



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 **Offenlegungsschrift**  
10 **DE 199 44 731 A 1**

51 Int. Cl. 7:  
**H 01 L 27/146**  
G 01 T 1/29  
H 05 G 1/64  
// H04N 3/15

21 Aktenzeichen: 199 44 731.4  
22 Anmeldetag: 17. 9. 1999  
43 Offenlegungstag: 12. 4. 2001

DE 199 44 731 A 1

71 Anmelder:  
Siemens AG, 80333 München, DE

72 Erfinder:  
Hoheisel, Martin, Dr.rer.nat., 91056 Erlangen, DE

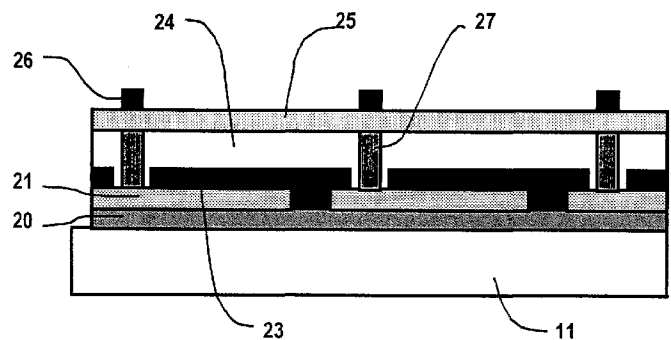
56 Entgegenhaltungen:  
US 46 94 317  
US 44 49 044  
EP 04 28 050 A1  
WO 98 47 181 A1  
Patents Abstracts of Japan: JP 2-94566 A, E-944,  
1990, Vol. 14/No. 292;  
Patents Abstracts of Japan: JP 2-69978 A, E-933,  
1990, Vol. 14/No. 248;  
Patents Abstracts of Japan: JP 2-110969 A, E-952,  
1990, Vol. 14/No. 328;

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

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Flächenhafter Bilddetektor für elektromagnetische Strahlen

57 Die Erfindung betrifft einen flächenhaften Bilddetektor (5) für elektromagnetische Strahlen (3), bei dem auf einem Substrat (11) eine Matrix (20) aus Dünnschicht-Transistoren (TFT) aufgebracht ist, über der eine Isolierschicht (21) angeordnet ist, auf der sich Metallelektroden (23) mit Kontaktlöchern (22) zu der Matrix (20) befinden, mit einer Photodiodenschicht (24), die von einer oberen Elektrode (25) abgedeckt ist. Der Bilddetektor (5) ist derart ausgebildet, daß zwischen den einzelnen Metallelektroden (23) in der Photodiodenschicht (24) isolierende Bereiche (27, 30) gebildet werden.



DE 199 44 731 A 1

Die Erfindung betrifft einen flächenhaften Bilddetektor für elektromagnetische Strahlen, bei dem auf einem Substrat eine Matrix aus Dünnschicht-Transistoren aufgebracht ist, über der eine Isolierschicht angeordnet ist, auf der sich Metall-

elektroden mit Kontaktlöchern zu der Matrix befinden, und mit einer in einer darüber liegenden Ebene angeordneten Photodiodenschicht, die von einer oberen Elektrode abgedeckt ist. Derartige Bilddetektoren werden beispielsweise in Röntgendiagnostikeinrichtungen eingesetzt, wie sie in **Fig. 1** dargestellt sind.

In der **Fig. 1** ist eine aus der DE 195 27 148 C1 bekannte Röntgendiagnostikeinrichtung mit einer von einem Röntgengenerator **1** mit Hoch- und Heizspannung versorgte Röntgenröhre **2** wiedergegeben, die eine kegelförmige Röntgenstrahlung **3** erzeugt, die einen Patienten **4** durchdringt und auf einem für Röntgenstrahlung **3** empfindlichen Festkörper-Detektor **5** Strahlenbilder erzeugt. Das Ausgangssignal des Festkörper-Detektors **5**, die Bilddaten **6**, wird einem Bildsystem **7** zugeführt. Das Bildsystem **7** kann Wandler, Bildspeicher und Verarbeitungsschaltungen aufweisen. Es ist zur Wiedergabe der erfaßten Röntgenbilder mit einem Monitor **8** verbunden. Bedienelemente **9** sind über eine Systemsteuerung und -kommunikation **10** mit den übrigen Komponenten der Röntgendiagnostikeinrichtung verbunden.

