



19 **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

12 **Patentschrift**
10 **DE 101 36 756 C 2**

51 Int. Cl.⁷:
G 01 T 1/20
G 01 T 1/29

21 Aktenzeichen: 101 36 756.2-52
22 Anmeldetag: 27. 7. 2001
43 Offenlegungstag: 13. 2. 2003
45 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 31. 7. 2003

DE 101 36 756 C 2

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

73 **Patentinhaber:**
Siemens AG, 80333 München, DE

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

56 **Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:**

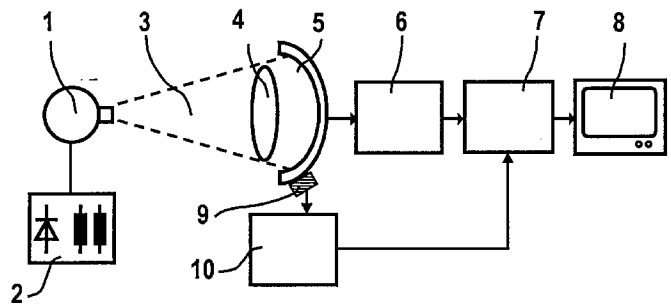
- DE 199 22 345 A1
- DE 100 49 406 A1
- DE 69 330 98 3T2

S. Polach et al., Matrix of Light Sensors
Addressed by a-Si:H TFTs on a Flexible Plastic
Substrate, Proceedings of the SPIE, Vol. 3649,
Jan. 1999, p. 31-39;

54 **Röntgendiagnostikeinrichtung mit einem flexiblen Festkörper-Röntgendetektor**

57 Röntgendiagnostikeinrichtung mit einer Röntgenröhre (1), einem Röntgengenerator (2), einem Festkörper-Röntgendetektor (5), einem Bildsystem (6) und einer Wiedergabevorrichtung (8), dadurch gekennzeichnet, dass der Festkörper-Röntgendetektor (5) flexibel ausgebildet ist und

- a) ein flexibles Gehäuse (17),
- b) ein flexibles Substrat mit einer Matrix (12) von Dünnschichttransistoren (TFT), und
- c) einen flexiblen Röntgenwandler (14, 18) aufweist.



DE 101 36 756 C 2

[0001] Die Erfindung betrifft eine Röntgendiagnostikeinrichtung mit einer Röntgenröhre, einem Röntgeneratore, einem Festkörper-Röntgendetektor, einem Bildsystem und einer Wiedergabevorrichtung.

[0002] Zur Aufnahme von medizinischen Projektions-Röntgenbildern sind verschiedene Verfahren in Gebrauch. Heute finden folgende Aufnahmesysteme Verwendung:

- (1) Kassetten mit Filmen in Verbindung mit Szintillationsfolien,
- (2) Kassetten mit Speicherfolien,
- (3) Röntgenbildverstärker mit nachgeschalteter Kamera und
- (4) Festkörper-Detektoren.

[0003] Diese Aufnahmesysteme liefern entweder die Röntgenbilder erst nach Entwicklung (1) oder Auslesung (2), oder sie sind schwer und voluminös (3 und 4). Für mobile Anwendungen wurden bisher starre Kassetten mit Film/Folien-Systemen (1) oder Speicherfolien (2) eingesetzt, die die obengenannten Nachteile aufweisen. An ihrer Stelle wäre jedoch ein leichter Detektor wünschenswert, der Bilder in Echtzeit liefert und dabei so flach ist, dass er auch bei Betaufnahmen verwendet werden könnte. Ungünstig ist auch bei den herkömmlichen Detektoren, dass sie starr sind und nicht an das Oberflächenprofil des zu untersuchenden Objektes bzw. des Patienten angepasst werden können.

[0004] In der DE 100 49 406 A1 ist eine Röntgendetektorvorrichtung für ein CT-Abbildungssystem beschrieben, bei dem die Detektorzeile gebogen ausgeführt ist.

