



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 Patentschrift
10 DE 43 21 789 C 2

51 Int. Cl.⁶:
H 04 N 3/15
H 04 N 5/32
A 61 B 6/00

21 Aktenzeichen: P 43 21 789.3-31
22 Anmeldetag: 30. 6. 93
43 Offenlegungstag: 19. 1. 95
45 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 9. 12. 99

DE 43 21 789 C 2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:
Siemens AG, 80333 München, DE

72 Erfinder:
Hassler, Dietrich, Dipl.-Ing., 91080 Uttenreuth, DE;
Hoheisel, Martin, Dr.rer.nat., 91054 Erlangen, DE

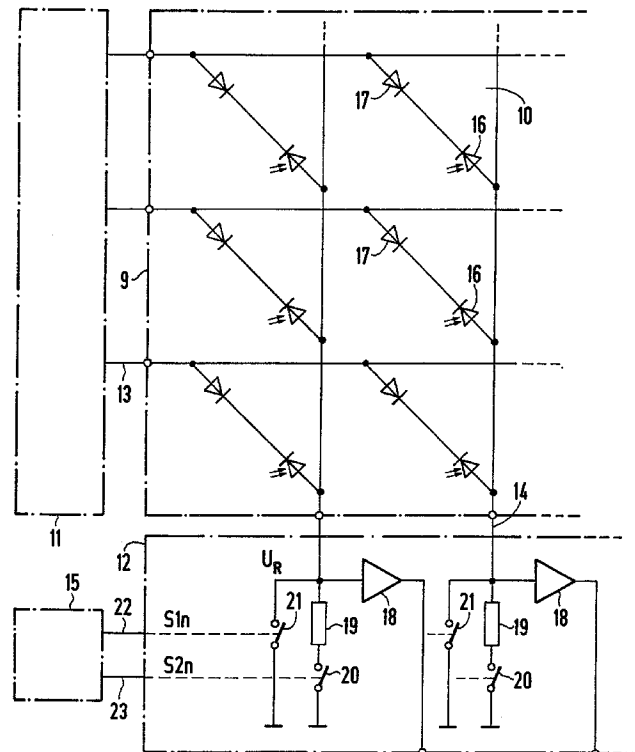
56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

- DE 35 46 487 C2
- DE 39 41 547 A1
- DE 39 40 164 A1
- US 49 48 966
- US 49 06 855
- US 47 97 546

IEEE Transactions on Electron Devices,
Vol. 36, No. 1, January 1989, S. 39-45;

54 Festkörperbildwandler

57 Festkörperbildwandler mit in einer Matrix angeordneten lichtempfindlichen Zellen (10), die zwei gegeneinandergeschaltete Dioden (16, 17) aufweisen, von denen wenigstens eine Diode eine Photodiode (16) ist, und mit Treiberschaltungen (11, 12) zur Ansteuerung der Dioden (16, 17) mittels Steuerpulse, wobei die Dioden zwischen den jeweiligen Zeilen- und Spaltenleitungen (13, 14) der Treiberschaltungen (11, 12) angeschlossen sind, dadurch gekennzeichnet, daß die Treiberschaltungen (11, 12) derart ausgebildet sind, daß die Photodioden (16) durch Taktung dadurch elektrisch rückgesetzt werden, daß sie kurzzeitig in den leitenden Zustand gebracht und anschließend in Sperrichtung aufgeladen werden, und daß die Steuerpulse zeitlich derart gestaffelt sind, so daß im Dauerbelichtungs- bzw. Dauerbestrahlungsbetrieb gearbeitet werden kann.



DE 43 21 789 C 2

Die Erfindung betrifft einen Festkörperbildwandler mit in einer Matrix angeordneten lichtempfindlichen Zellen, die zwei gegeneinandergeschaltete Dioden aufweisen, von denen wenigstens eine Diode eine Photodiode ist, und mit Treiberschaltungen zur Ansteuerung der Dioden mittels Steuerpulse, wobei die Dioden zwischen den jeweiligen Zeilen- und Spaltenleitungen der Treiberschaltungen angeschlossen sind. Derartige Festkörperbildwandler dienen beispielsweise in der Röntgentechnik zur Erfassung von Röntgenstrahlenbildern.

Ein derartiger Festkörperbildwandler ist beispielsweise in der US 4, 948, 966 beschrieben, bei dem zwei Dioden zwischen den Zeilen- und Spaltenleitungen der Ansteuerungsschaltungen mit umgekehrter Polarität geschaltet sind. Die Photodioden werden mit ihrer Eigenkapazität im Speichermodus betrieben, so daß sie sequentiell nach einer Belichtung ausgelesen werden können. Für den Real-Time-Durchleuchtungsbetrieb muß sichergestellt sein, daß die Auslesung rasch genug erfolgen kann und sich Bildinformationen aufeinanderfolgender Bilder nicht vermischen.

Aus diesem Grund ist zwischen zwei Auslesevorgängen eine Rücksetzung vorgesehen, die durch Belichtung der Matrix erfolgt. Dadurch werden die Photodioden vollständig entladen und zur Beschleunigung niederohmig. Da die Belichtung nicht zeilenweise erfolgen kann, wird eine gleichzeitige, gemeinsame Rücksetzung des gesamten Arrays vorgenommen. Jedoch entstehen wegen der zeilenweisen, sequentiellen Auslesung zwischen der gemeinsamen Rücksetzung und der zeilenweisen Auslesung Zeitintervalle mit unterschiedlicher Länge.

