



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 103 33 821 A1** 2004.02.12

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **103 33 821.7**
(22) Anmeldetag: **24.07.2003**
(43) Offenlegungstag: **12.02.2004**

(51) Int Cl.7: **G01T 1/29**
G03B 42/02

(30) Unionspriorität:
10/064549 **25.07.2002** **US**

(71) Anmelder:
General Electric Company, New York, N.Y., US

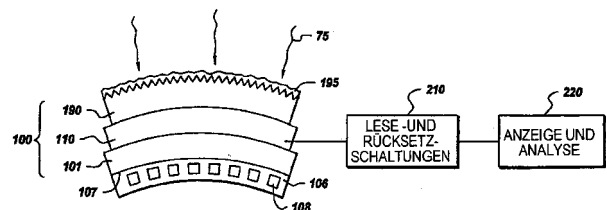
(74) Vertreter:
Tiedtke, Bühling, Kinne & Partner GbR, 80336 München

(72) Erfinder:
Ringermacher, Harry Israel, Delanson, N.Y., US;
Bueno, Clifford, Clifton Park, N.Y., US; Pfoh, Armin
Horst, Niskayuna, N.Y., US; Huang, Jiunn-Ru
Jeffrey, Clifton Park, N.Y., US

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Flexible Bildgebungseinrichtung und digitales Bildgebungsverfahren**

(57) Zusammenfassung: Eine flexible Bildgebungseinrichtung (100) zum Abbilden eines durch einfallende Strahlung (75) beleuchteten Subjekts (200) beinhaltet ein flexibles Substrat (101), eine auf dem flexiblen Substrat (101) angeordnete Photosensoranordnung (110) und einen Szintillator (190). Der Szintillator (190) ist so angeordnet, dass er die einfallende Strahlung empfängt und absorbiert, er ist zum Umwandeln der einfallenden Strahlung (75) in optische Photonen konfiguriert und mit der Photosensoranordnung (110) optisch gekoppelt. Die Photosensoranordnung (110) ist für den Empfang der optischen Photonen und zum Erzeugen eines elektrischen Signals entsprechend der optischen Photonen konfiguriert. Ein digitales Bildgebungsverfahren zum Abbilden eines Subjekts (200) beinhaltet das Anpassen der flexiblen digitalen Bildgebungseinrichtungen (100) an ein Subjekt (200), wobei das Subjekt zwischen der flexiblen digitalen Bildgebungseinrichtung (100) und einer Strahlungsquelle (300) angeordnet ist. Das Verfahren beinhaltet ferner das Aktivieren der Strahlungsquelle (300) zum Aussetzen des Subjekts (200) gegenüber der Strahlung (75) und die Aufnahme eines Bildes mit der flexiblen digitalen Bildgebungseinrichtung (100).



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft im allgemeinen Strahlungsbildgebungsgeräte und insbesondere flexible, füsige und robuste Strahlungsbildgebungsgeräte.

Stand der Technik

[0002] Strahlungsbildgebungssysteme werden in breitem Ausmaß für medizinische und industrielle Zwecke verwendet. Unter Verwendung von Festkörperstrahlungsbildgebungsgeräten erhaltene Bilder werden günstiger Weise analysiert und elektronisch gespeichert. Bekannte Festkörperstrahlungsbildgebungsgeräte sind jedoch schwer, brüchig und starr, und werden typischer Weise auf einem Glassubstrat ausgebildet. Dies beschränkt ihre industriellen Anwendungen, wo Mobilität, Robustheit und geringe Gewichte erforderlich sind.

Aufgabenstellung

[0003] Es wäre daher wünschenswert, eine Bildgebungseinrichtung bereitzustellen, die flexibel und robust ist, um industrielle Anwendungen inklusive der Verwendung der Bildgebungseinrichtung in eingegrenzten Bereichen zu ermöglichen, die andernfalls der digitalen Bildgebung unzugänglich wären.

[0004] Erfindungsgemäß wird eine flexible Bildgebungseinrichtung zur Abbildung eines durch einfallende Strahlung beleuchteten Subjekts bereitgestellt. Die flexible Bildgebungseinrichtung beinhaltet ein flexibles Substrat, eine auf dem flexiblen Substrat angeordnete Photosensoranordnung und einen Szintillator. Der Szintillator ist angeordnet, um die einfallende Strahlung zu empfangen und zu absorbieren, und er ist zur Umwandlung der einfallenden Strahlung in optische Photonen konfiguriert und mit der Photosensoranordnung optisch gekoppelt. Die Photosensoranordnung ist für den Empfang der optischen Photonen konfiguriert, und erzeugt ein den optischen Photonen entsprechendes elektrisches Signal.

[0005] Ferner wird erfindungsgemäß ein digitales Bildgebungsverfahren zur Abbildung eines Subjekts bereitgestellt. Das digitale Bildgebungsverfahren beinhaltet das Anpassen einer flexiblen digitalen Bildgebungseinrichtung an das Subjekt, wobei das Subjekt zwischen der flexiblen digitalen Bildgebungseinrichtung und einer Strahlungsquelle angeordnet ist. Das digitale Bildgebungsverfahren beinhaltet ferner eine aktivierende Strahlungsquelle, um das Subjekt der Strahlung auszusetzen, sowie die Aufnahme eines Bildes mit der flexiblen digitalen Bildgebungseinrichtung.

Ausführungsbeispiel

[0006] Diese und andere Merkmale, Ausgestaltungen und Vorteile der Erfindung werden aus der nachstehenden ausführlichen Beschreibung unter Bezug-

nahme auf die beiliegende Zeichnung näher ersichtlich, in der gleiche Bezugszeichen durchwegs gleiche Teile bezeichnen. Es zeigen

[0007] **Fig. 1** eine Teilschnittansicht von einem Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen flexiblen Bildgebungseinrichtung;

[0008] **Fig. 2** die flexible Bildgebungseinrichtung gemäß **Fig. 1** in perspektivischer Ansicht;

[0009] **Fig. 3** einen Abschnitt einer beispielhaften Photosensoranordnung für die flexible Bildgebungseinrichtung gemäß den **Fig. 1** und **2**;

[0010] **Fig. 4** einen beispielhaften Dünnschichttransistor der Photosensoranordnung gemäß **Fig. 3**;

[0011] **Fig. 5** eine geschichtete Struktur des Dünnschichttransistors gemäß **Fig. 4**;

[0012] **Fig. 6** ein Ausführungsbeispiel eines organischen Halbleiters der flexiblen Bildgebungseinrichtung **100**, die eine transparente Dünnschichttransistoranordnung beinhaltet, welche organische Halbleiter enthält;