[0005] Aus der DE 693 30 983 T2 ist eine Strahlungs-sonde bekannt, auf der auf einem starren Element ein Halbleiterdetektor angeordnet ist, der über eine flexible Leiterplatte an eine externe Schaltungsanordnung angeschlossen werden kann.

[0006] In der DE 199 22 345 A1 ist eine Auslesevorrichtung für eine Speicherleuchtstoffplatte beschrieben, bei der eine Detektorzeile zum Ausgleich des aufgrund von Durchbiegungen unterschiedlichen Abstandes biegsam ausgestaltet ist.

[0007] Die Erfindung geht von der Aufgabe aus, einen Festkörperdetektor der eingangs genannten Art derart auszubilden, sodass er an beliebige Oberflächenprofile angepasst werden kann.

[0008] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass der Festkörper-Röntgendetektor flexibel ausgebildet ist und

- a) ein flexibles Gehäuse (17),
- b) ein flexibles Substrat mit einer Matrix (12) von Dünnschicht-Photodioden (TFT), und
- c) einen flexiblen Röntgenwandler (14, 18) aufweist.

[0009] Durch die Abwendung von den Bauprinzipien der heute verwendeten Detektoren mit festem Gehäuse und einem Glassubstrat erhält man einen Festkörper-Röntgendetektor für mobilen Einsatz mit dem es möglich ist, insbesondere die bei Anwendungen wie beispielsweise Betaufnahmen vorkommende Krümmungsradien von Biegungen einzustellen.

[0010] Es kann eine Haltevorrichtung vorgesehen sein, die eine Verbiegung des Substrates in einem Freiheitsgrad eingeschränkt zulässt und in einem anderen Freiheitsgrad verhindert. In der Praxis ist es nicht notwendig, den Detektor an beliebige Oberflächenprofile anzupassen. Vielmehr ist es vollkommen ausreichend, wenn der flexible Detektor in

einer Dimension biegsam ist, sodass er beispielsweise die Gestalt einer Zylinderoberfläche einnehmen kann.

[0011] In vorteilhafter Weise kann eine Messvorrichtung die Verbiegung des Substrates ermitteln sowie daran angeschlossene Mittel Bildverzeichnungen aufgrund der Verbiegungen in den Ausgangssignalen des Röntgendetektors entzerrern.

[0012] Der flexible Röntgenwandler kann eine flexible Halbleiterschicht zur Röntgenwandlung oder eine flexible Matrix von Dünnschicht-Photodioden mit einem flexiblen Szintillator aufweisen.

[0013] Die Erfindung ist nachfolgend anhand von in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigen:

[0014] Fig. 1 schematisch eine Röntgendiagnostikeinrichtung mit dem erfindungsgemäßen Festkörper-Röntgendetektor,

[0015] Fig. 2 eine erste Ausführungsform des in Fig. 1 dargestellten Festkörper-Röntgendetektors und

[0016] Fig. 3 eine zweite Ausführungsform des erfindungsgemäßen Festkörper-Röntgendetektors.

[0017] Die Fig. 1 zeigt die prinzipielle Anordnung einer Röntgendiagnostikeinrichtung mit dem erfindungsgemäßen Festkörper-Röntgendetektor. Eine Röntgenröhre 1, die von einem Röntgeneratore 2 mit Hochspannung versorgt wird, erzeugt ein Röntgenstrahlenbündel 3, das einen zu untersuchenden Patienten 4 durchstrahlt. Die entsprechend der Transparenz des Patienten 4 geschwächte Röntgenstrahlung wird von einem in eine geeignete Form gebogenen Festkörper-Röntgendetektor 5 in ein elektrisches Signal umgewandelt. Das Signal wird in einem Bildsystem 6 in bekannter Weise verarbeitet und auf einem Monitor 8 dargestellt oder anderweitig verarbeitet, beispielsweise gespeichert oder übertragen, was nicht dargestellt ist. Die Biegung des Röntgendetektors 5 wird durch einen oder mehrere Messfühler 9 erfasst. Ein Mess-System 10 bestimmt aus diesen Daten sowie aus der bekannten Geometrie, d. h. der relativen Position von Röntgenröhre 1 und Röntgendetektor 5, einen Korrekturdatensatz. Dieser wird einem Korrektursystem 7 zugeführt, das die Bilddaten geometrisch entzerrt.