Derartige Festkörper-Röntgendetektoren sind beispielsweise aus M. Hoheisel et al., Journal of Non-Crystalline Solids Vol. 227-230, 1998, Seite 1300ff, bekannt und in der **Fig. 2** im perspektivischem Querschnitt dargestellt. Auf einem Glassubstrat **11** ist eine Schicht, beispielsweise aus amorphem Silizium, mit einer Pixelmatrix **12** von Detektorelementen aus Photodioden **13** und Schaltelementen **14** aufgebracht, wie in **Fig. 2** vergrößert dargestellt ist, die durch Zeilen- **15** und Spaltenleitungen **16** verbunden sind. Darüber ist eine Szintillatorschicht **17**, beispielsweise bestehend aus Caesiumjodid (CsI), angeordnet, die die einfallende Röntgenstrahlung **3** in sichtbares Licht umwandelt.

Es werden jeweils alle Pixel einer Zeile gleichzeitig von den Zeilentreibern **18** adressiert und ausgelesen. Die Signale werden in einer Vielzahl von Verstärkern **19** parallel verarbeitet. Ein Bild wird im einfachsten Fall Zeile für Zeile progressiv ausgelesen.

Soll ein derartiger Röntgendetektor ein hohes Ortsauflösevermögen aufweisen, müssen die verwendeten Detektorelemente möglichst klein sein. Da die Größe der Schaltelemente und Verbindungsleitungen bei einer Verkleinerung der Detektorelemente unverändert bleiben muß, müssen die Photodioden **13** noch kleiner als das Reduzierungsverhältnis werden. Damit existiert eine untere Grenze für die Größe der Detektorelemente bei vorgegebener Technologie.

Zu weiteren Verkleinerung wurde vorgeschlagen, die Photodioden in einer getrennten Ebene oberhalb der Schaltelemente und Verbindungsleitungen anzuordnen, wobei die Photodioden dann die gesamte Fläche beanspruchen können. Mit einer derartigen Anordnung sind wesentlich kleinere Detektorelemente herstellbar, wobei die Fläche der Photodioden einen hohen Anteil an der Gesamtfläche einnehmen kann.

Dazu wird eine ganzflächige pin-Photodiode aufgebracht, deren untere Elektrode für die einzelnen Detektorelemente strukturiert wird, so daß auch Ladungsträger, die zwischen den einzelnen Elektroden angeregt wurden, vom elektrischen Feld jeweils zu einer Elektrode gezogen und dort gesammelt werden, so daß sie zum Nutzsignal beitragen.

Diese Anordnung weist jedoch den Nachteil auf, daß das elektrische Feld zwischen Anode und Kathode der Photodi-

oden im Bereich zwischen jeweils zwei Elektroden sehr gering wird. Genau in der Mitte verschwindet es sogar gänzlich. Das führt dazu, daß zwar die meisten Ladungsträger aus diesem Bereich gesammelt werden, allerdings aufgrund der geringen Feldstärke wesentlich langsamer als die Ladungsträger, die sich im Bereich der Elektroden befinden. Ein Teil der Ladungsträger wird auch rekombinieren, bevor es überhaupt eine Elektrode erreichen kann. Dies führt zu einer Trägheit des Detektors, die sich bei sich ändernden Eingangssignalen störend bemerkbar machen kann. Diese Problematik ist auch von anderen Bildsensoren her bekannt, wie beispielsweise von M. Hoheisel et al. im Journal of Non-Crystalline Solids, Vol. 90, 1987, Seite 243ff, beschrieben ist.

Weiterhin kann zwischen benachbarten Detektorelementen ein Übersprechen auftreten, das seine Ursache in den Potentialdifferenzen zwischen den Elektroden hat. Dadurch kann das Ortsauflösevermögen eines Detektors in unerwünschter Weise vermindert werden.

Die Erfindung geht von der Aufgabe aus, einen Bilddetektor der eingangs genannten Art derart auszubilden, der nur eine geringe Trägheit und wenig Übersprechen aufweist.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß der Bilddetektor derart ausgebildet ist, daß zwischen den einzelnen Metallelektroden in der Photodiodenschicht isolierende Bereiche gebildet werden. Durch die Einführung eines zwischen den einzelnen Elektroden liegenden isolierenden Bereiches können keine langsamen Ladungsträger der oben beschriebenen Art mehr auftreten und es wird ein Übersprechen verhindert.