[0013] **Fig. 7** einen Abschnitt einer linearen Anordnung von Photosensoren und Dünnschichttransistoren;

[0014] **Fig. 8** ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen digitalen Bildgebungsverfahrens;

[0015] **Fig. 9** ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Flugsystembildgebungsverfahrens;

[0016] **Fig. 10** ein Verfahren zur Ausrichtung einer säulenartigen Struktur eines Szintillators bei einer flexiblen Bildgebungseinrichtung mit einem divergierenden Strahl zur Verwendung von beispielsweise einer linear angeordneten Computertomographieabtau-einrichtung (CT);

[0017] **Fig. 11** ein digitales Bildgebungsverfahren für eine Flugsysteminspektionsanwendung, das die Einbettung von zumindest einer flexiblen digitalen Bildgebungseinrichtung in einem Subjekt beinhaltet, bei der eine flexible digitale Bildgebungseinrichtung zwischen einem Flugzeugrumpf und einer Isolations-schicht zum Abbilden eines oder mehrere Abschnitte des Flugzeugrumpfs eingebettet ist;

[0018] **Fig. 12** ein weiteres Ausführungsbeispiel für eine Flugsysteminspektion gemäß dem digitalen Bildgebungsverfahren zur Inspektion eines Flügels eines Flugzeugs; und

[0019] **Fig. 13** eine Rohrleitungsinspektionsanwendung des digitalen Bildgebungsverfahrens.

[0020] Eine flexible Bildgebungseinrichtung **100** zum Abbilden eines durch einfallende Strahlung **75** beleuchteten Subjekts **200** wird nachstehend unter Bezugnahme auf die **Fig. 1** und **8** beschrieben. Demgemäß beinhaltet die flexible Bildgebungseinrichtung **100** ein flexibles Substrat **101** und eine auf dem flexiblen Substrat **101** angeordnete Photosensoranordnung **110**. Die flexible Bildgebungseinrichtung **100** beinhaltet ferner einen so angeordneten Szintillator **190**, dass die einfallende Strahlung **75** empfangen und absorbiert wird. Der Szintillator **190** ist zum Umwandeln der einfallenden Strahlung **75** in optische Photonen konfiguriert und mit der Photosensoranord-

nung **110** optisch gekoppelt. Ein Beispiel für die einfallende Strahlung **75** umfasst typischer Weise Röntgenstrahlen mit einer Wellenlänge innerhalb eines Bereichs zwischen etwa 0,0005 Angström und etwa 5 Angström. Die Photosensoranordnung **110** ist für den Empfang der optischen Photonen und zur Erzeugung eines den optischen Photonen entsprechenden elektrischen Signals konfiguriert. Dabei ist die allgemeine Struktur der flexiblen Bildgebungseinrichtung **100** ähnlich der in der US Patentschrift 5,587,591 (Jack D. Kingsley et al) beschriebenen. Die bekannten Substrate für Festkörperleuchtschirmstrahlungsbildgebungseinrichtungen sind jedoch steif und weisen beispielsweise Glas auf. Demgegenüber ist das Substrat **101** flexibel, wie es in **Fig. 1** und **Fig. 2** durch die beispielhaft angegebene Krümmung angedeutet ist. Das flexible Substrat **101** ist günstiger Weise robust, was eine Außenverwendung erleichtert, wo auf steifen Substraten wie etwa Glas hergestellte Bildgebungseinrichtungen wahrscheinlich aufgrund der groben Handhabung und den Transportbedingungen zerbrechen würden. Darüber hinaus erlaubt das flexible Substrat **101** den Benutzern die Anpassung der flexiblen Bildgebungseinrichtung **100** an die Oberfläche des inspizierten Objekts **200**, beispielsweise ein Abschnitt einer Flugsystemstruktur.

[0021] Zur Anzeige eines Bildes entsprechend dem durch die Photosensoranordnung **110** erzeugten elektrischen Signal wird eine Lese- und Rücksetzschaltung **210** an die Photosensoranordnung **110** für den Empfang der in Reaktion auf einfallende Strahlung **75** erzeugten elektrischen Signale elektrisch gekoppelt. Die Lese- und Rücksetzschaltung **210** ist ferner an Anzeige- und Analysekomponenten **220** gekoppelt, die von der Lese- und Rücksetzschaltung passierende Signale verarbeiten, um Informationen an den Benutzer der flexiblen Bildgebungseinrichtung **110** bereitzustellen.

[0022] Gemäß einem bestimmten Ausführungsbeispiel ist ein flexibles Substrat **101** aus Polymeren ausgebildet. Das flexible Substrat **101** ist insbesondere aus einem flexiblen organischen Polymer wie etwa Polyimid ausgebildet, wobei Beispiele die unter den Markennamen Kapton und Upilex vermarktete Materialien beinhalten. Upilex ist von UBE Industries, Ltd., kommerziell erhältlich, und Kapton ist von E. I. du Pont de Nemours and Company kommerziell erhältlich. Andere Beispiel für flexible organische Polymere beinhalten Polyethersulfon (PES) von BASF, Polyethyleneterphthalat (PET oder Polyester) von E. I. du Pont de Nemours and Company, Polyethylenaphthalat (PEN) von E. I. du Pont de Nemours and Company und Polyetherimid (PEI) von General Electric.

[0023] Zur Erhöhung der Flexibilität der flexiblen Bildgebungseinrichtung **100** ist gemäß einem besonderen Ausführungsbeispiel das flexible Substrats **101** etwa 2/1000 Zoll bis etwa 10/1000 Zoll dick, während eine mechanische Stabilität während der Verarbeitung bereitgestellt wird. Noch spezieller ist das fle-

xible Substrat **101** etwa 3/1000 Zoll bis etwa 8/1000 Zoll dick. Eine beispielhafte Dicke für das flexible Substrat beträgt etwa 5/1000 Zoll.

[0024] Ein Abschnitt einer beispielhaften Photosensoranordnung **110** ist in **Fig. 3** dargestellt. Folglich beinhaltet eine Photosensoranordnung **110** eine Anzahl von Photosensoren **120** und eine adressierbare Dünnschichttransistoranordnung **130** (TFT). Insbesondere umfasst jeder der Photosensoren **120** eine Photodiode **120**, beispielsweise eine Photodiode aus amorphem Silizium (a-Si). Die TFT-Anordnung **130** beinhaltet eine Anzahl von TFTs **134**, von denen jeder mit einem jeweiligen der Photosensoren **120** elektrisch gekoppelt ist, so dass die jeweiligen Photosensoren **120** in der Photosensoranordnung **110** selektiv adressiert werden. Gemäß **Fig. 3** beinhaltet die beispielhafte Photosensoranordnung **110** ferner Abtast- und Datenleitungen **131**, **132** zum selektiven Adressieren jedes der Photosensoren **120**. Von Iowa Thin Films Technology, Inc., kommerziell erhältliche a-Si-Polyimidschichten können vorteilhafter Weise zur Ausbildung von auf einem flexiblen Substrat angeordneten Photodioden verarbeitet werden.

