtdiode erzeugt wird, erfasst (Schritt **706**). Die Ladung am Speicherknoten wird dann als Reaktion auf den erfassten Teil des Lichtstroms (Schritt **708**) entladen. Sobald die Ladung am Speicherknoten eine Spannung setzt, die unter die Schwellenspannung des Transistors sinkt, wird die Erzeugung des Lichtstroms aus der Leuchtdiode beendet (Schritt **706**). In einem zusätzlichen Schritt wird die Ladung am Speicherknoten im Verhältnis zu einem Wert entladen, der für den erfassten Teil des Lichtstroms repräsentativ ist (Schritt **712**).

[0039] Obwohl die Aktivmatrixpixel aus [Fig. 3](#) bis [Fig. 6](#) als OLEDs verwendend beschrieben werden, können andersartige LEDs wie mit Bezug auf [Fig. 3](#) bis [Fig. 6](#) beschrieben eingesetzt werden. Es versteht sich, dass der mit Bezug auf [Fig. 3](#) bis [Fig. 6](#) beschriebene Aktivmatrixpixel in einer Ausgestaltung wie die aus [Fig. 1](#) ausgeführt werden könnte, wobei die Kathode des OLED an Masse gelegt ist.

[0040] Die Aktivmatrixpixel, wie sie mit Bezug auf

Fig. 3 bis **Fig. 6** beschrieben werden, ermöglichen es, dass eine OLED mit ungefähr 3 bis 10 Volt getrieben wird, indem entweder Dünnschicht-MOS-Transistoren oder bipolare Transistoren zu einem CMOS-Prozess hinzugefügt werden, der bis zu ungefähr 1,5 Volt herab funktioniert. Die Aktivmatrixpixel, wie sie mit Bezug auf **Fig. 3** bis **Fig. 6** beschrieben werden, ermöglichen ebenfalls die Regulierung des Lichtstroms von jedem Pixel, indem ein Photosensor zum Treibschaltkreis jedes Pixels hinzugefügt wird. Die Photosensoren gleichen die Schwankung des Lichtstroms in jedem Pixel und die Schwankungen in gewissen Merkmalen der Treibelemente aus, die ansonsten den Lichtstrom uneinheitlich machen würden. Insbesondere machen die Photosensoren den von den OLEDs erzeugten Lichtstrom unempfindlich für die Transkonduktanz des Dünnschicht-MOS-Transistors oder die Stromverstärkung des bipolaren Transistors, der hinzugefügt wurde, um das Spannungsproblem zu lösen. Die Unempfindlichkeit und die fehlende Notwendigkeit einer hochfrequentigen Reaktion ermöglichen die Verwendung von bipolaren Transistoren mit einem Minimum an zusätzlicher Verarbeitung und Kosten.

Patentansprüche

1. Ein Aktivmatrixpixel innerhalb eines Aktivmatrixdisplay aufweisend:
 eine Adressleitung (**402**; **502**);
 eine Datenleitung (**404**; **504**);
 einen Speicherknoten (**410**; **510**) zum Speichern einer elektrischen Ladung;
 einen Adresstransistor (**406**; **506**), welcher ein Gate, welches von der Adressleitung aktiviert wird, eine Source, die mit der Datenleitung verbunden ist, und ein Drain aufweist, welches mit dem Speicherknoten verbunden ist;
 einen Treibtransistor (**408**; **508**), welcher ein Gate aufweist, welches reagierend auf dem Speicherknoten ist;
 eine lichtemittierende Diode (**412**; **512**), welche mit einem Schaltkreis verbunden ist, welcher den Treibtransistor aufweist, wobei die lichtemittierende Diode einen Lichtstrom emittiert, wenn der Treibtransistor den Schaltkreis komplettiert; und
 eine Photodiode (**416**; **516**), welche optisch mit der lichtemittierenden Diode verbunden ist, um einen Teil des Lichtstroms zu empfangen, welcher von der lichtemittierenden Diode emittiert wird, und die mit dem Speicherknoten elektrisch verbunden ist, um die elektrische Ladung auf dem Speicherknoten im Verhältnis zu dem Teil des Lichtstroms, welcher von der Leuchtdiode empfangen wird, zu entladen,
dadurch gekennzeichnet, dass
 der Pixel ferner einen Isolationstransistor (**420**; **520**) aufweist, welcher ein Gate, welches mit dem Speicherknoten verbunden ist, ein Drain, welches mit dem Gate des Treibtransistors verbunden ist, und eine Source aufweist, welche mit einem Komplement

der Adressleitung verbunden ist.