Dies kann entweder derart geschehen, daß ein schmaler Streifen des Halbleitermaterials zwischen den Photodioden entfernt wird. Dies erfolgt bevorzugt durch Plasmaätzung der Halbleiterschicht der Diode. Es kann weiterhin vorteilhaft sein, die dadurch entstandenen Oberflächen durch eine Passivierungsschicht zu schützen.

Alternativ kann ein schmaler Streifen nicht beleuchtet werden, damit er hochohmig bleibt und somit die Photodioden voneinander isoliert. Dies soll erfindungsgemäß durch eine strukturierte, für das Szintillationslicht undurchsichtige Metallschicht erfolgen, die auf die Oberseite der durchgängigen Photodiode jeweils zwischen den Detektorelementen aufgebracht wird. Dies hat den Vorteil, daß in der darunterliegenden Zone keine Ladungsträger generiert werden, bei denen die Gefahr einer verzögerten Auslesung aufgrund der dort herrschenden geringen elektrischen Feldstärke besteht.

In vorteilhafter Weise kann in einer ersten Ausführungsform im Bereich zwischen den Metallelektroden die Photodiodenschicht durch schmale Schlitz zur Bildung einzelner Photodioden getrennt sein.

Es hat sich für die Langzeitstabilität des Bilddetektors als vorteilhaft erwiesen, wenn die Oberfläche durch eine Passivierungsschicht abgedeckt ist, so daß die Schlitz ganz oder teilweise ausgefüllt sind.

Als erfindungsgemäße Alternative kann eine entsprechend den Zwischenräumen zwischen den einzelnen Metallelektroden gitterförmig strukturierte, für die die Photodiodenschicht beleuchtenden Strahlen undurchlässige Metallschicht auf der Oberseite oberen Elektrode aufgebracht sein.

In vorteilhafter Weise kann die Photodiodenschicht aus einer Schichtfolge aus Phosphor-dotiertem, amorphem Silizium, undotiertem amorphem Silizium, und Bor-dotiertem, amorphem Silizium oder einer Silizium-Kohlenstoff-Legierung bestehen ( $n\text{-a-Si:H/i-a-Si:H/p-a-Si}_{1-x}\text{C}_x\text{H}$ ).

Bei der Herstellung eines erfindungsgemäßen Bilddetektors können die schmalen Schlitz durch Plasma-Ätzen der Photodiodenschicht hergestellt sein.

Die alternative Metallschicht kann auf der oberen Elek-

trode aufgebracht und derart gitterförmig mittels Photolithographie strukturiert sein, daß die Gitterstege jeweils oberhalb der Mitte der Zwischenräume zwischen benachbarten unteren Metallelektroden angeordnet sind.

Dabei hat es sich als vorteilhaft erwiesen, wenn die Breite der Gitterstege etwa dem Abstand der unteren Elektroden vermindert um die doppelte Dicke der Photodiode entspricht.

Die Erfindung ist nachfolgend anhand von in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigen:

**Fig. 1** eine bekannte Röntgendiagnostikeinrichtung mit einem Röntgendetektor,

**Fig. 2** eine perspektivische Ansicht eines bekannten Röntgendetektors,

**Fig. 3** den Grundaufbau des erfindungsgemäßen Röntgendetektors,

**Fig. 4** ein erstes Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Röntgendetektors,

**Fig. 5** eine perspektivische Ansicht des Röntgendetektors gemäß **Fig. 4** und

**Fig. 6** alternatives Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Röntgendetektors.

In **Fig. 3** ist der Grundaufbau des Bilddetektors **5** dargestellt, bei dem auf einem Glassubstrat **11** eine Matrix **20** aus Dünnschicht-Transistoren (TFT) mit den dazugehörigen Zuleitungen aufgetragen wird, wie es beispielsweise von L. E. Antonuk et al., SPIE Vol. 3336, 1998, Seite 2ff, beschrieben ist. Darüber wird eine Isolierschicht **21** abgeschieden, die vorzugsweise aus durch Plasma-Deposition (PECVD) erzeugtem, amorphem Siliziumnitrid ( $a\text{-SiN}_x$ ) oder aus Polyimid besteht.