[0025] Dabei ist die allgemeine Struktur der Photosensoranordnung **110** dieselbe wie die in **Fig. 1B** der vorstehend angeführten US Patentschrift 5,587,591 gezeigten. Folglich wird eine ausführliche Beschreibung der Photosensoranordnung **110** weggelassen. Beispielhafte TFTs **134** beinhalten eine Drainelektrode **138**, einen über der Gateelektrode **138** angeordneten Halbleiterbereich **139** sowie eine in Kontakt mit dem Halbleiterbereich **139** stehende Source- und Drainelektrode **137**, **136**, wie es beispielsweise in **Fig. 4** gezeigt ist. Bei der in **Fig. 5** gezeigten speziellen geschichteten Struktur des TFT **134** ist der Halbleiterbereich **139** über eine dielektrische Gateschicht **102** angeordnet. Zusätzlich zu den bei der Ausbildung der Source- und Drainelektrode **137**, **136** verwendeten typischen Materialien und Techniken können ebenfalls Materialien verwendet werden, die keine bekannte Photolithographie erfordern. Bekannte Materialien für die Source- und die Drainelektrode **137**, **136** beinhalten Gold (Au), Palladium (Pd), Platin (Pt), Nickel (Ni), Chrom (Cr), Aluminium (Al), Molybdän (Mo), Wolfram (W), Titan (Ti) und Indiumzinnoxid (ITO). Die Source- und die Drainelektrode **137**, **136** können jedoch ebenfalls aus elektrisch leitfähiger Tinte beispielsweise mit metallischen Nanopartikeln wie etwa Titanoxid (TiO₂) und Gold (Au) oder leitfähigen Polymeren wie etwa Polyethylenedioxiethiophen (PEDOT) unter Verwendung von bekannten Techniken wie etwa Tintenstrahl- oder Siebdruck bei potentiell geringeren Kosten ausgebildet werden. Die aus leitfähiger Tinte oder leitfähigen Polymeren ausgebildeten Source- und Drainelektroden **137**, **136** sind für industrielle Bildgebungsanwendungen aufgrund der leicht geringeren Geschwindigkeiten und/oder höheren einbezogenen Spannungen akzeptabel. Gemäß einem noch spezielleren Ausführungsbeispiel wird die Gateelektrode **138** aus leitfähiger Tinte oder leit-

fähigen Polymeren ausgebildet, und stellt einen nahezu nadellochfreie und glatte Oberfläche bereit, die beispielsweise eine RMS-Rauigkeit von etwa 1 bis 10 Nanometer aufweist, um die Ausbildung einer dielektrischen Gateschicht **102** darauf mit einer guten Oberflächenqualität und guten elektrischen Eigenschaften zu erleichtern. Abtast- und Datenleitungen **131**, **132** werden aus leitfähigen Materialien wie etwa Gold, Nickel, Aluminium, Molybdän und Bischichten aus Chrom/Gold oder Chrom/Molybdän ausgebildet. Beispielhafte Abtast- und Datenleitungen **131**, **132** sind in **Fig. 2** gezeigt.

[0026] Gemäß einem speziellen Ausführungsbeispiel sind die TFTs **134** bekannte auf amorphem Silizium (a-Si) basierende TFTs, wie es beispielsweise in der vorstehend angeführten US Patentschrift 5,587,591 beschrieben ist. Die Source- und Drainelektroden **137**, **136** sind über einem Halbleiterbereich gemäß **Fig. 4** angeordnet. Bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel beinhalten die Halbleiterbereiche **139** eine Schicht aus intrinsischem a-Si **103** und eine Schicht aus dotiertem a-Si **104**, die über der Schicht aus intrinsischem a-Si angeordnet ist, wie es beispielsweise in **Fig. 5** gezeigt ist. Die a-Si-basierten TFTs **134** stellen günstiger Weise die gewünschten Vorrichtungseigenschaften bereit, wie etwa hinsichtlich der Ladungsträgerfeldeffektbeweglichkeit, der Subschwollenwertsteigung, und dem An/Aus-Verhältnis des Source-/Drainstroms. Die adressierbare TFT-Anordnung **130** ist insbesondere zwischen dem flexiblen Substrat **101** und den Photosensoren **120** angeordnet, wobei jeder Photosensor eine a-Si-Photodiode **120** umfasst. Gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel sind die Abtastleitung **131** aus Aluminium (Al) oder aus einer Bischicht aus Chrom/Molybdän (Cr/Mo) ausgebildet, und Beispiele für die Datenleitung **132** umfassen Molybdän (Mo). Zusätzlich beinhaltet jeder der TFTs **134** eine dielektrische Gateschicht **132**, die zwischen der Gateelektrode **128** und dem Halbleiterbereich **139** angeordnet ist, wie es in **Fig. 5** gezeigt ist. Die bekannten dielektrischen Gateschichten **102** sind aus Siliziumnitrid (SiN_x) oder Siliziumdioxid (SiO_2) ausgebildet. Zur Verbesserung der Flexibilität der flexiblen Bildgebungseinrichtung **100** kann jedoch die elektrische Gateschicht **103** ebenfalls aus einem dielektrischen Material wie etwa Polyimid, Polyamid, Parylen und Benzocyclobuten (BCB) oder anderen ähnlichen organischen dielektrischen Materialien ausgebildet sein.

[0027] Zur Bereitstellung der mechanischen Stabilität während der Verarbeitung wie etwa der Photolithographie kann die flexible Bildgebungseinrichtung **100** außerdem eine Beschichtung **105** aufweisen, die zwischen dem flexiblen Substrat **101** und der adressierbaren TFT-Anordnung **130** angeordnet ist, wie es beispielsweise in **Fig. 5** gezeigt ist. Beispiele für die Beschichtung **105** beinhalten Siliziumnitrid (SiN_x), Siliziumdioxid (SiO_2) und Aluminiumoxid (Al_2O_3). Weitere Vorteile der Beschichtung **105** sind die Bereitstel-

lung einer Feuchtigkeitsbarriere, die Vermeidung von Lösungsmittelausgasung und Polymerkettenzersetzung während der Verarbeitung wie etwa bei der Photolithographie.