Bei einer Röntgendiagnostikeinrichtung kann der Röntgenbildwandler aus einer derartigen Photodioden-Matrix bestehen, auf der eine Szintillatorschicht aufgebracht ist, die die Röntgenstrahlung in Licht umwandelt. Zur Vermeidung von unterschiedlich langen Meßzeiten kann mit einer schaltbaren Röntgenröhre gearbeitet werden, die eine gleich lange Belichtung aller Dioden des Arrays ermöglicht. Die schaltbare Röntgenröhre mit zugehörigem Generator und die Lichtquelle für die Rücksetzung stellen jedoch einen erheblichen Aufwand dar.

Aus der US 4,797,546 ist ein Festkörper-Bildsensor bekannt, bei dem die matrixförmig angeordneten Bildelemente aus einer Reihenschaltung einer Photodiode mit einem Kondensator bestehen, dessen Kapazität größer ist als die Kapazität der Photodiode. Die Photodioden werden durch Taktung elektrisch rückgesetzt, wobei sie kurzzeitig in den leitenden Zustand gebracht werden.

Die Erfindung geht von der Aufgabe aus, einen Festkörperbildwandler der eingangs genannten Art zu schaffen, der eine einfache Rücksetzung der lichtempfindlichen Zellen ohne schaltbare Belichtung ermöglicht.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Treiberschaltungen derart ausgebildet sind, daß die Photodioden durch Taktung dadurch elektrisch rückgesetzt werden, daß sie kurzzeitig in den leitenden Zustand gebracht und anschließend in Sperrichtung aufgeladen werden, und daß die Steuerpulse zeitlich derart gestaffelt sind, so daß im Dauerbelichtungs- bzw. Dauerbestrahlungsbetrieb gearbeitet werden kann. Dadurch wird erreicht, daß die Photodioden auf einfache Weise unabhängig von ihrer Belichtung rückgesetzt werden können.

Es hat sich als vorteilhaft erwiesen, wenn die Treiberschaltungen derart ausgebildet sind, daß die Photodioden entweder einzeln oder zeilenweise rückgesetzt werden.

Eine direkte Umwandlung von Röntgenstrahlen in elektrische Signale kann erreicht werden, wenn auf dem Festkörperbildwandler eine Szintillatorschicht aus einem für Röntgenstrahlen empfindlichen Material aufgebracht ist.

Eine einfache Ansteuerung der Photodioden eines Festkörperbildwandlers, bei dem jede der lichtempfindlichen Zellen wenigstens eine Schaltdiode aufweist, kann erzielt werden, wenn den Schaltdioden eine Vielfachdiode mit entgegengesetzter Polarität oder ein Feldeffekttransistor (FET) parallelgeschaltet oder eine Zenerdiode in Reihe geschaltet ist.

Der Festkörperbildwandler kann dabei kontinuierlich belichtet werden und in einer Röntgendiagnostikeinrichtung verwendet sein.

Die Erfindung ist nachfolgend anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1** eine Röntgendiagnostikeinrichtung gemäß dem Stand der Technik,
- Fig. 2** einen Teil eines erfindungsgemäßen Festkörperbildwandlers,
- Fig. 3 bis 6** Kurvenverläufe zur Erläuterung der Erfindung und
- Fig. 7 bis 10** weitere Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Festkörperbildwandlers.

In der **Fig. 1** ist eine bekannte Röntgendiagnostikeinrichtung mit einer Röntgenröhre **1** dargestellt, die von einem Hochspannungsgenerator **2** betrieben wird. Die Röntgenröhre **1** sendet ein Röntgenstrahlenbündel **3** aus, das einen Patienten **4** durchdringt und auf einen Röntgenbildwandler **5** entsprechend der Transparenz des Patienten fällt. Der Röntgenbildwandler **5** ist über einen Verstärker **6** mit einem Monitor **7** zur Wiedergabe des Röntgenstrahlenbildes verbunden. An einem Steuergenerator **8** sind die elektrischen Komponenten der Fernsehkette **5 bis 7** zur Synchronisation und Steuerung angeschlossen.

Bei einer derartigen Röntgendiagnostikeinrichtung kann der Röntgenbildwandler **5** eine Photodioden-Matrix aufweisen, auf der eine Szintillatorschicht aufgebracht ist, die die Röntgenstrahlung in Licht umwandelt. Die Photodioden-Matrix kann aus wasserstoffhaltigem amorphem Silizium (aSi:H) bestehen.

In **Fig. 2** ist ein Röntgenbildwandler **5** als Festkörperbildwandler dargestellt, der ein matrixförmiges Array **9** aufweist, das aus einzelnen lichtempfindlichen Zellen **10** besteht, die in n-Zeilen und m-Spalten angeordnet sind. Diese Zellen **10** sind mit einer ersten Treiberschaltung **11** über Zeilenleitungen **13** und mit einer zweiten Treiberschaltung **12** oder Empfängerschaltung zur Auslesung über Spaltenleitungen **14** verbunden. An die zweite Treiberschaltung **12** ist eine Logikschaltung **15** angeschlossen.

Die einzelnen lichtempfindlichen Zellen **10** bestehen jeweils aus einer Photodiode **16** und einer Schaltdiode **17**, deren Kathoden miteinander verbunden sind und deren Anoden an den Zeilen- **13** bzw. Spaltenleitungen **14** angeschlossen sind.