In die Isolierschicht **21** werden Kontaktlöcher **22** geätzt. Dann wird eine Metallelektrode **23** vorzugsweise durch Kathodenzerstäubung aufgebracht, welche die elektrische Verbindung zu den Drainkontakten der TFT in der unteren Ebene herstellt. Die Metallelektrode **23** wird durch Photolithographie derart strukturiert, daß die unteren Elektroden von Photodioden **24** jedes Bildelementes gebildet werden.

Darüber wird die zusammenhängende Photodiode **24** aufgebracht, die aus einer Schichtfolge aus Phosphor-dotiertem, amorphem Silizium, undotiertem amorphem Silizium, Bor-dotiertem, amorphem Silizium oder einer Silizium-Kohlenstoff-Legierung besteht ( $n\text{-a-Si:H/i-a-Si:H/p-a-Si}_{1-x}\text{C}_x\text{H}$ ). Als obere Elektrode **25** wird abschließend eine optisch transparente, leitfähige Schicht beispielsweise Indium-Zinn-Oxid (ITO) aufgebracht, wie es von R. A. Street et al., Journal of Non-Crystalline Solids, Vol. 198-200, 1996, Seite 1151ff beschrieben ist.

**Fig. 4** zeigt den Röntgendetektor gemäß **Fig. 3** in lateral vergrößertem Maßstab. Auf den derart erstellten Sensor wird die erfindungsgemäße Metallschicht **26** aufgebracht und in Gestalt eines Gitters mittels Photolithographie so strukturiert, daß die Gitterstege jeweils oberhalb der Mitte der Zwischenräume zwischen benachbarten unteren Metallelektroden **23** angeordnet sind. Beispielsweise kann die Breite der Gitterstege etwa dem Abstand der unteren Metallelektroden **23** vermindert um die doppelte Dicke der Photodiode **24** entsprechen. Dadurch entstehen unbeleuchtete Bereiche **27**, in denen keine freien Ladungsträger angeregt werden können. Deshalb gibt es auch keinen zeitverzögerten Beitrag zur Signalladung, so daß man einen Detektor ohne störende Trägheit erhält.

Ein hochauflösender Detektor könnte beispielsweise aus quadratischen Bildelementen von  $75\ \mu\text{m}$  Kantenlänge bestehen, wobei der Abstand zwischen je zwei benachbarten Metallelektroden **23**  $10\ \mu\text{m}$  betragen soll. Die Dicke der pin-Photodiode **24** kann  $1,5\ \mu\text{m}$  betragen. Dann sollten die Gitterstege der Metallschicht **26** vorteilhafterweise eine Breite von  $7\ \mu\text{m}$  aufweisen. Damit ergibt sich ein Flächenanteil der Photodioden **24** an der Gesamtfläche von  $82,2\%$ , während mit der herkömmlichen Technik nur deutlich weniger als  $50\%$  erreichbar sind.

terstege der Metallschicht **26** vorteilhafterweise eine Breite von  $7\ \mu\text{m}$  aufweisen. Damit ergibt sich ein Flächenanteil der Photodioden **24** an der Gesamtfläche von  $82,2\%$ , während mit der herkömmlichen Technik nur deutlich weniger als  $50\%$  erreichbar sind.

**Fig. 5** zeigt das auf dem Glassubstrat **11** aufgebrachte Schichtpaket **28**, bestehend aus Auslesematrix, Verbindungsleitungen, Isolationsschichten und Photodioden. Darauf wird das oben beschriebene, erfindungsgemäße Metallgitter **29** angeordnet. Da dieses Metallgitter **29** einen wesentlich niedrigeren elektrischen Widerstand als die darunter liegende, optisch transparente, leitfähige Schicht der oberen Elektrode **25** aufweist, wird durch die erfindungsgemäße Anordnung für jedes Detektorelement der elektrische Zuleitungswiderstand vermindert. Dies führt zu einem schnelleren Ladungstransfer und zu einem geringeren Beitrag der Zuleitungen zum elektronischen Rauschen des Detektors.