[0028] Für das in **Fig. 1** gezeigte besondere Ausführungsbeispiel beinhaltet die flexible Bildgebungseinrichtung **100** ferner eine Rückflächenschicht **106**, die auf einer Rückoberfläche **107** des flexiblen Substrats **101** angeordnet ist. Die Rückoberflächenschicht **106** umfasst insbesondere Heizelemente **108**, und Beispiele der Rückoberflächenschicht **106** sind aus Molybdän, Wolfram, Platin, polykristallinem Silizium (Poly-Si), Zinkoxid (ZnO), Tantalnitrid (TaN_x), leitfähigen Tinten- oder Widerstandsheizmaterialien wie etwa Cr/SiO_2 , Ta/SiO_2 , Ti/SiO_2 und W/SiO_2 ausgebildet. Die Heizelemente **108** werden beispielsweise durch Vakuumabscheidung, Elektrodenplattierung oder elektrodenfreier Plattierung der vorstehend beschriebenen Materialien unter Einbeziehung eines Lithografievorgangs zur Schichtstrukturierung hergestellt. Ein weiteres Beispiel für die Herstellung der Rückoberflächenschicht **106** verwendet einen Direktdruck der leitfähigen Tinten anstelle von Lithografievorgängen.

[0029] Gemäß einem besonderen Ausführungsbeispiel beinhalten die Heizelemente **108** (nicht gezeigte) elektrisch leitfähige thermische Elektroden zur lokalen Neuverteilung von Wärme innerhalb des flexiblen Substrats **101** und zur globalen Erwärmung und Kühlung des flexiblen Substrats **101** während der Vorrichtungsverarbeitung. Auf diese Weise verbessert die Rückschicht **106** die dimensionale Stabilität des flexiblen Substrats **101** während der Vorrichtungsverarbeitung. Die Betriebsweise der Heizelemente **108** beinhaltet das Anlegen elektrischen Stroms an die thermischen Elektroden zur Erzeugung von thermoelektrischen oder Joule'schen Wärmeeffekten. Für auf dem thermoelektrischen Effekt basierende Wärmeelemente **108** hängt die Richtung der Wärmebewegung relativ zu einer thermischen Elektrode von der Polarität des angelegten elektrischen Stroms ab. Die spezifische Größe und Geometrie der thermischen Elektroden variiert mit der Größe und der Geometrie der Photosensoranordnung **110** und mit anderen einer spezifischen Anwendung entsprechenden Faktoren.

[0030] Der spezifische Widerstand der Wärmeelemente **108** wird derart ausgewählt, dass ein elektrischer Strom durch ein Wärmeelement **108** fließt, der resultierende Temperaturgradient über das Wärmeelement **108** ein lokales Zusammenziehen oder Ausdehnen des flexiblen Substrats verursacht, wie es gemäß den Prinzipien der thermoelektrischen oder Joule'schen Erwärmung um den entsprechenden Abschnitt des Verarbeitungsbereiches der Photosensoranordnung **100** vorgeschrieben ist. Durch die Bereitstellung von Wärmeelementen **108** auf der Rückoberfläche **107** des flexiblen Substrats **101** steuert die Rückflächenoberflächenschicht **106** dynamisch und auf vorteilhafte Weise die Wärmedimensionsveränderungen

an dem flexiblen Substrat **101** während der Verarbeitung und versetzt diese. Bei einem Ausführungsbeispiel kompensiert die Rückoberflächenschicht **106** das Zusammenziehen oder Ausdehnen des flexiblen Substrats **101** bei der Verarbeitung innerhalb eines Bereichs von etwa 1 bis etwa 1000 Teile pro Million (ppm).

[0031] Bei einem anderen Herstellungsausführungsbeispiel wird eine (nicht gezeigte) externe Wärmeverrichtung auf dem flexiblen Substrat **101** während der Vorrichtungsverarbeitung zur dynamischen Steuerung und Versetzung der Wärmedimensionsveränderung des flexiblen Substrats **101** befestigt. Die externe Erwärmungsvorrichtung ist nach der Herstellung der flexiblen Bildgebungseinrichtung **100** vollständig von dem flexiblen Substrat **101** entfernbar. Sowohl die Rückflächenoberschicht **106** als auch die externe Erwärmungsvorrichtung erleichtern die Implementierung eines Erwärmungs- und Abkühlungssteuermechanismus auf dem flexiblen Substrat **101** während der Vorrichtungsverarbeitung bedeutend, um die Dimensionsstabilität des flexiblen Substrats **101** während der Verarbeitung aktiv zu steuern und aufrechtzuerhalten.

[0032] Organische Halbleiter sind ebenfalls wünschenswerte Materialien für den Halbleiterbereich aufgrund ihrer mechanischen Flexibilität sowie ihrem Potential für Abscheidungsvorgänge bei Raumtemperatur. Folglich umfasst bei einem anderen Ausführungsbeispiel der Halbleiterbereich **109** einen organischen Halbleiter („organischer Halbleiterbereich“). Beispiele für organische Halbleiter beinhalten Pentacene, Naftacene, Cuftalocyanin und Alpha-Sexithienyl. Bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel sind die Abtastleitungen **131** aus Nickel (Ni) oder Aluminium (Al) ausgebildet, und beispielhafte Datenleitungen **122** umfassen Palladium (Pd) oder Gold (Au). Der organische Halbleiterbereich **139** ist insbesondere über den Source- und Drainelektroden **137**, **136** angeordnet. Diese Konfiguration ist zum Schützen des organischen Halbleiterbereichs **139** während der photolithographischen Verarbeitung und der Abscheidung der traditionellen Source- und Drainelektroden **137**, **136** beispielsweise aus Gold oder Platin vorteilhaft. Wenn die Source- und Drainelektroden **137**, **136** unter Verwendung einer leitfähigen Tinte oder leitfähigen Polymeren ausgebildet werden, ist es vorteilhaft, die Source- und Drainelektrode **137**, **136** auf dem organischen Halbleiterbereich **139** aufgrund der allgemeinen überlegenen Leistungsfähigkeit derartiger Topelektrodenkonfigurationen auszubilden. Vorliegend werden der Begriff „Über“ sowie „Auf“ relativ zu dem flexiblen Substrat **101** verwendet. Beispielsweise die Bezeichnung, dass die Source- und Drainelektroden **137**, **136** „auf“ (oder „Über“) dem organischen Halbleiterbereich **139** angeordnet sind, gibt an, dass die Source- und Drainelektrode **127**, **136** weiter weg von dem flexiblen Substrat **101** als der organische Halbleiterbereich **139** angeordnet sind, wie beispielsweise in Fig. 5 gezeigt ist. Bei dem