[0018] In Fig. 2 ist eine Ausführungsform des Röntgendetektors 5 dargestellt. Auf einem flexiblen Substrat 11 wird eine TFT-Matrix 12 von Dünnschichttransistoren, die vorzugsweise aus amorphem Silizium aufgebaut sind, aber auch aus polykristallinem Cadmiumselenid bestehen können, mit den dazugehörigen Ansteuer- und Ausleseleiterbahnen hergestell.

[0019] Dann wird eine Matrix 13 aus Photodioden aufgebracht, die vorzugsweise aus amorphem Silizium in einer PIN-Struktur oder als Schottky-Dioden ausgebildet sind. Diese Photodioden können neben den TFT oder wie dargestellt in einer weiteren Ebene über der TFT-Matrix 12 angeordnet sein.

[0020] Darüber wird eine Szintillatorschicht 14 als flexibler Röntgenwandler aufgebracht. Diese Szintillatorschicht 14 besteht vorzugsweise aus aufgedampftem Cäsiumjodid (CsI), das direkt auf die Photodiodenmatrix 13 aufgedampft wird, wobei die Struktur des CsI aus zahlreichen nadelförmigen Kristallen sich als gut biegsam erwiesen hat. Alternativ kann das CsI auf ein separates Substrat aufgebracht und dann optisch angekoppelt werden.

[0021] In einer anderen Ausführungsform kann eine Szintillatorfolie verwendet werden, die vorzugsweise aus in einer Kunststoffmatrix eingebettetem Gadoliniumoxisulfidpulver besteht. Dabei kann es vorteilhaft sein, zur optischen Ankopplung ein weiches Material zu verwenden, das die bei der Biegung sonst auftretenden mechanischen Spannungen ausgleicht. Dafür ist ein transparenter Silikonkautschuk wie

beispielsweise SilGel 612® von Wacker geeignet.

[0022] Die gesamte Detektoranordnung wird derart befestigt, dass eine Verbiegung in einer Raumrichtung durch starre Halterungen 15 verhindert wird. In der dazu senkrechten Raumrichtung soll der Röntgendetektor 5 flexibel sein, wobei eine Unterstü- 5
tzung 16 die Verbiegung auf einen vorbestimmten minimalen Krümmungsradius beschränkt. Weil die Ansteuerschaltkreise, die üblicherweise aus kristallinem Silizium bestehen, nicht biegsam sind, ist es vorteilhaft, diese Schaltkreise auf kleinen, starren Leiterplatten zu befestigen und diese Leiterplatten durch flexible Leiterbahnen mit dem Detektorsubstrat 11 elektrisch leitend zu verbinden. Alternativ können die Schaltkreise mit einem weichen Kleber, der die Biegung ausgleichen kann, auf das Substrat 11 geklebt werden. Die Kontaktierung zwischen dem Schaltkreis und den Leiterbahnen auf dem Substrat 11 erfolgt in diesem Fall durch Drahtbondung.

[0023] Auf der Unterstü- 5
tzung 16 sind ein oder mehrere Messfühler 9, die beispielsweise als Dehnungsmessstreifen ausgeführt sein können, angebracht, um die aktuelle Verbiegung zu erfassen.

[0024] Diese gesamte Detektoranordnung ist in einem gestrichelt dargestellten flexiblen Gehäuse 17 untergebracht.