2. Der Aktivmatrixpixel gemäß Anspruch 1, wobei der Treibtransistor (**408**; **508**) ein Bipolartransistor ist.

3. Der Aktivmatrixpixel gemäß Anspruch 1, wobei der Treibtransistor (**408**; **508**) ein Dünnschicht-MOS-Transistor ist.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

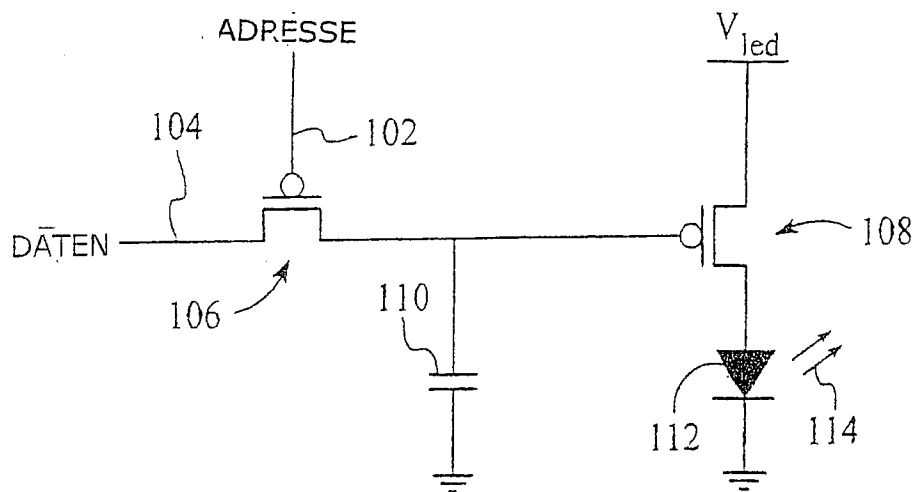


FIG. 1

(STAND DER TECHNIK)

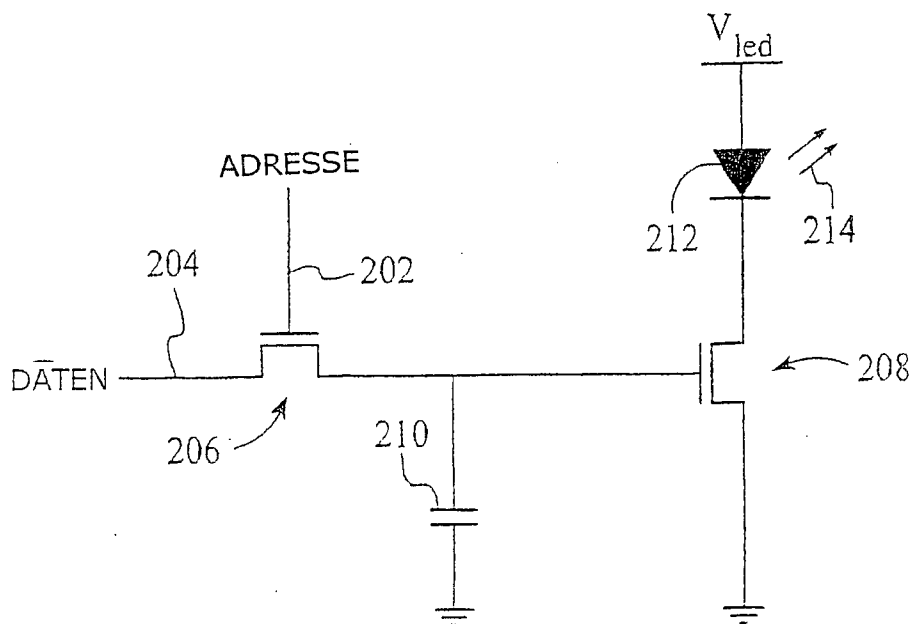


FIG. 2

(STAND DER TECHNIK)