Die Treiberschaltung **12** besteht für jede Spalte aus einem Vorverstärker **18**, der mit der jeweiligen Spaltenleitung **14** verbunden ist. Die Eingänge der Vorverstärker **18** sind über einen Widerstand **19** und einen ersten Schalter **20** und parallel dazu über einen zweiten Schalter **21** mit Masse verbunden. Die beiden Schalter **20** und **21** werden über Steuerleitun-

gen **22** und **23** von der Logikschaltung **15** angesteuert.

Erfindungsgemäß wird die Röntgeneinrichtung kontinuierlich betrieben und auf ein Rücksetzlicht verzichtet. Dafür müssen die Schaltdioden **17** des matrixförmigen Arrays bezüglich ihres Durchbruchs in Sperrichtung, der Zenerspannung, definierte Eigenschaften aufweisen. Der Erfindung liegt die Idee zugrunde, eine Rücksetzung auch dadurch zu erreichen, daß die Photodioden für kurze Zeit in den leitenden Zustand gebracht werden, von dem sie wieder in Sperrichtung aufgeladen werden. Verbleibende Unterschiede der Wiederaufladung sind dabei nicht von der Vorgeschichte der Belichtung, sondern vielmehr von der Technologie und Art der Ansteuerung abhängig. Diese Unterschiede sind stabil und können durch die normalerweise vorgesehene Korrektur pro Pixel ausgeglichen werden.

Das erfindungsgemäße Rücksetzprinzip führt zu einer veränderten Pulsfolge bei der Ansteuerung des matrixförmigen Arrays **9**, wie sie anhand von **Fig. 2** in Zusammenhang mit **Fig. 3** näher erläutert wird.

Die Photodioden **16** können pixel- oder zeilenweise leitend gemacht werden, indem die Schaltdiode **17** revers leitend wird. Dazu muß die Zenerspannung U_z der Schaltdiode **17** erreicht und ein Strom durch den Lawineneffekt vorgegeben werden.

Daher wird ein negativer Steuerpuls V_{p3} eingeführt, der gleichzeitig mit dem Schließimpuls S_2 des Schalters **20** erzeugt wird. Der Betrag der Spannung des Steuerpulses V_{p3} ist größer als die Zenerspannung U_z . Die Differenz der Spannungen ohne Berücksichtigung der Schleusenspannung der Photodiode **16** fällt über den Widerstand **19** ab, wodurch die Stromstärke definiert werden kann. Die Spannung U_R sollte gegenüber der Streuung der Zenerspannung U_z groß gewählt werden. Weisen die Zenerspannungen U_z eine geringe Streuung auf, so kann die Spannung U_R entsprechend kleiner gehalten werden kann, so daß Störungen durch Übersprechen gering bleiben.

Die negative Spannung $U_s(V_{p3})$, die gleich der Spannung am Widerstand U_R ist, erreicht über die Spalten-Leitungen **14** auch die Dioden **16** und **17** der nicht angesteuerten Zeilen. Um die Schaltdioden **17** dieser Zeilen sicher in Sperrichtung zu halten, wird für den ausgeschalteten Zustand der Zeilen statt 0 V wie bisher eine negative Spannung U_0 definiert. Der Toleranzbereich U_t dieser Spannung für den ausgeschalteten Zustand liegt betragsmäßig zwischen dem maximalen Wert von U_R und dem minimalen Wert von U_z . Daraus kann man eine praktische Anforderung an die Toleranz von U_z ableiten.

An den Steuerpuls V_{p3} schließt sich der Steuerpuls V_{p1} an, der wie bisher bei geschlossenem Schalter **21** die Rückladung auf ein einheitliches Spannungsniveau besorgt. Mit dem Ende dieses Steuerpulses V_{p1} beginnt die Integrationsphase für die Lichtmessung, die vom Auslese-Steuerpuls V_{p2} bei geöffneten Schaltern **20** und **21** in bekannter Weise beendet wird. Der Abstand der Pakete der Steuerpulse V_{p1} bis V_{p3} einer Zeile untereinander bestimmt jetzt die Meßzeit und nicht wie bisher die Dauer der Belichtung.

Soll zum Beispiel eine Matrix von 1000×1000 Bildpunkten in 40 ms (25 Hz) bei paralleler Abfrage aller Spalten und sequentieller Ansteuerung aller Zeilen ausgelesen werden, so stehen für Auslesung und Rücksetzung, das heißt für das obengenannte Paket der Steuerpulse V_{p1} bis V_{p3} , eine Zeit von $T = 40\text{ }\mu\text{s}$ zur Verfügung. Die Pakete der Steuerpulse V_{p1} bis V_{p3} aller Zeilen werden, wie in **Fig. 3** gezeigt, dicht gepackt aneinandergereiht, um die Zeit optimal zu nutzen. Trotz der unterschiedlichen gestaffelten Auslesezeitpunkte sind die zwischen den Paketen der Steuerpulse V_{p1} bis V_{p3} liegenden Meßzeiten in allen Zeilen gleich lang, so daß im Dauerbelichtungs- bzw. Dauerbestrahlungsbetrieb gearbeitet werden kann.

Im bisherigen Verfahren steht nur ein kleiner Prozentsatz der Zeit für ein Einzelbild von 40 ms zur Bestrahlung zur Verfügung. Die Röntgenröhre muß pulsen können, und das Netzgerät muß für eine vergleichbare Dosis kurzzeitig höhere Ströme liefern können.