vorliegenden Ausführungsbeispiel mit einem organischen Halbleiter für die flexible Bildgebungseinrichtung **100** sind die Photosensoren **120** wünschenswerter Weise zwischen dem flexiblen Substrat **101** und der adressierbaren TFT-Anordnung **130** gemäß Fig. 6 angeordnet, um die organischen Halbleiterbereiche **139** vor der bei der Ausbildung der Photosensoren **120** involvierten Verarbeitung weiter zu schützen. Gemäß einer besonderen Ausgestaltung dieses Ausführungsbeispiels sind die TFTs **134** optisch transparent, um durch den Szintillator **190** erzeugte optische Photonen das Passieren durch die TFTs **134** zu den Photosensoren **130** zu ermöglichen. Optisch transparente TFTs **134** beinhalten transparente Source-, Drain- und Gateelektroden **136**, **137**, **138** und dünne transparente organische Halbleiter **139** wie etwa Pentacene, Naphthacene, Cu-Phthalocyanin und Alpha-Sexithienyl. Beispiele für die transparente Source-, Drain- und Gateelektroden **136**, **137**, **138** umfassen transparente leitfähige Metalloxide wie etwa Indiumzinnoxid ($\text{In}_2\text{O}_3:\text{Sn}$, ITO) und Aluminiumzinkoxid ($\text{ZnO}:\text{Al}$, AZO), oder Elektrodenstrahl- oder Innenstrahl-abgeschiedene ultradünne Metallschichten, die eine hohe optische Durchlässigkeit und elektrische Leitfähigkeit zeigen, wie etwa Aluminium (Al), Palladium (Pd), Nickel (Ni) und Gold (Au).

[0033] Wie bei den traditionellen digitalen Bildgebungseinrichtungen wird der Szintillator **190** so ausgewählt, dass er einen relativ großen Querschnitt für einfallende Strahlung **75** aufweist, so dass ein großer Abschnitt der einfallenden Strahlung absorbiert wird und optische Photonen erzeugt werden. Ein Beispielmaterial für den Szintillator **190** ist Cäsiumiodid (CsI), beispielsweise mit Thallium dotiertes Cäsiumiodid. Cäsiumiodid weist vorteilhafter Weise einen relativ großen Querschnitt für Röntgenstrahlen auf. Gemäß einem besonderen Ausführungsbeispiel werden bestimmte Phosphormaterialien wie etwa CsI als Dünnschicht abgeschieden. Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel wird CsI in Faserform ausgebildet. Andere Beispiele für Szintillatormaterialien werden unmittelbar auf der Photosensoranordnung **110** unter Verwendung von Bindern abgeschieden, indem in der Industrie bekannte Techniken verwendet werden. Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel umfasst der Szintillator **190** ein Photokathodenmaterial wie etwa amorphes Selen. Dabei ist die Photosensoranordnung **110** zur Erfassung von Elektronen und nicht von Licht konfiguriert. Bei einem anderen Ausführungsbeispiel umfasst der Szintillator **190** einen Leuchtschirm **190**. Der Leuchtschirm **190** ist mit der Photosensoranordnung **110** optisch gekoppelt, beispielsweise über optisches Epoxid, ein UV-geheiltes Haftmittel oder eine optische Kopplungsschmiere. Beispiele für die Leuchtschirme **190** umfassen Gadoliniumoxisulfid mit Terbiumoxidaktivierung. Andere Beispiele für die Leuchtschirme **190** umfassen Röntgenstrahlleuchtstoffe wie etwa $\text{BaFCl}:\text{Eu}^{2+}$, YTaO_4 und $\text{ZnCdS}:\text{Cu}$, die in polykristallinen Teilchen und letztlich in den Röntgenstrahlleuchtschirm **190** aus-

gebildet werden.

[0034] Zum Schützen des Szintillators **190** kann die flexible Bildgebungseinrichtung **100** ebenfalls eine Abdeckungsschicht **195** beinhalten, die über dem Szintillator **190** gemäß **Fig. 1** angeordnet ist. Beispiele für die Abdeckschichten **195** sind aus Parylen ausgebildet. Gemäß einem besonderen Ausführungsbeispiel ist die Abdeckschicht **195** zum Blockieren von auf einem Szintillator **190** einfallendem Umgebungslicht konfiguriert, und ein Beispielmateriale umfasst Polyethylen, das wünschenswerter Weise ein schwarzes flexibles organisches Basismaterial ist. Ein Beispiel für die Abdeckschicht **195** umfasst eine Polyethylenhülse, die oftmals zur Bedeckung der Röntgenstrahlenschicht verwendet wird und vorteilhafter Weise ein lichtdichtes Siegel für den Szintillator **190** bereitstellt.

[0035] Ein Ausführungsbeispiel für die flexible digitale Bildgebungseinrichtung **100** zur Abbildung eines durch einfallende Strahlung **75** beleuchteten Subjekts **200** wird nachstehend unter Bezugnahme auf die **Fig. 1, 3** und **7** beschrieben. Die Beschreibung von vorstehend erklärten Merkmalen wird nicht wiederholt. Gemäß **Fig. 1** beinhaltet die flexible digitale Bildgebungseinrichtung **100** ein flexibles Substrat **101**, eine auf dem flexiblen Substrat **101** angeordnete Photosensoranordnung **110**, und einen Szintillator **190**. Gemäß vorstehender Beschreibung beinhaltet die Photosensoranordnung **110** eine Anzahl von Photosensoren **120** und eine adressierbare Dünnschichttransistoranordnung **130** (TFT). Gemäß den **Fig. 3** und **7** sind die Photosensoren **120** zur Ausbildung einer Anzahl von Spalten **211** und zumindest einer Zeile **212** angeordnet. Gemäß einem besonderen Ausführungsbeispiel ist das flexible Substrat **101** aus einem flexiblen organischen Polymer ausgebildet, und ist etwa 3/1000 Zoll bis etwa 8/1000 Zoll dick. Gemäß einem noch spezielleren Ausführungsbeispiel beinhaltet die flexible digitale Bildgebungseinrichtung **100** ferner eine auf der Rückoberfläche **107** des flexiblen Substrats **101** angeordnete Rückoberflächenschicht **106**, wie es vorstehend beschrieben ist. Gemäß vorstehender Beschreibung umfassen Beispiele der TFTs **134** a-Si oder organische Halbleitbereiche **130**.

[0036] Für das in **Fig. 7** gezeigte Ausführungsbeispiel sind die Photosensoren **120** zur Ausbildung einer Zeile **212** angeordnet. Für diese Konfiguration bildet die Photosensoranordnung **110** eine lineare Anordnung aus. Vorteilhafter Weise ist die Herstellung einer linearen Anordnungsanordnung auf dem flexiblen Substrat **101** relativ leicht, weil die thermisch induzierten Dimensionsveränderungen an dem flexiblen Substrat **101** während der Verarbeitung mit reduzierter Verarbeitungsfläche sinken.