[0025] Eine weitere mögliche Ausführungsform des Röntgendetektors 5 zeigt Fig. 3. Auf einem flexiblen Substrat 11 wird wie beim Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2 eine Matrix 12 von Dünnschichttransistoren (TFT) mit den dazugehörigen Ansteuer- und Ausleseleiterbahnen hergestellt.

[0026] Darüber wird als flexibler Röntgenwandler eine Halbleiterschicht 18 aufgebracht, die eine hohe Absorptionsfähigkeit für Röntgenstrahlung aufweist und in der freie Ladungsträger in Form von Elektron-Loch-Paaren erzeugt werden. Diese Halbleiterschicht 18 besteht vorzugsweise aus amorphem Selen, es sind aber auch andere Materialien wie Bleijodid, Quecksilberjodid oder Bleioxid möglich. Sind für eine gute Röntgenabsorption sehr dicke Halbleiterschichten erforderlich (Selen-schichten müssen für radiographische Anwendungen 0,5 mm bis 1 mm dick sein), kann es vorteilhaft, die Halbleiterschicht 17 zu strukturieren, damit sie beim Biegen des Röntgendetektors 5 nicht abplatzt oder Risse bekommt. Zu diesem Zweck können Rillen quer zur Biegerichtung eingeztzt werden. Aber auch andere Ätzmuster (Waben) sind vorstellbar. Die Halterung des Röntgendetektors 5 erfolgt wie unter Fig. 2 beschrieben.

[0027] Der gesamte Röntgendetektor 5 einschließlich der Ansteuerschaltkreise und der Ausleseverstärker wird in einem Gehäuse untergebracht, das die gleiche Flexibilität aufweist wie die Halterungen 15 und 16.

[0028] Flexible Röntgendetektoren der 5 erfindungsgemäßen Art eignen sich für die medizinische Diagnose, insbesondere für Betaaufnahmen. Sie sind aber auch vorteilhaft in anderen Bereichen wie beispielsweise für zerstörungsfreie Materialuntersuchungen einsetzbar.

[0029] Die erfindungsgemäße Vorrichtung weicht von den Bauprinzipien der heute verwendeten Detektoren mit festem Gehäuse und Glassubstrat ab. Sie betrifft vorzugsweise ein Röntgengerät bestehend aus einer Röntgenröhre mit einem Generator sowie einem Röntgendetektor in der Kombination

- (1) eines flexiblen Gehäuses,
- (2) eines flexiblen Substrates mit einer Matrix von TFT,
- (3) einer flexiblen Halbleiterschicht zur Röntgenwandlung oder einer Matrix von flexiblen Dünnschicht-Photodioden mit einem flexiblen Szintillator mit
- (4) einer Haltevorrichtung, die eine Biegung des Sub-

strates in einem Freiheitsgrad eingeschränkt zulässt und in einem anderen Freiheitsgrad verhindert, und mit (5) einer Messvorrichtung, die die Verbiegung bestimmt, sowie

(6) einer Korrektursoftware, die die Bildverzeichnungen entzerrt.

[0030] Vorteilhafte Anwendungen sind beispielsweise Betaaufnahmen, bei denen es möglich ist, vorkommende Krümmungsradien von Biegungen auf höchstens 10 cm zu beschränken. Außerdem ist es nicht notwendig, den Detektor an beliebige Oberflächenprofile anzupassen. Vielmehr ist es vollkommen ausreichend, wenn der flexible Detektor in einer Dimension biegsam ist, sodass er beispielsweise die Gestalt einer Zylinderoberfläche einnehmen kann.