Wenn das Paket der Steuerpulse V_{p1} bis V_{p3} bei unveränderter Bildwiederholrate kürzer gehalten werden kann (im Beispiel $T = 20\text{ }\mu\text{s}$) oder die Wiederholrate länger gemacht werden kann, so daß "Luft" zwischen den Pulspaketen ist, kann schneller hintereinander mehrfach ausgelesen werden und die Integrationszeit durch Verringerung des zeitlichen Abstandes der Pakete der Steuerpulse V_{p1} bis V_{p3} verkürzt werden. Dies zeigt ein Vergleich der **Fig. 4**, die ein kurzes Pulspaket oder eine kleine Bildwiederholrate wiedergibt, und **5**, die die doppelte Auslesung pro Bild darstellt, aus denen ersichtlich wird, daß bei etwa halbierten Meßzeit T_z zwei Auslesungen bei etwa halbiertem Empfindlichkeit erfolgen. Um die kontinuierliche Röntgenstrahlung optimal zu nutzen, werden die Werte der beiden Auslesungen innerhalb der Meßzeit T_z miteinander gemittelt, so daß die Dynamik erhalten bleibt. Dadurch erhält man eine sogenannte "elektronische Irisblende" der heutigen Röntgenbildverstärker-Fernsehkette.

Wenn man die Röntgenstrahlung nicht vollständig nutzen möchte, kann man die Steuerpulse zur Rücksetzung V_{p1} und V_{p3} jeweils zwei Zeilen zuführen, wie dies anhand von **Fig. 6** zur Darstellung der reduzierten Empfindlichkeit für zwei Nachbarzeilen gezeigt wird. Durch die zweite Rücksetzung wird die Integrationszeit verkürzt und damit die Empfindlichkeit herabgesetzt. Je weiter die derart angesteuerten Zeilen auseinander liegen, desto stärker wird der Effekt der kürzeren Integrations- bzw. Meßzeit T_z .

Beide Möglichkeiten der Empfindlichkeitseinstellung ermöglichen eine Dynamikeinengung. Dies kann Kosten sparen. Für die einzelnen Zeilen kann eine unterschiedliche Empfindlichkeitssteuerung durchgeführt werden.

Da die Dioden des Arrays in der Praxis einen relativ großen Bahn-Serienwiderstand haben, ist sichergestellt, daß der Zenerstrom I_z begrenzt ist, so daß u. U. die Widerstände **19** und somit auch der Schalter **20** entfallen können, so daß die Ausschaltspannung U_0 auf 0 V zurückgenommen werden kann.

Anhand der **Fig. 7** bis **10** sind erfindungsgemäße Lösungsalternativen mit Zusatzbauelementen beschrieben. Man kommt ohne mehrere Anschlüsse für das matrixförmige Array **9** aus, wenn gemäß **Fig. 7** Vielfachdioden **24**, beispielsweise für jedes Pixel drei Einzeldioden, oder, wie in **Fig. 8** dargestellt, Feldeffekttransistoren (FET) **25** mit geeigneter Kennlinie der Schaltdiode **17** parallel geschaltet sind, um eine besser definierbare Spannung als Ersatz für die Zenerspannung U_z zu erhalten.

Erfindungsgemäß kann auch eine Zenerdiode **26** (siehe **Fig. 9**) in Reihe mit der Schaltdiode **17** angeordnet sein, so daß eine geringere Streuung der Zenerspannung U_z erreicht werden kann. Dabei wird eine Sperrspannung der Schaltdioden **17** angenommen, die gegenüber der Zenerspannung U_z klein ist. Die Schaltdiode **17** sorgt für kleine Ausschaltkapazitäten.

Gemäß der Erfindung kann durch eine in **Fig. 10** dargestellte, zusätzliche Leitung, die über je einen Widerstand **27** und eine Diode **28** mit dem Anschluß der Photodiode **16** und der Schaltdiode **17** verbunden ist, eine gemeinsame elektrische Rücksetzung erreicht werden, so daß eine zur Belichtung der lichtempfindlichen Zellen **10** erforderliche Beleuchtungseinrichtung eingespart werden kann. In diesem Fall wird jedoch eine gepulste Röntgenquelle benötigt.

5 Soll der Zenerstrom nicht mehr als 100/n% schwanken und sei δU_z der Maximalbetrag der Schwankung der Zenerspannung U_z , so kann man für die Ermittlung der Toleranz ansetzen:

$$U_z - \delta U_z - n\delta U_z > 0$$

10 Für den Grenzfall = 0 leitet sich daraus ab:

$$15 \quad \frac{\delta U_z}{U_z} = \frac{1}{1 + n}$$

Für $n = 2$ erhält man:

$$20 \quad \frac{\delta U_z}{U_z} = \frac{1}{3} ,$$

Das bedeutet, daß bei $n = 3$ die Toleranz einer maximal erlaubten Schwankung von $\pm 33\%$ entspricht.