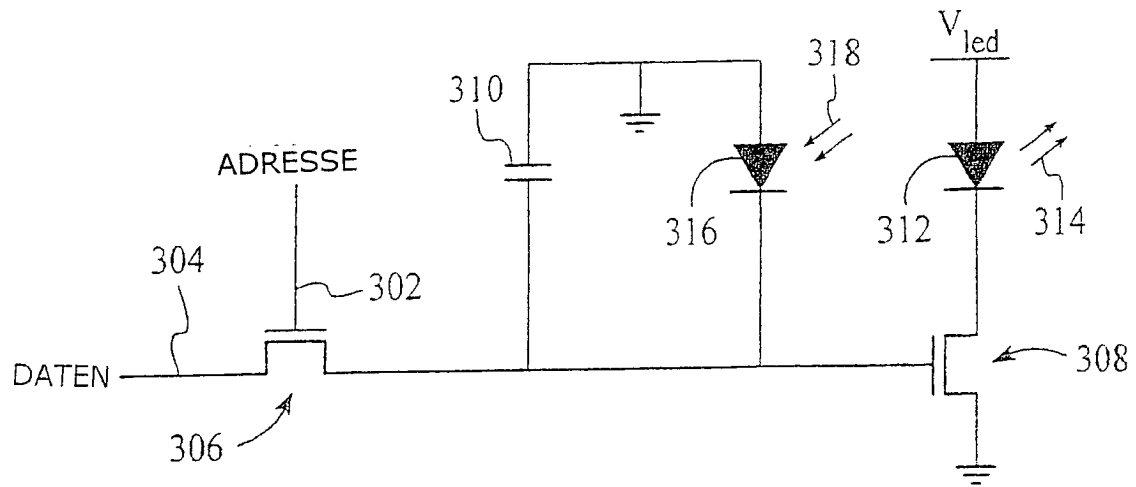


FIG. 3

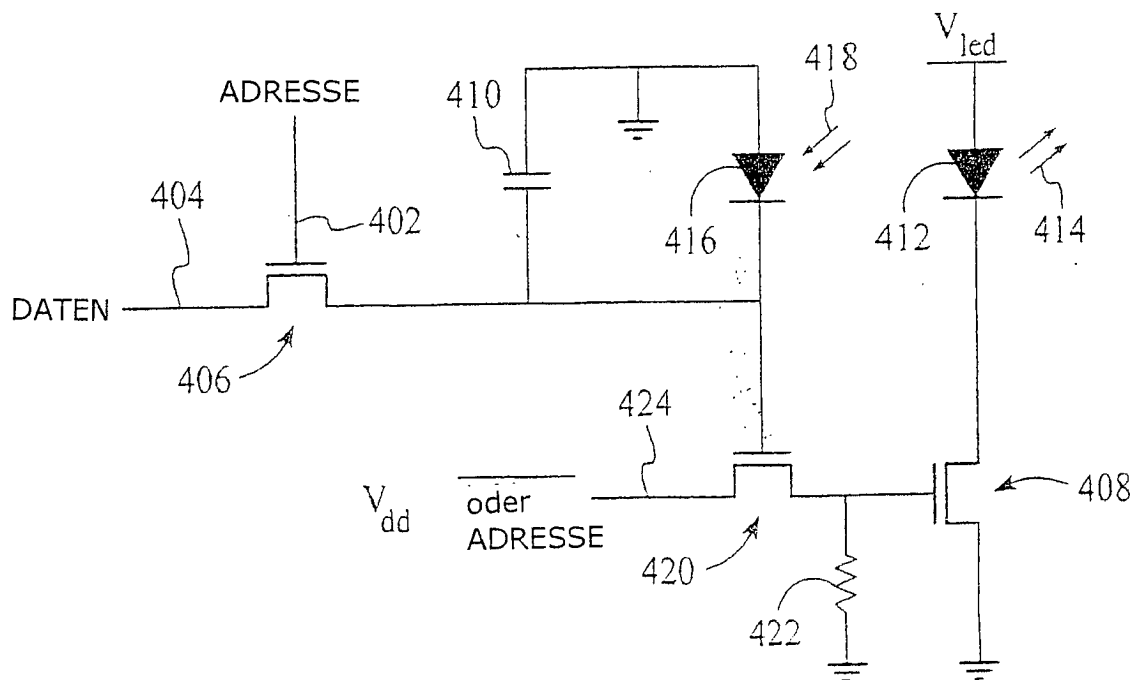