[0031] Ausgangsbasis für einen Detektor der erfindungsgemäßen Art ist ein flexibles Substrat. Es wurde nachgewiesen, dass es möglich ist, Dünnschichttransistoren (TFT) für Schaltmatrizen mit guten Eigenschaften auf Substraten herzustellen wie Polyethylen-Terephthalat (PET) [C. S. Yang et al., Journal of Vacuum Science and Technology B 18 (2000) 683–689], Polyethylen-Naphthalat (PEN) [M. J. Lee et al., Solid-State Electronics 44 (2000) 1431–1434], Polyimid (z. B. Dupont Kapton®) [A. Sazonov et al., Journal of Vacuum Science and Technology B 18 (2000) 780–782], Polysulfonäther (PES) [S. Polach et al., Proceedings of the SPIE 3649 (1999) 31–39], Polycarbonat oder Edelstahl-Folien [S. D. Theiss et al., Proceedings of International Workshop on Active-Matrix Liquid-Crystal Display in conjunction with IDW'96 Kobe (1996) 365–368]. In diesen Arbeiten wurden die TFT für Displays eingesetzt.

[0032] Um zu dem gewünschten Festkörper-Röntgendetektor zu gelangen wird nur auf die TFT-Matrix entweder eine röntgenempfindliche Halbleiterschicht wie beispielsweise Selen aufgebracht, oder jedem TFT wird eine Photodiode zugeordnet, auf der dann ein Szintillator angeordnet wird. Alle Komponenten müssen derart ausgebildet sein, dass sie ihre volle Funktion auch dann erfüllen, wenn das Substrat, auf dem sie aufgebracht sind, gebogen wird.

[0033] Zwei gegenüberliegende Kanten des erfindungsgemäßen Detektors können starr ausgeführt sein. An diesen Kanten befinden sich die Ausleseverstärker, die mit den auf dem Detektorsubstrat angeordneten Ausleseleitungen verbunden werden. Die beiden anderen Kanten sollten beispielsweise durch eine federnde Leiste dergestalt verstärkt werden, dass eine Biegung nur bis zu einem vorgegebenen Krümmungsradius möglich ist. Die Ansteuer-Schaltkreise werden an diesen Kanten so angeordnet, dass sie der Krümmung folgen können. Dazu können flexible Leiterbahnen dienen, die den Kontakt zwischen dem Detektorsubstrat und den Ansteuer-Schaltkreisen vermitteln.

[0034] In vorteilhafter Weise können an den biegsamen Kanten des Detektors Messmittel integriert sein, welche den Grad der Krümmung erfassen. Dies ermöglicht, die Abbildungsgeometrie der Anordnung Röntgenröhre – Patient – Detektor zu bestimmen und mit ihrer Hilfe die Verzerrung der erhaltenen Röntgenbilder zu korrigieren.

Patentansprüche

1. Röntgendiagnostikeinrichtung mit einer Röntgenröhre (1), einem Röntgenerators (2), einem Festkörper-Röntgendetektor (5), einem Bildsystem (6) und einer Wiedergabevorrichtung (8), **dadurch gekennzeichnet**, dass der Festkörper-Röntgendetektor (5) flexibel ausgebildet ist und
 - a) ein flexibles Gehäuse (17),
 - b) ein flexibles Substrat mit einer Matrix (12) von

- Dünnschicht-Photodioden (TFT), und
 c) einen flexiblen Röntgenwandler (**14**, **18**) aufweist.
2. Röntgendiagnostikeinrichtung nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch 5
 d) eine Haltevorrichtung (**15**), die eine Verbiegung des Substrates in einem Freiheitsgrad eingeschränkt zulässt und in einem anderen Freiheitsgrad verhindert.
3. Röntgendiagnostikeinrichtung nach Anspruch 1 10
 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass
 e) eine Messvorrichtung (**9**) die Verbiegung des Substrates ermittelt sowie
 f) daran angeschlossene Mittel (**7**) Bildverzeichnungen aufgrund der Verbiegungen in den Ausgangssignalen des Röntgendetektors (**5**) entzerren. 15
4. Röntgendiagnostikeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der flexible Röntgenwandler eine flexible Halbleiterschicht (**18**) zur Röntgenwandlung aufweist. 20
5. Röntgendiagnostikeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der flexible Röntgenwandler eine flexible Matrix (**13**) von Dünnschicht-Photodioden mit einem flexiblen Szintillator (**14**) aufweist. 25