25

Patentansprüche

1. Festkörperbildwandler mit in einer Matrix angeordneten lichtempfindlichen Zellen (**10**), die zwei gegeneinandergeschaltete Dioden (**16, 17**) aufweisen, von denen wenigstens eine Diode eine Photodiode (**16**) ist, und mit Treiberschaltungen (**11, 12**) zur Ansteuerung der Dioden (**16, 17**) mittels Steuerpulse, wobei die Dioden zwischen den jeweiligen Zeilen- und Spaltenleitungen (**13, 14**) der Treiberschaltungen (**11, 12**) angeschlossen sind, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Treiberschaltungen (**11, 12**) derart ausgebildet sind, daß die Photodioden (**16**) durch Taktung dadurch elektrisch rückgesetzt werden, daß sie kurzzeitig in den leitenden Zustand gebracht und anschließend in Sperrichtung aufgeladen werden, und daß die Steuerpulse zeitlich derart gestaffelt sind, so daß im Dauerbelichtungs- bzw. Dauerbestrahlungsbetrieb gearbeitet werden kann.
2. Festkörperbildwandler nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Treiberschaltungen (**11, 12**) derart ausgebildet sind, daß die Photodioden (**16**) einzeln rückgesetzt werden.
3. Festkörperbildwandler nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Treiberschaltungen (**11, 12**) derart ausgebildet sind, daß die Photodioden (**16**) zeilenweise rückgesetzt werden.
4. Festkörperbildwandler nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß auf dem Festkörperbildwandler eine Szintillatorschicht aus einem für Röntgenstrahlen empfindlichen Material aufgebracht ist.
5. Festkörperbildwandler nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei jede der lichtempfindlichen Zellen (**10**) des Festkörperbildwandlers wenigstens eine Schaltdiode (**17**) aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß den Schaltdioden (**17**) eine Vielfachdiode (**24**) mit entgegengesetzter Polarität parallelgeschaltet ist.
6. Festkörperbildwandler nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei jede der lichtempfindlichen Zellen (**10**) des Festkörperbildwandlers wenigstens eine Schaltdiode (**17**) aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß den Schaltdioden (**17**) ein Feldeffekttransistor (FET) (**25**) parallelgeschaltet ist.
7. Festkörperbildwandler nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei jede der lichtempfindlichen Zellen (**10**) des Festkörperbildwandlers wenigstens eine Schaltdiode (**17**) aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß eine Zenerdiode (**26**) mit den Schaltdioden (**17**) in Reihe geschaltet ist.
8. Festkörperbildwandler nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Festkörperbildwandler kontinuierlich belichtet wird.
9. Festkörperbildwandler nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Festkörperbildwandler in einer Röntgendiagnostikeinrichtung verwendet wird.