[0037] Eine besonders nützliche Anwendung des Ausführungsbeispiels mit einer linearen Anordnung der flexiblen Bildgebungseinrichtung **100** ist die Versorgung der primären Erfassungskomponenten (oder linear angeordneten CT-Abtasteinrichtung, die eben-

falls durch das Bezugszeichen **100** bezeichnet ist) eines (nicht gezeigten) Computertomographiesystems (CT) für medizinische oder industrielle Bildgebung. Bei Computertomographieanwendungen ist die linear angeordnete CT-Abtasteinrichtung **100** typischer Weise zu dem Kegelstrahl hin geneigt, wie es beispielsweise in **Fig. 10** gezeigt ist. Derzeit ist die Herstellung von medizinischen linear angeordneten CT-Abtasteinrichtungen sehr arbeitsintensiv, da die individuellen Module der Photosensoren (beispielsweise Siliziumdioden) und Szintillatoren derart aufgebaut und zusammengebaut sind, dass benachbarte Photosensor-/Szintillatormodule in einem leichten Winkel relativ zueinander zur Ausrichtung mit den einfallenden Röntgenstrahlen angeordnet sind. Demgegenüber ist bei dem Beispiel einer linear angeordneten CT-Abtasteinrichtung **100** gemäß **Fig. 10** jeder Photosensor **120** in einem vorbestimmten Winkel relativ zu einem benachbarten Photosensor **120** zur Ausrichtung mit der einfallenden Strahlung **75** orientiert. Gemäß einem Ausführungsbeispiel sind das flexible Substrat **110** und die lineare Photosensoranordnung **110** in einer festen Konfiguration derart angeordnet, dass die Position und relative Orientierung jedes der Photosensoren **120** festgelegt ist. Bei einem weiteren Ausführungsbeispiel sind die lineare Photosensoranordnung **110** und das flexible Substrat **101** konfiguriert, um zum Anordnen jedes Photosensors **120** bei einem vorbestimmten Winkel relativ zu einem benachbarten der Photosensoren einstellbar zu sein. Weil die flexible Bildgebungseinrichtung **100** flexibel ist, ist die Reihe **212** der Photosensoren **120** konfiguriert, um neu angeordnet zu werden, damit Änderungen im Abstand zwischen der flexiblen Bildgebungseinrichtung **100** und einer Strahlungsquelle **300** eingestellt werden, beispielsweise um die geometrische Vergrößerung des unter Inspektion befindlichen Objekts **200** zu verändern. Vorteilhafter Weise ist der Herstellungsvorgang für die linear angeordnete CT-Abtasteinrichtung **100** relativ zu dem derzeitigen Herstellungsvorgang für linear angeordnete CT-Abtasteinrichtungen relativ leicht, wie es vorstehend beschrieben ist. Darüber hinaus sind für linear angeordnete CT-Abtasteinrichtungen **100** Photosensoren **120** als kontinuierliche Reihe **212** konfiguriert, und nicht als eine Anordnung diskreter Photosensorzellen, was eine überlegene Ausrichtung mit dem Röntgenstrahl **75** bei geringeren Kosten bereitstellt.

[0038] Bei dem in **Fig. 3** dargestellten Ausführungsbeispiel sind die Photosensoren **120** zur Ausbildung einer Anzahl von Reihen **212** angeordnet, wobei eine zweidimensionale (2D) Photosensoranordnung **110** ausgebildet wird. Vorteilhafter Weise erleichtern 2D-Anordnungen das Abbilden von großen Abschnitten des Subjekts **200** in Abhängigkeit von der Anzahl von Spalten **211** und Reihen **212** und von der Größe der Photosensoren **120**. Insbesondere erzeugen 2D-Anordnungen 2D-Bilder aus einem einzelnen Abtastvorgang und stellen eine Bildgebungsbefähigung in einem breiteren Bereich bereit. 2D-Anordnungen

sind ferner zur Abbildung von mehreren Objekten oder von intermittierende Merkmale besitzenden Objekten in einem Abtastvorgang befähigt. Diese Fähigkeiten sind für industrielle nicht zerstörende Testanwendungen wünschenswert, beispielsweise zur Abbildung von Abschnitten eines Flugzeugrumpfs oder einer Maschine, eines Marineschiffs und von Bestandteilen wie etwa Druckschaltungsplatinen und optischen elektronischen Chips. Weitere mögliche Zukunftsanwendungen beinhalten die Raumfahrtforschung, beispielsweise zur Durchführung einer medizinischen Diagnose von Astronauten und Arbeitern in Raumstationen während dem Flug und in Echtzeit oder zum Kartieren von Hochenergiestrahlungsquellen im All. Darüber hinaus treffen Ausrichtungs- und Herstellungsvorteile ähnlich zu den vorstehend bezüglich dem Linearanordnungsausführungsbeispiel beschriebenen auf das 2D-Anordnungsausführungsbeispiel für die flexible Abbildungseinrichtung **100** ebenso zu.

[0039] Das 2D-Ausführungsbeispiel der flexiblen Bildgebungseinrichtung **100** ist besonders nützlich sowohl bei der Herstellung als auch bei Wartungsinspektionsanwendungen. Beispielsweise erfordert eine derzeitige Röntgenstrahlinspektion von (nicht gezeigten) groß strukturierten Druckgussformen das Stülpen eines (nicht gezeigten) Röntgenstrahlfilms in Baugruppen und das Anpassen des Röntgenstrahlfilms an die Gussformstruktur, wobei eine Röntgenstrahlquelle eine gegenüberliegende Oberfläche der Gussformstruktur bestrahlt. Vorteilhafter Weise ist die flexible Bildgebungseinrichtung **100** eine Echtzeit-konformer Erfassungseinrichtung, die eine rasche Rückkopplung auf die Orientierung der flexiblen Bildgebungseinrichtung **100** zu einem Defekt wie etwa einem Riss oder einer heißen Träne bereitstellt, die beide hochsensitiv gegenüber der Ausrichtung sind. Somit werden Ausrichtung und Erfassung dieser eng linearen Merkmale unter Verwendung der flexiblen Bildgebungseinrichtung **100** gegenüber einer langsamen Filmbelichtung stärker erleichtert, wo typischer Weise mehr als zehn (10) Minuten verbraucht werden, bevor erkannt wird, ob die Belichtung und Ausrichtung erfolgreich war. Inspektionsanwendungen während der Wartung beispielsweise bei Land-basierten oder Flugzeuggasturbinenmaschinen ziehen ebenfalls Vorteile aus diesem 2D-Ausführungsbeispiel der flexiblen Bildgebungseinrichtung **100**. Günstiger Weise ist die flexible Bildgebungseinrichtung **100** eine flexible Echtzeitvorrichtung, die in engen Orten angeordnet werden kann, und an die zu inspizierende Struktur angepasst werden kann. Auf diese Weise kann die flexible Bildgebungseinrichtung **100** verwendet werden, um Zugriff auf spezifische kritische Orte zu erlangen, was zur Bestimmung der Positionslokalisierung, Defektausrichtung und zur raschen Bestätigung von genauen Belichtungsbedingungen vor der Durchführung einer hochauflösenden nicht zerstörenden Inspektion nützlich ist.