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

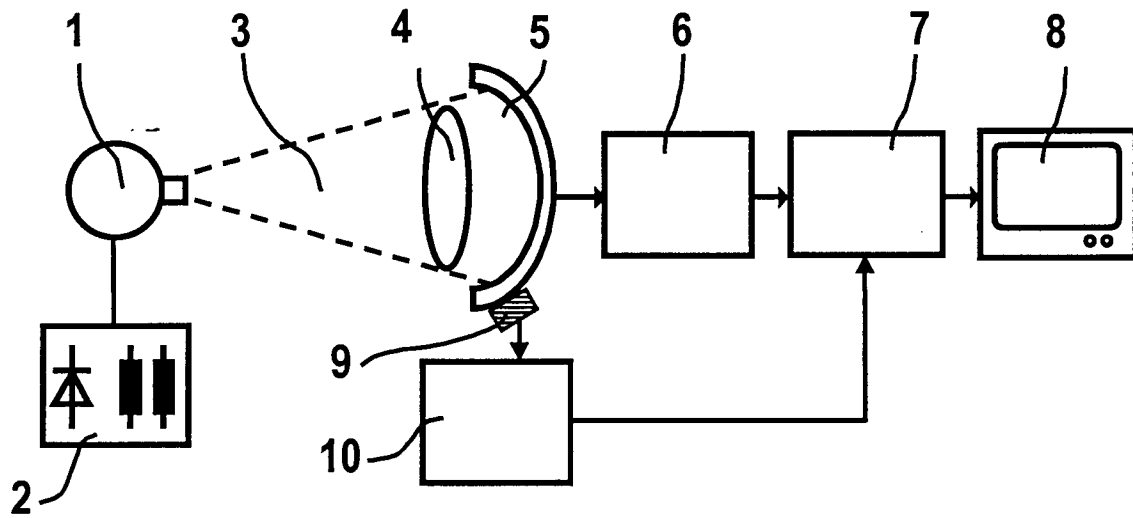