55

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

60

65

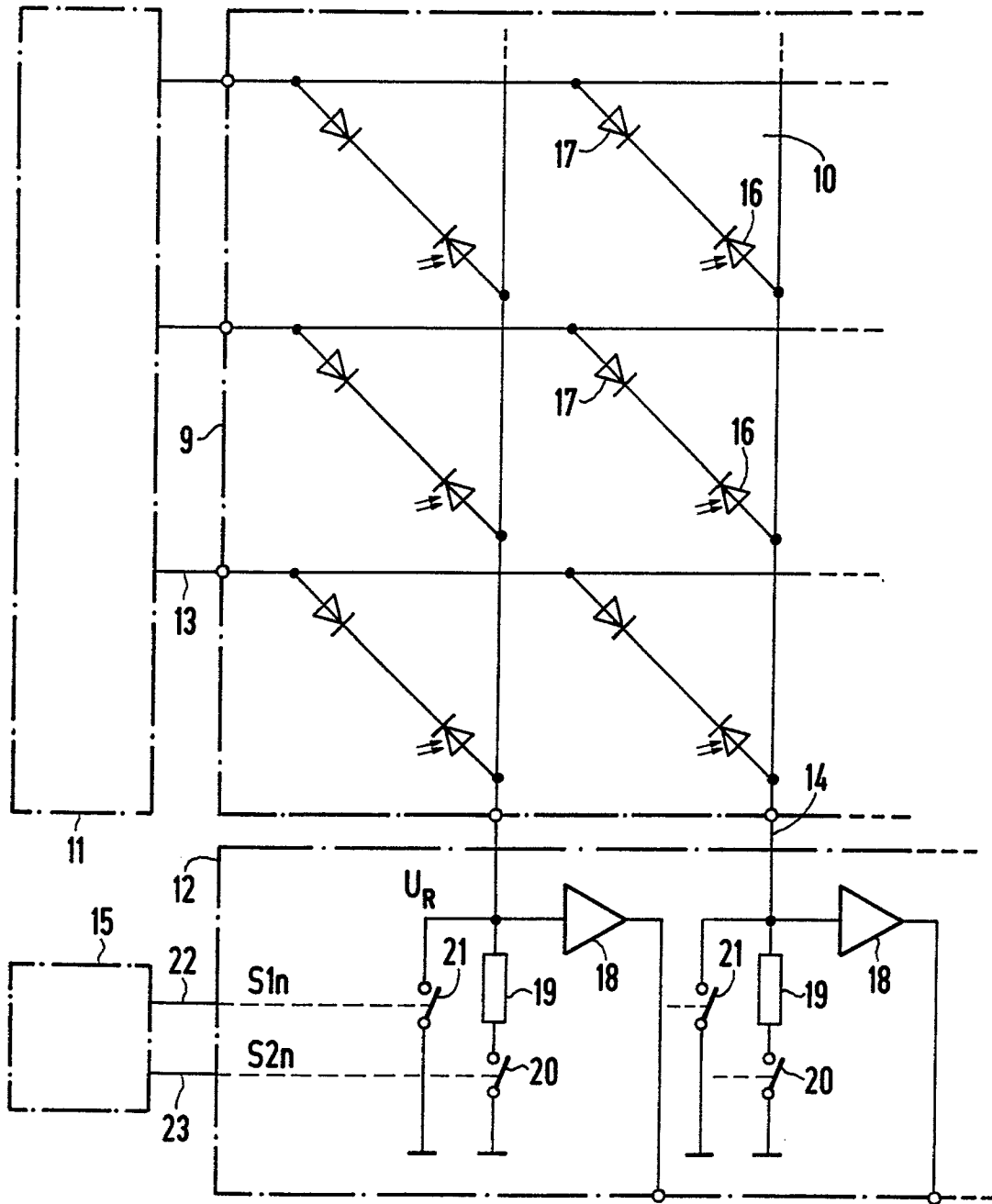


FIG 2

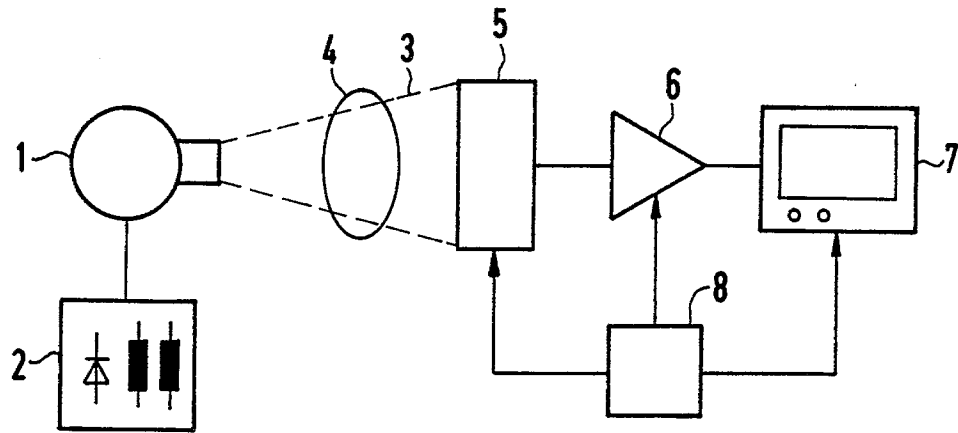


FIG 1

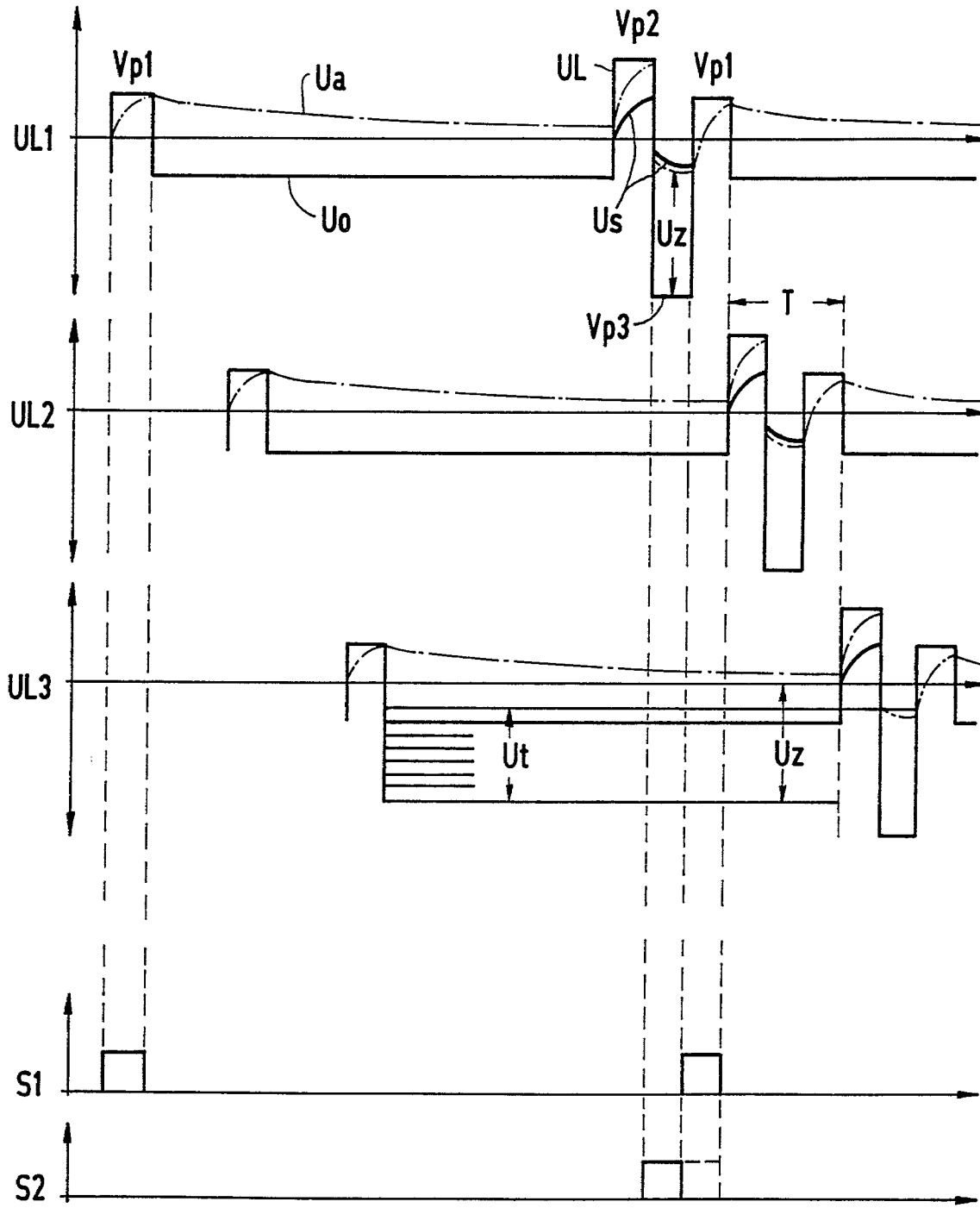