[0040] Nachstehend wird ein Ausführungsbeispiel

für ein digitales Bildgebungsverfahren unter Bezugnahme auf **Fig. 8** beschrieben. Das digitale Bildgebungsverfahren beinhaltet das Anpassen einer flexiblen digitalen Bildgebungseinrichtung **100** an das Subjekt **200** gemäß **Fig. 8**. Die flexible digitale Bildgebungseinrichtung **100** ist derart angeordnet, dass der Szintillator dem Subjekt **200** zugewandt ist. Eine Strahlungsquelle **300**, beispielsweise eine Röntgenstrahlquelle, wird aktiviert, um das Subjekt **200** Strahlung **75** auszusetzen. Auf diese Weise tritt die Strahlung **75** wie etwa Röntgenstrahlung **75** durch das Subjekt **200** und trifft auf den Szintillator **100** auf. Das Verfahren beinhaltet ferner die Aufnahme eines Bildes mit der flexiblen digitalen Bildgebungseinrichtung **100**. Durch die flexible digitale Bildgebungseinrichtung **100** in Reaktion auf die einfallende Strahlung **75** erzeugte elektrische Signale werden beispielsweise durch eine Lese- und Rücksetzschaltung **210** empfangen, die ferner mit Anzeige- und Analysekomponenten **220** gekoppelt ist, wie vorstehend bezüglich **Fig. 1** beschrieben wurde, und wie es in **Fig. 8** angegeben ist.

[0041] Gemäß den **Fig. 3** und **7** kann die flexible digitale Bildgebungseinrichtung **100** eine Anzahl von Photosensoren **120** beinhalten, die entweder in einer linearen oder einer zweidimensionalen Anordnung angeordnet sind. Gemäß vorstehender Beschreibung stellen Linearanordnungs-konfigurationen Herstellungsvorteile bereit, wohingegen 2D-Anordnungen eine 2D-Bildgebung und eine breite Abbildungsbefähigung bereitstellt. Obwohl lineare Anordnungen eindimensionale Informationen eines abgebildeten Objekts **200** bereitstellen, können 2D-Informationen mit Linearanordnungs-konfigurationen erhalten werden, die während eines Bildabtastvorgangs mobil sind, was die Komplexität und die Kosten der 2D-Bildgebung relativ zu der Durchführung von einzelnen Abtastvorgängen mit 2D-Anordnungs-konfigurationen erhöht. Eine der für das erfindungsgemäße Verfahren gedachten Anwendungen ist die Flugsysteminspektion. Diese Anwendung ist in **Fig. 9** dargestellt, wo das Subjekt **200** ein Abschnitt eines Flugsystems ist, beispielsweise ein kommerzielles Flugzeug. Für die in **Fig. 9** gezeigte Anordnung ist das Subjekt **200** ein Flugzeugrumpf **200**, und die flexible Bildgebungseinrichtung **100** ist um zumindest einen Abschnitt des Flugzeugrumpfs **200** gewickelt, und insbesondere um eine äußere Haut **244** des Flugzeugrumpfs **200**. Gemäß **Fig. 9** beinhaltet der Flugzeugrumpf **200** einen Rahmen **236**, eine Anzahl von Längsbalken **234** und zumindest ein Bullauge **242**, und eine Strahlungsquelle **300** wird auf dem Deck **238** angeordnet. Derzeit erfordert es die Inspektion von kommerziellen Flugzeugen, die Seitenplatten und die Isolierung **232** zum Inspizieren der strukturell kritischen Rahmen **236** und Längsträger **234** des Flugzeugrumpfs **200** abzubauen. Das erfindungsgemäße Verfahren erleichtert jedoch die Inspektion der Längsträger **234** und des Rahmens **236** durch die Isolation **232** die Überkopfkästen **236** und die Seiten-

wände **240**, wodurch eine Inspektion ohne Abbau erlaubt wird, was die Inspektionskosten reduziert und mit dem Abbau der Isolation **232** verbundene potentielle Probleme vermeidet. Vorteilhafter Weise kann die flexible digitale Bildgebungseinrichtung **100** in langen Schichten ausgebildet werden, beispielsweise unter Verwendung von a-Si-Polyimidschichten, wie etwa die von Iowa Thin Films Technology, Inc., erhältlichen. Dieses großskalierte Ausführungsbeispiel einer flexiblen digitalen Bildgebungseinrichtung **100** ist in Rollen transportierbar, die um den Flugzeugrumpf **200** zur Inspektion des Flugzeugrumpfs gewickelt werden können. Ein Beispiel der Strahlungsquelle **300** ist eine panoramische Röntgenstrahlröhre **300**, die von einer (nicht gezeigten) Hochspannungsenergieversorgungsquelle versorgt wird. Panoramische Röntgenstrahlröhren emittieren Strahlung mit einer breitwinkligen Verteilung, beispielsweise oberhalb von etwa 60°. Das digitale Bildgebungsverfahren ist jedoch nicht auf eine spezifische Bauart der Strahlungsquelle **300** beschränkt. Auf diese Weise können Flugsystemstrukturen **200** wie etwa Flugzeugrumpfe **300** effizient inspiziert werden, wobei digitale Bilder bereitgestellt werden, und die Verwendung und Entsorgung von Massen von Röntgenstrahlfilmen vermieden wird.