FIG. 4

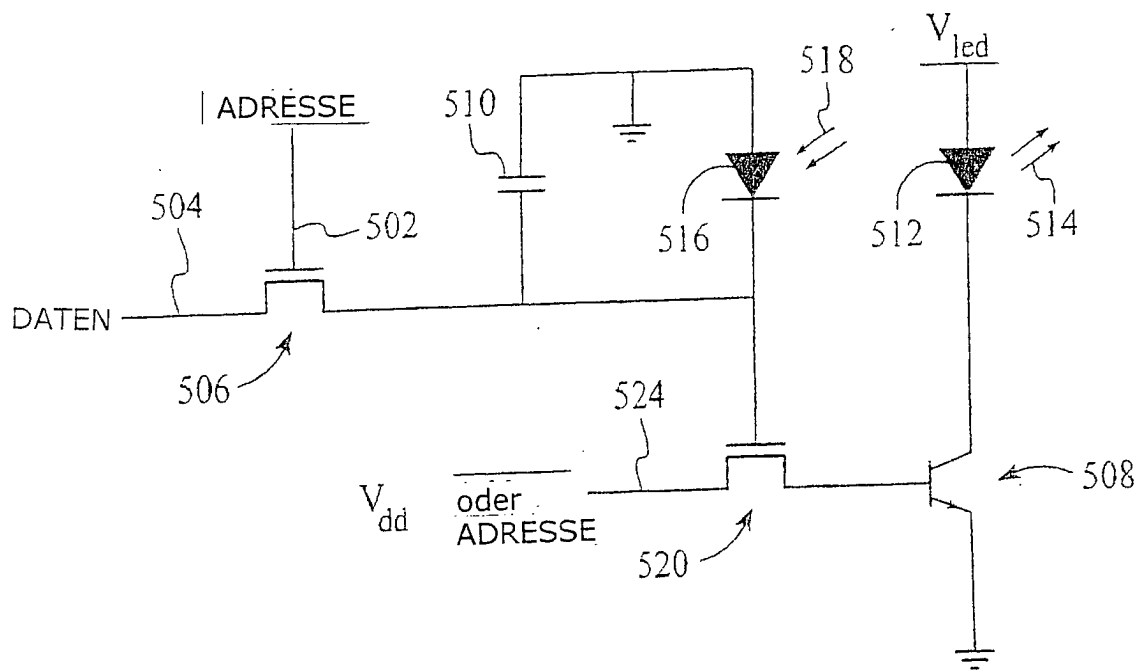


FIG. 5