FIG 3

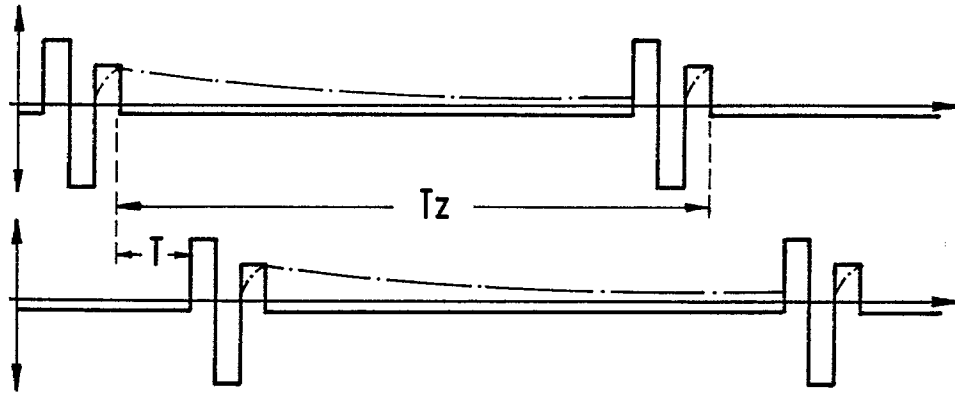


FIG 4

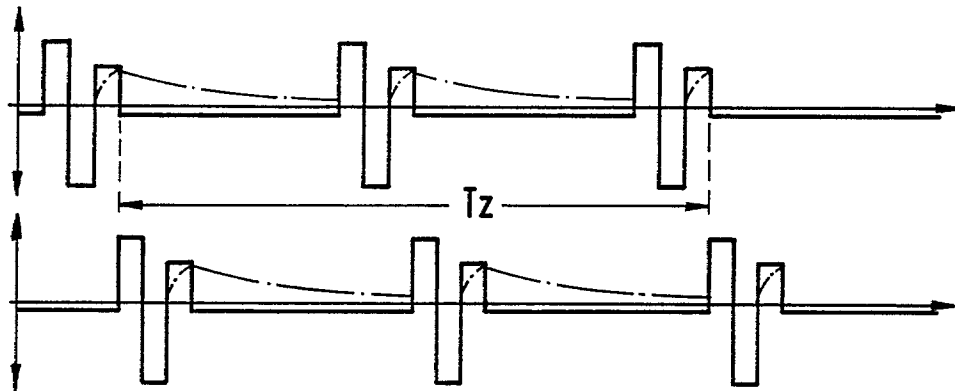


FIG 5

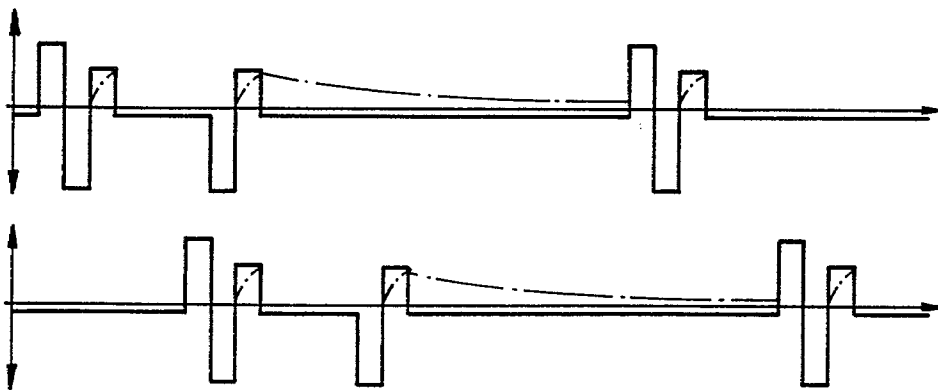


FIG 6