In der **Fig. 6** ist ein alternatives Ausführungsbeispiel dargestellt, bei dem auf den gemäß in **Fig. 3** erstellten Röntgendetektor eine Photolackschicht aufgebracht und in Gestalt eines Gitters mittels Photolithographie so strukturiert wird, daß jeweils oberhalb der Mitte der Zwischenräume zwischen benachbarten unteren Metallelektroden **23** Streifen freigelegt werden. Dort wird vorzugsweise durch Plasmaätzen die Schichtfolge der Photodiode **24** entfernt, wobei sorgfältig darauf zu achten ist, daß die darunterliegende Isolierschicht **21** nicht angegriffen wird. Dabei entstehen die erfindungsgemäßen Schlitze **30**. Dadurch können weder langsam reagierende Ladungsträger erzeugt werden, noch kann ein Übersprechen zwischen benachbarten Bildelementen auftreten.

Der Nachteil dieser Anordnung besteht allerdings darin, daß die optisch transparente, leitfähige Schicht der oberen Elektrode **25** ebenfalls unterbrochen werden muß. Dies macht eine weitere, hier nicht dargestellte, leitfähige Schicht erforderlich, welche die elektrische Verbindung der oberen Elektroden **25** gewährleistet. Abschließend wird zum Schutz der gesamten Anordnung eine Passivierungsschicht **31** aufgebracht.

Durch die erfindungsgemäßen Ausbildungen des Röntgendetektors **5** werden die Vorteile einer Photodiode **24** genutzt, die in einer getrennten Ebene oberhalb der Schaltelemente **14** und Verbindungsleitungen **15** und **16** angeordnet ist, und dabei aber gleichzeitig die störende Trägheit vermeiden, die bei den bisher vorgeschlagenen Lösungswegen auftrat.

Die Erfindung ist gleichermaßen auf Röntgendetektoren wie auch auf optische Bildsensoren anwendbar.

#### Patentansprüche

1. Flächenhafter Bilddetektor (**5**) für elektromagnetische Strahlen (**3**), bei dem auf einem Substrat (**11**) eine Matrix (**20**) aus Dünnschicht-Transistoren (TFT) aufgebracht ist, über der eine Isolierschicht (**21**) angeordnet ist, auf der sich Metallelektroden (**23**) mit Kontaktlöchern (**22**) zu der Matrix (**20**) befinden, und mit einer in einer darüber liegenden Ebene angeordneten Photodiodenschicht (**24**), die von einer oberen Elektrode (**25**) abgedeckt ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Bild-detektor (**5**) derart ausgebildet ist, daß zwischen den einzelnen Metallelektroden (**23**) in der Photodiodenschicht (**24**) isolierende Bereiche (**27**, **30**) gebildet werden.
2. Bild-detektor (**5**) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß im Bereich zwischen den Metallelektroden (**23**) die Photodiodenschicht (**24**) durch schmale

Schlitze (30) zur Bildung einzelner Photodioden getrennt ist.

3. Bilddetektor (5) nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Oberfläche durch eine Passivierungsschicht (31) abgedeckt ist, so daß die Schlitze (30) ausgefüllt sind. 5

4. Bilddetektor (5) nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Oberfläche durch eine Passivierungsschicht (31) abgedeckt ist, so daß die Schlitze (30) teilweise ausgefüllt sind. 10

5. Bilddetektor (5) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine entsprechend den Zwischenräumen zwischen den einzelnen Metallelektroden (23) gitterförmig strukturierte, für die die Photodiodenschicht (24) beleuchtenden Strahlen undurchlässige Metallschicht (26) auf der Oberseite der oberen Elektrode (25) aufgebracht ist. 15

6. Bilddetektor (5) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Photodiodenschicht (24) aus einer Schichtfolge aus Phosphordotiertem, amorphem Silizium, undotiertem amorphem Silizium, und Bor-dotiertem, amorphem Silizium oder einer Silizium-Kohlenstoff-Legierung besteht (n-a-Si:H/i-a-Si:H/p-a-Si<sub>1-x</sub>C<sub>x</sub>H). 20

7. Verfahren zur Herstellung eines Bilddetektors (5) nach einem der Ansprüche 1 bis 4 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß die schmalen Schlitze (30) durch Plasma-Ätzen der Photodiodenschicht (24) hergestellt wird. 25