FIG 1

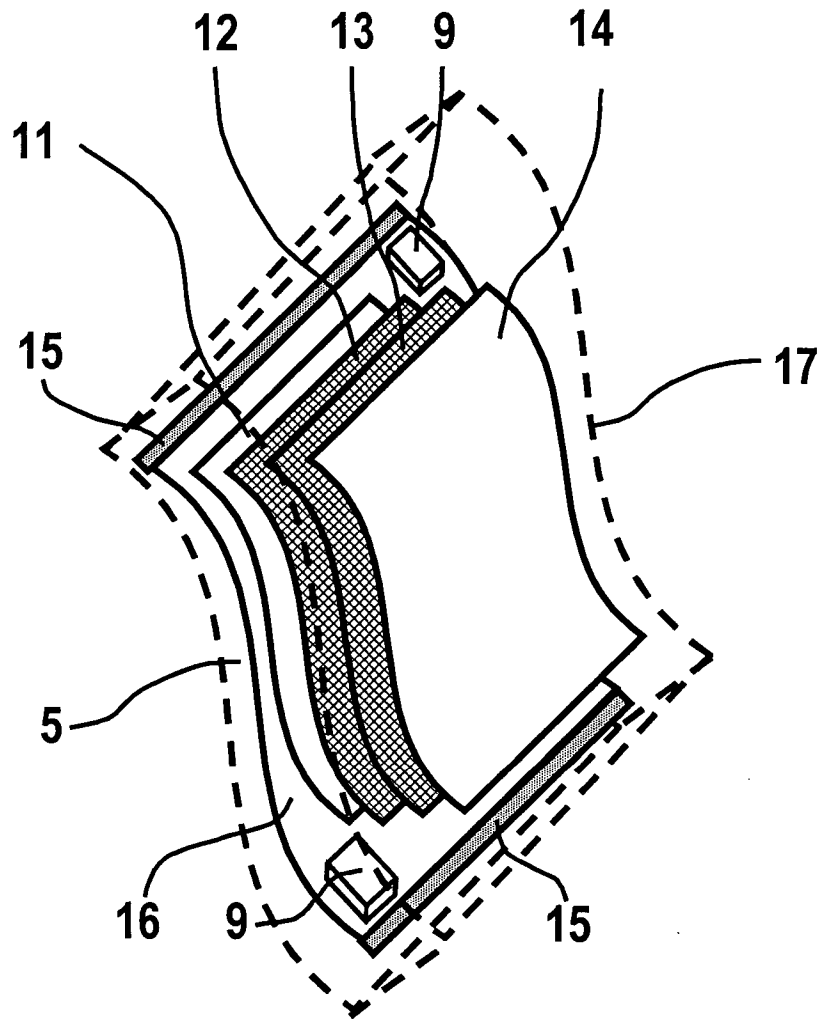


FIG 2

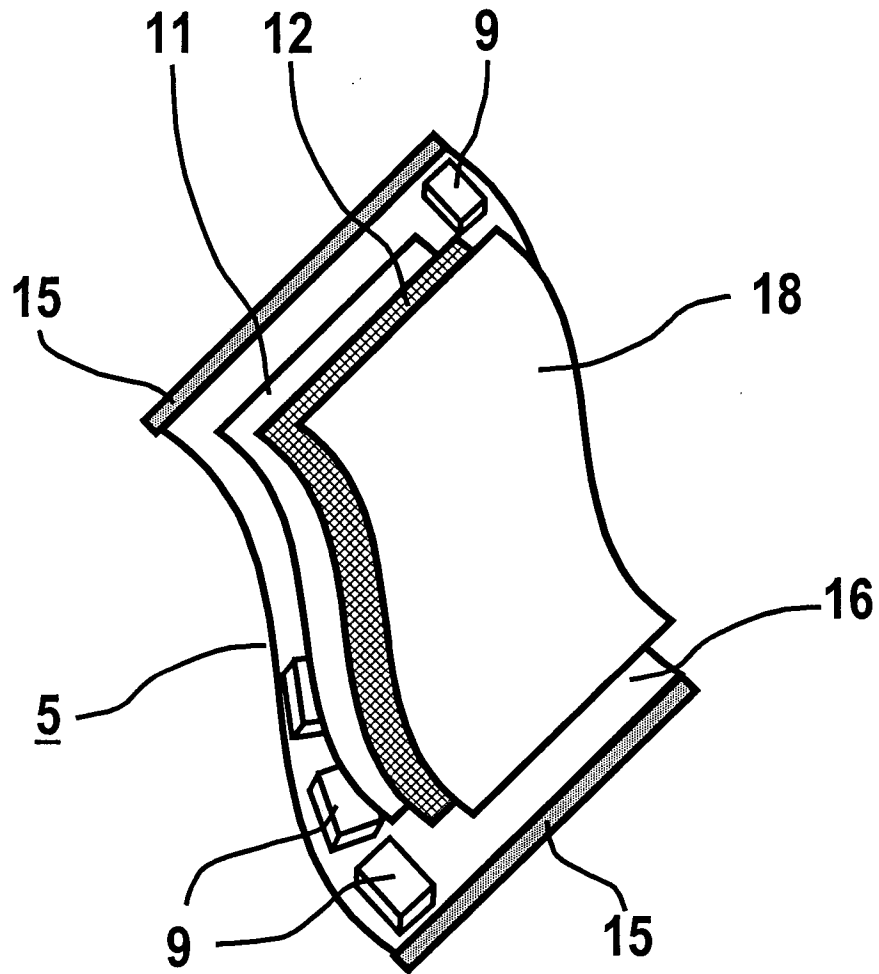


FIG 3