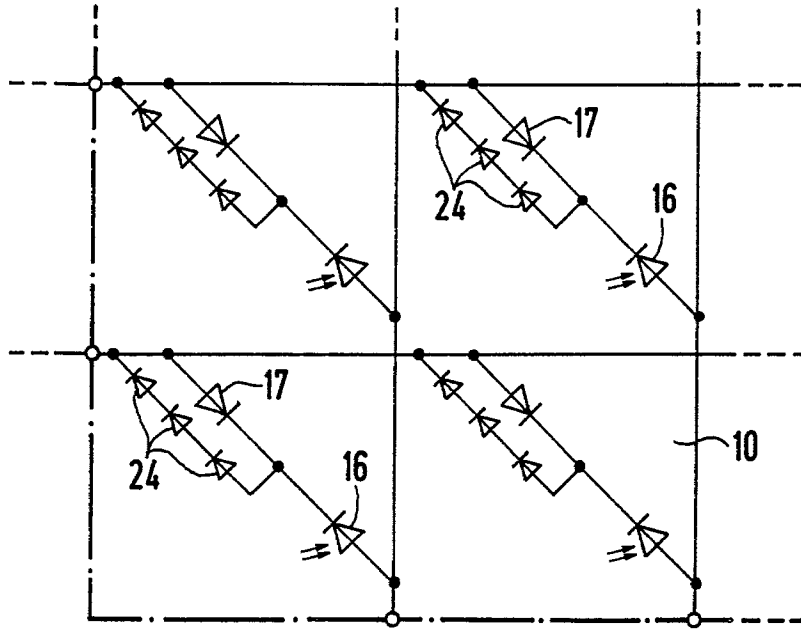


FIG 7

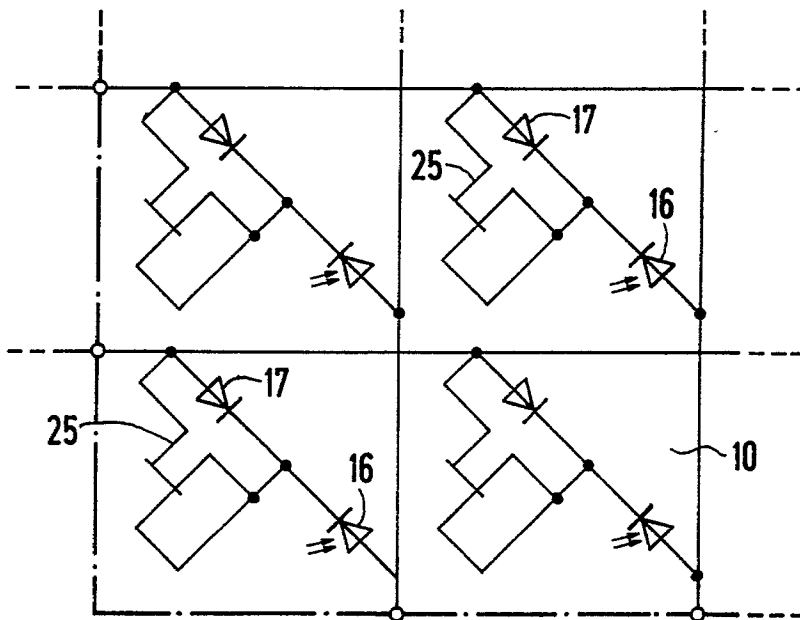


FIG 8

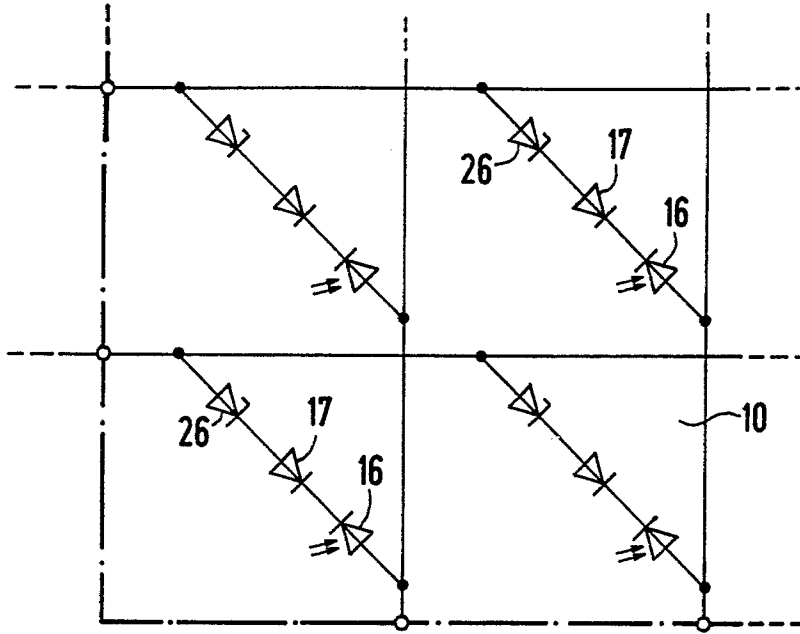


FIG 9

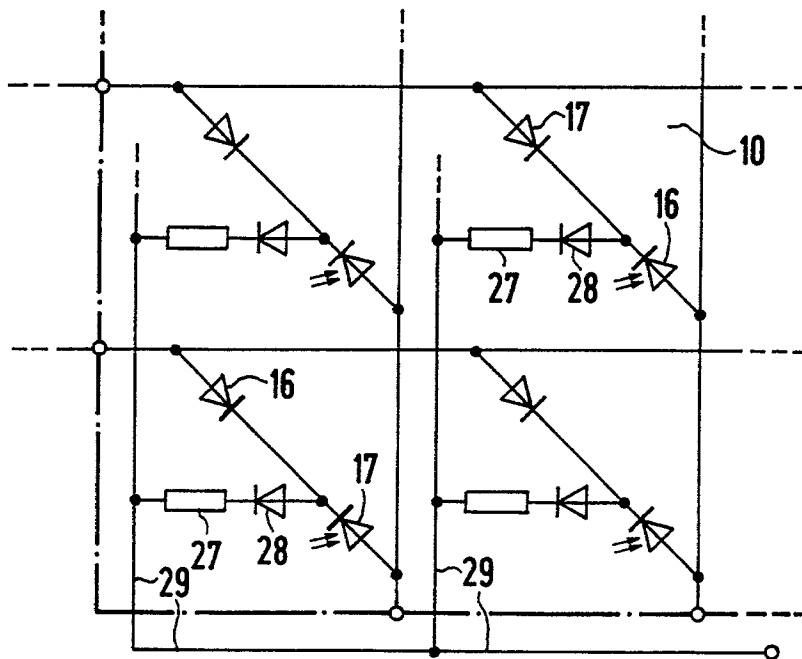


FIG 10