8. Verfahren zur Herstellung eines Bilddetektors (5) nach einem der Ansprüche 1, 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß eine Metallschicht (26) auf der oberen Elektrode (25) aufgebracht und gitterförmig mittels Photolithographie derart strukturiert wird, daß die Gitterstege jeweils oberhalb der Mitte der Zwischenräume zwischen benachbarten unteren Metallelektroden (23) angeordnet sind. 30 35

9. Verfahren zur Herstellung eines Bilddetektors (5) nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Breite der Gitterstege der Metallschicht (26) etwa dem Abstand der unteren Metallelektroden (23) vermindert um die doppelte Dicke der Photodiode (24) entspricht. 40

---

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

---

45

50

55

60

65

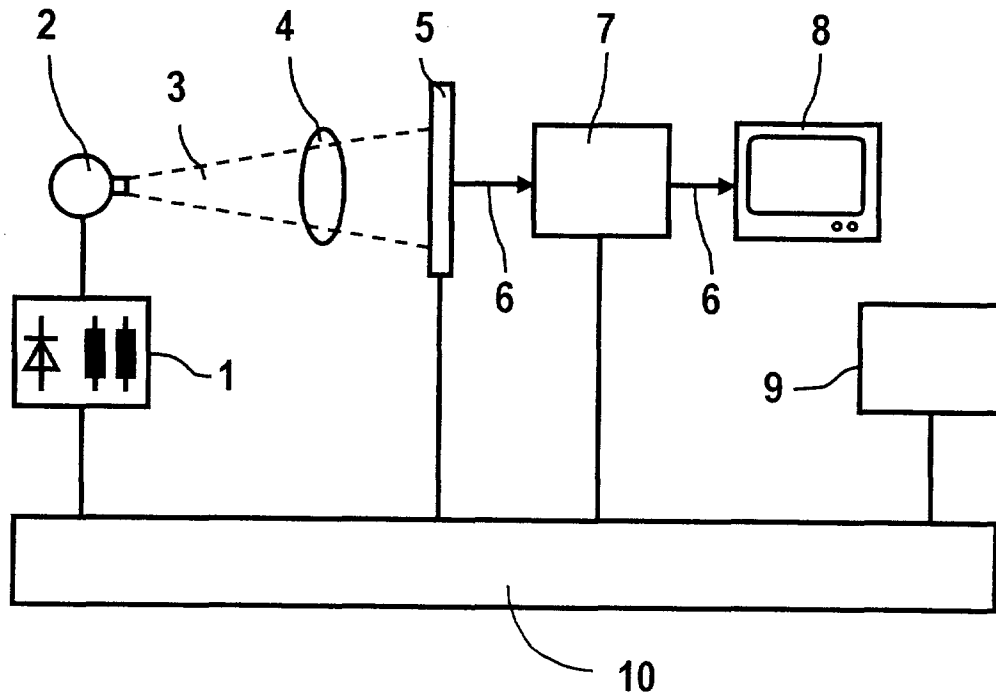


FIG 1

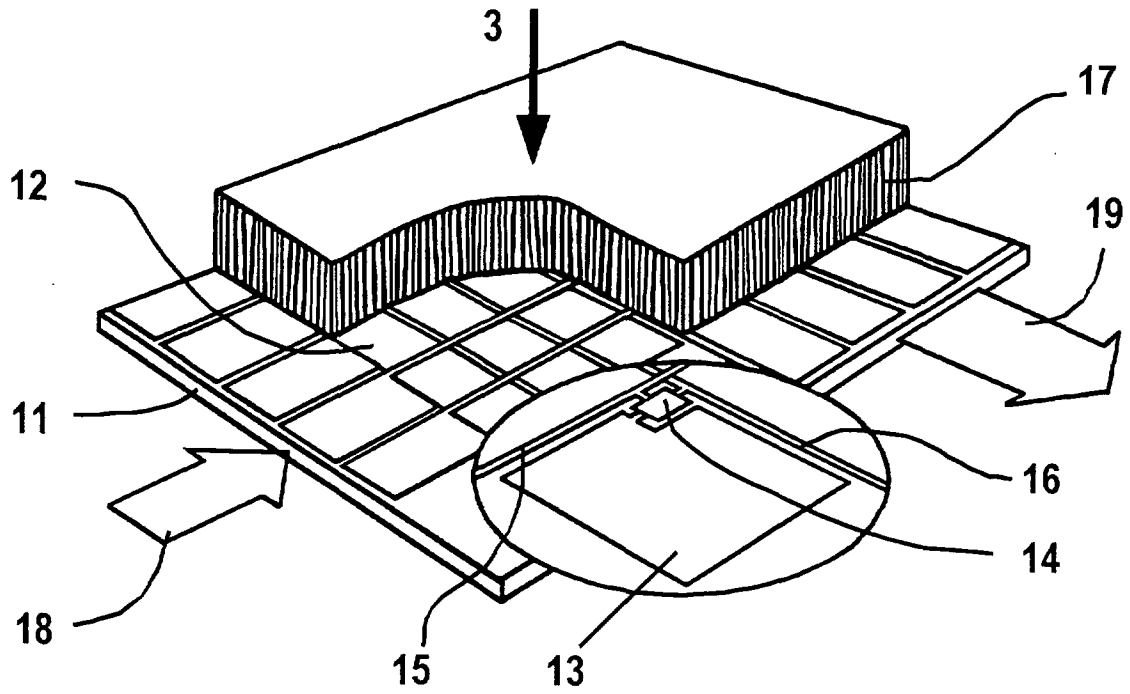


FIG 2

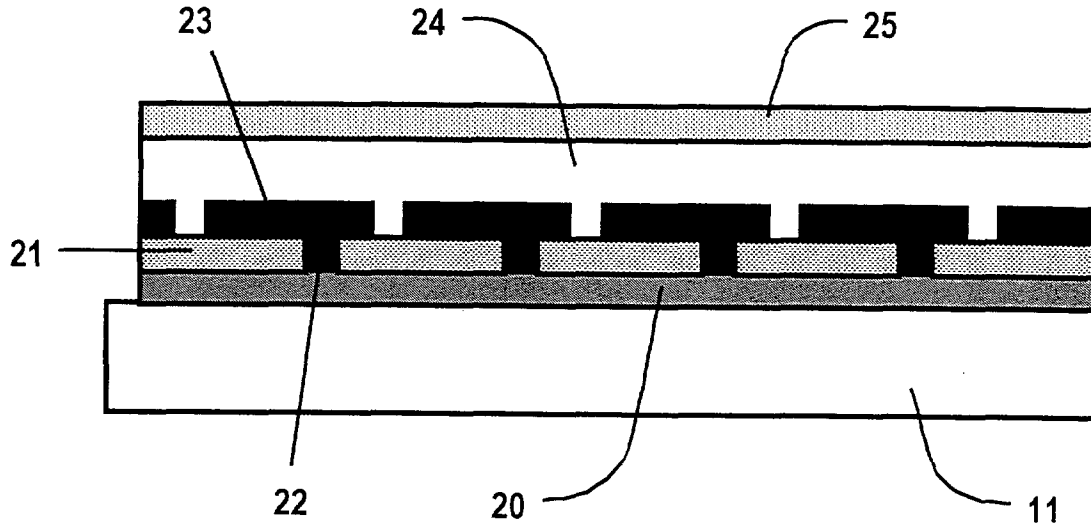


FIG 3

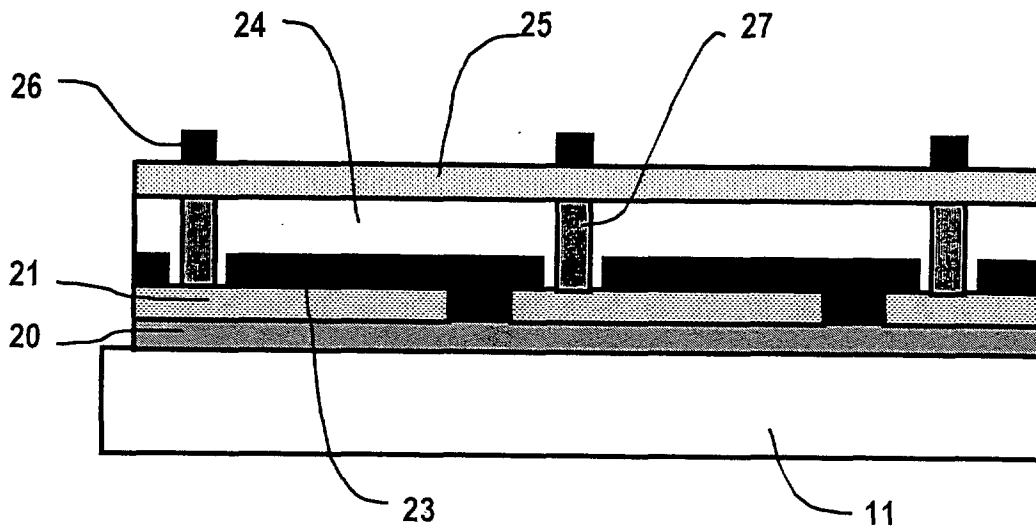


FIG 4

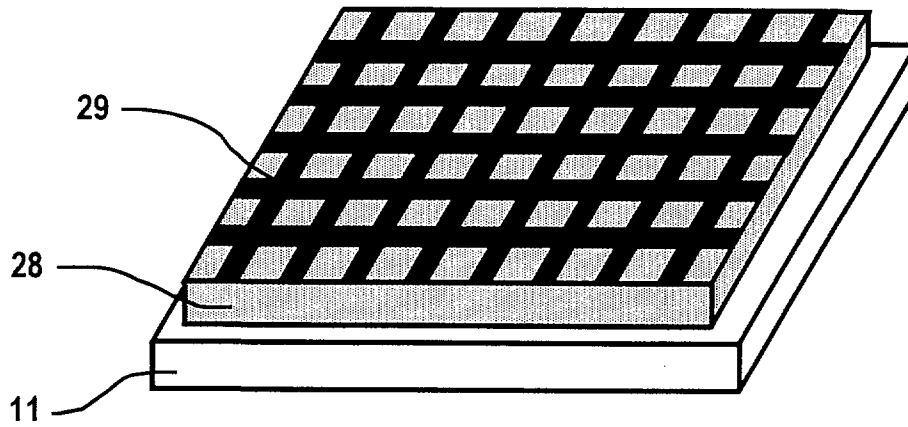


FIG 5

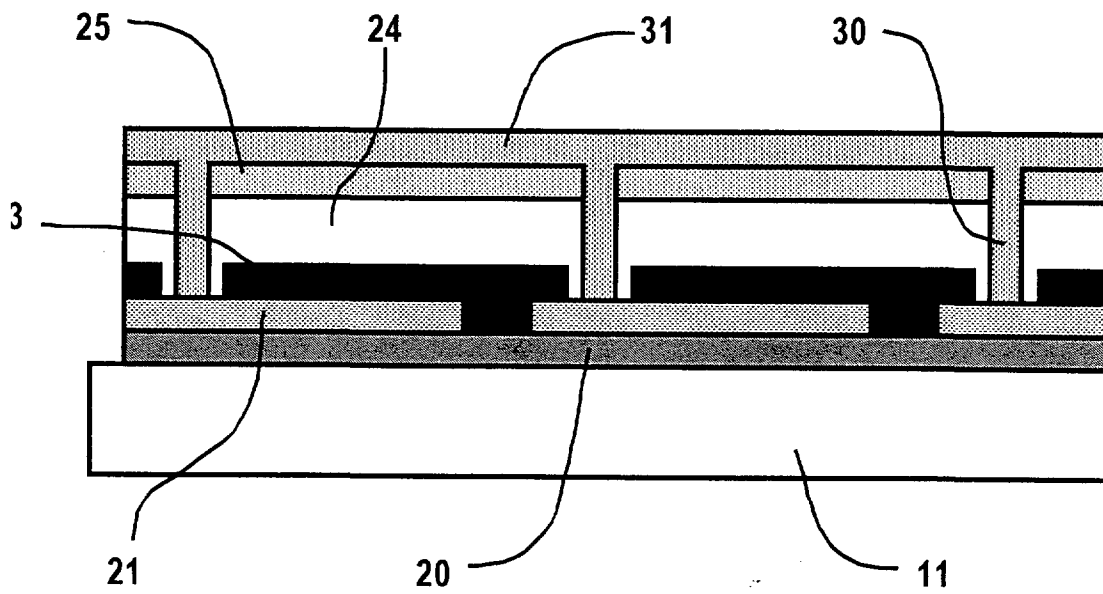


FIG 6