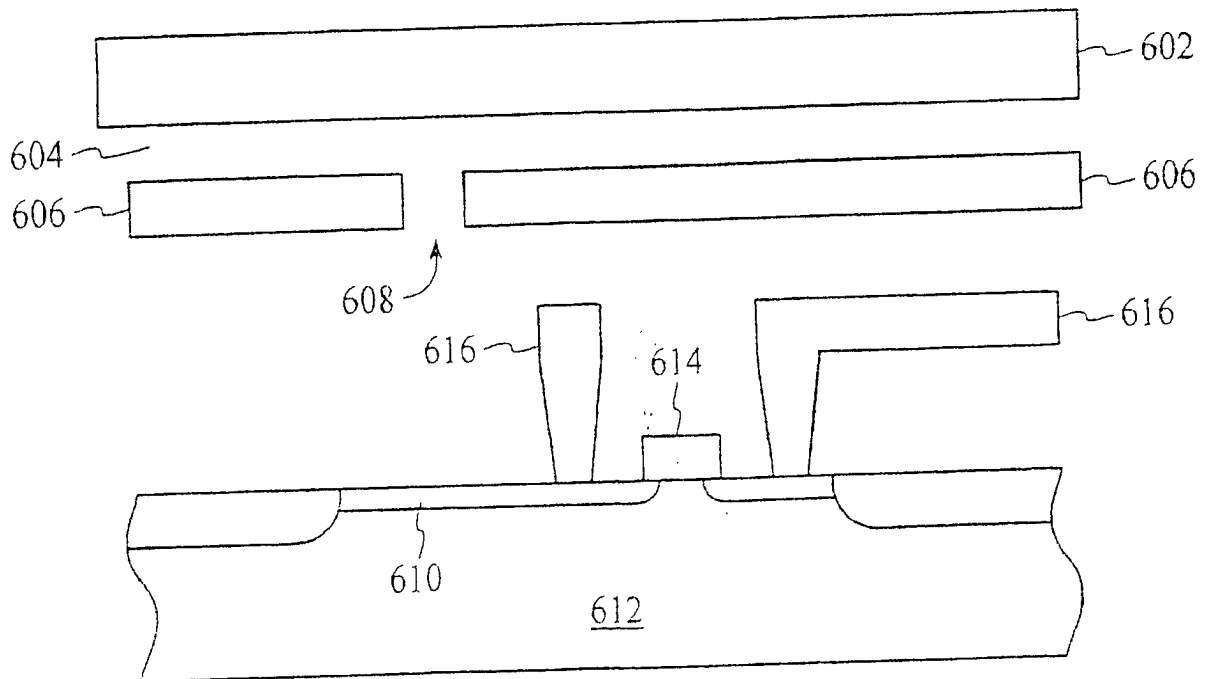


FIG. 6

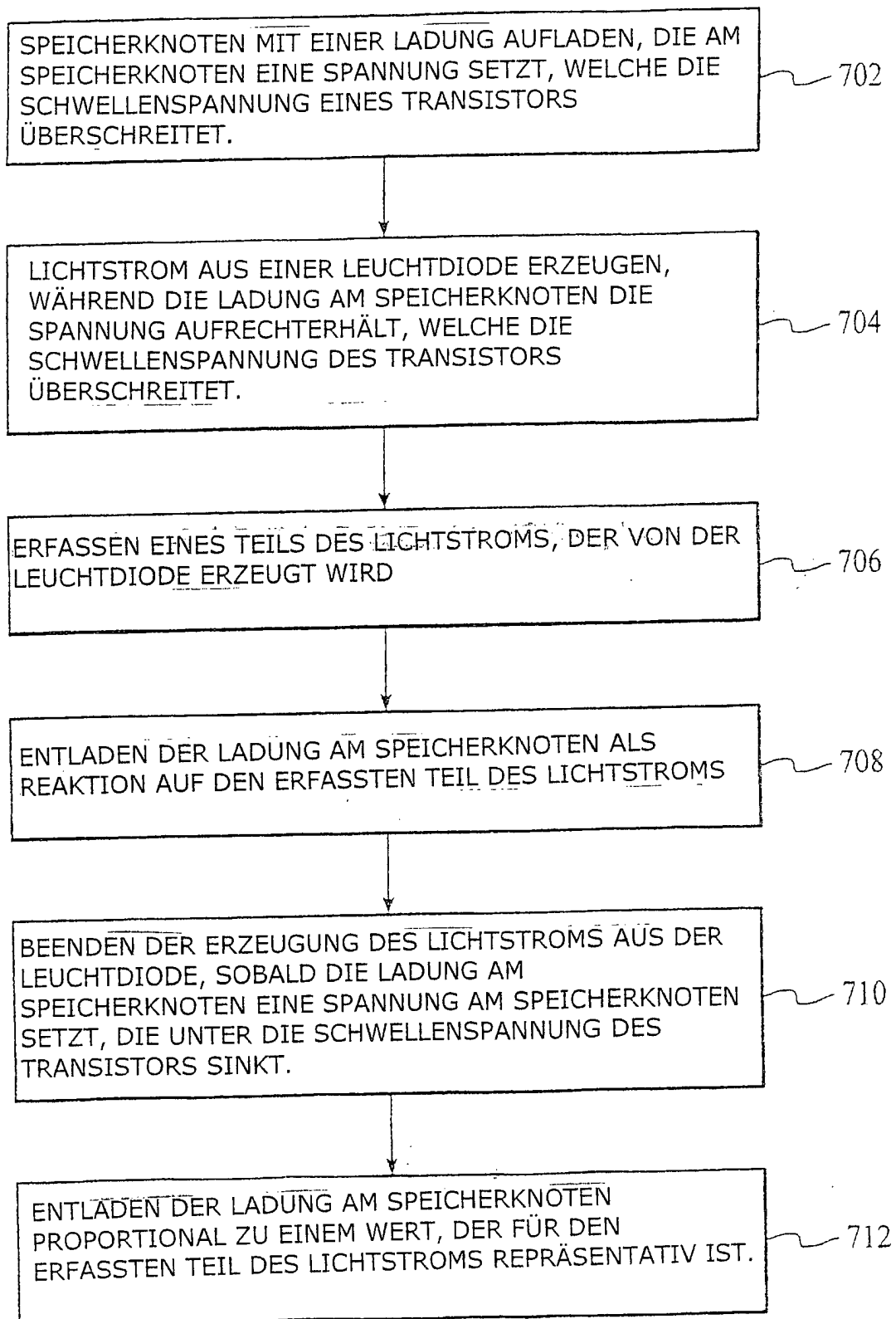


FIG. 7