[0042] Andere wünschenswerte Anwendungen beinhalten die Verwendung an abgelegenen Orten die über raues Terrain zugänglich sind, wo bekannte steife digitale Röntgenstrahlfelder dazu neigen, zu zerbrechen. Eine weitere wünschenswerte Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist die Anordnung oder das Biegen der flexiblen Bildgebungseinrichtung **100** in schwer zugänglichen Orten, wie etwa in schmalen Öffnungen, wo steife Röntgenstrahlfelder verboten wären. Vorteilhafter Weise erlauben diese Anwendungen des erfindungsgemäßen Verfahrens eine digitale Bildgebung in Orten und Positionen, wo vormals lediglich (ein nicht gezeigter) Röntgenstrahlfilm verwendet werden konnte, was digitale Bilder ergibt, die vollständig unter Verwendung von (nicht gezeigten) Computern gespeichert und analysiert werden, und die die Verwendung, Speicherung und Entsorgung eines Röntgenstrahlfilms vermeiden. Darüber hinaus fordert die filmradiographische Bildgebung im Außenbereich oftmals, dass entweder eine (nicht gezeigte) Filmverarbeitungseinrichtung an den Inspektionsort gebracht wird, oder dass Filme in eine Dunkelkammer zur Entwicklung zurückgebracht werden. Das vorliegende digitale Bildgebungsverfahren eliminiert in Verbindung mit leicht verfügbaren Laptop-Computern **220** den Bedarf für jegliche dieser Denkansätze, und stellt ein Echtzeitverständnis der Inspektion bereit. Zusätzlich zu der Abbildung von Flugsystemen beinhalten andere wünschenswerte Anwendungen das Abbilden von Abschnitten von (nicht gezeigten) Rohrleitungen, um Korrosion oder degradierende Schweißnähte zu erfassen, sowie der Ausrüstung und der Instrumente in Nukleareinrichtungen wie etwa Reaktorkammern, strahlungsresis-

tenten Vorrichtungen und Anti-Strahlungsstrukturen sowie Müllbearbeitungsrohrleitungen und -maschinerien.

[0043] Weitere Anwendungsbeispiele des erfindungsgemäßen Verfahrens beinhalten die Bildgebung von Raumfahrtinstrumenten, Satelliten und Raumstationskomponenten während des Aufbaus und/oder der Wartung. Für diese beispielhaften Anwendungen wird die flexible Bildgebungseinrichtung **100** in Teile, Verstrebungen, Wände und Stützstrukturen fokal angepasst.

[0044] Nachstehend wird ein weiteres digitales Abbildungsverfahren unter Bezugnahme auf **Fig. 10** beschrieben. Das digitale Abbildungsverfahren ist zum Abbilden eines Subjekts **200** unter Verwendung einer Strahlungsquelle **300** angepasst, die zur Emission eines divergierenden Strahls **75** gemäß **Fig. 10** konfiguriert ist. Das digitale Bildgebungsverfahren beinhaltet das Biegen der flexiblen digitalen Bildgebungseinrichtung **100**, wozu der Szintillator **190** eine säulenartige Struktur **196** zum Ausrichten der säulenartigen Struktur parallel zu dem divergierenden Strahl aufweist, wie es in **Fig. 10** angedeutet ist. Die flexible digitale Bildgebungseinrichtung **100** ist derart angeordnet, dass das Subjekt **200** zwischen der Strahlungsquelle **300** und der flexiblen digitalen Bildgebungseinrichtung **100** angeordnet ist. Gemäß vorstehender Beschreibung wird das Subjekt **200** abgebildet. Zusätzlich kann das digitale Abbildungsverfahren ferner das Einstellen eines Abstands d zwischen der Strahlungsquelle **300** und der flexiblen digitalen Bildgebungseinrichtung **100** beinhalten, um die säulenartige Struktur **196** des Szintillators **190** mit dem divergierenden Strahl **75** weiter auszurichten. Vorteilhafte Anwendungen dieses Ausführungsbeispiels beinhalten die Computertomographie. Gemäß vorstehender Beschreibung bezüglich des Ausführungsbeispiels einer linear angeordneten CT-Abtasteinrichtung der flexiblen Bildgebungseinrichtung **100** weist das vorliegende erfindungsgemäße Verfahren Vorteile hinsichtlich der Leichtigkeit und der Kosten der Herstellung sowie der überlegenen Ausrichtung im Hinblick auf bekannte CT-Verfahren auf.

[0045] Ein weiteres Ausführungsbeispiel eines digitalen Abbildungsverfahrens wird nachstehend unter Bezugnahme auf die **Fig. 11** und **12** beschrieben. Das digitale Abbildungsverfahren ist zum wiederholten Abbilden von einem oder mehr Abschnitten eines Subjekts **200** angepasst, und beinhaltet das Einbetten von zumindest einer flexiblen digitalen Abbildungseinrichtung **100** in das Subjekt **200**, sowie das Aktivieren der Strahlungsquelle **300** zum Aussetzen eines Subjekts **200** gegenüber einem divergierenden Strahl **75**. Ein Abschnitt des Subjekts **200** ist zwischen der Strahlungsquelle **300** und der flexiblen digitalen Bildgebungseinrichtung **100** angeordnet. Das Verfahren beinhaltet ferner das Aufnehmen eines Bildes mit der flexiblen digitalen Bildgebungseinrichtung **100**. Gemäß vorliegender Verwendung bezeichnet der Ausdruck „das Subjekt **200** einer Strahlung **75**

aussetzen" das Aussetzen von zumindest einem Abschnitt des Subjekts **200** gegenüber der Strahlung **75**. Um mehrere Abschnitte des Subjekts **200** abzubilden, kann eine Anzahl von flexiblen digitalen Bildgebungseinrichtungen **100** in das Subjekt **200** eingebettet werden. Bei einem besonderen Ausführungsbeispiel ist das Subjekt **200** ein Abschnitt einer Flugsystemstruktur.

[0046] Bei dem in **Fig. 11** gezeigten besonderen Ausführungsbeispiel ist das Subjekt **200** ein Flugzeugrumpf **200**, und die flexible digitale Bildgebungseinrichtung **100** ist zwischen dem Flugzeugrumpf **200** und einer Isolationsschicht **232** eingebettet, wie es gezeigt ist. Bei der in **Fig. 11** dargestellten Flugsysteminspektionsanwendung ist insbesondere die flexible digitale Bildgebungseinrichtung **100** zur Abbildung eines Längsträgers **234** und einer Überlappungsverbindung **246** angeordnet. Bei der beispielhaften Konfiguration gemäß **Fig. 11** erstrecken sich Energie- und Datenleitungen **202** durch die Überkopfkästen **232** und insbesondere aus einem Verteilerkasten **248** heraus zur Verbindung an eine Lese- und Rücksetzschaltung **210**, an Anzeige- und Analysekomponenten **220** oder (nicht gezeigte) Energieversorgungseinrichtungen. Alternativ ist die flexible digitale Bildgebungseinrichtung **100** über Fernverbindung mit derart externen Komponenten verbunden. Vorteilhafterweise kann durch das Anordnen der flexiblen digitalen Bildgebungseinrichtung **100** entlang der Überlappungsverbindung **246** unter der Isolation **232** bei dem Flugzeugrumpf **200** die Erfassung und Überwachung von Rissen und Korrosion bei diesen strukturgkritischen Orten wiederholt durchgeführt werden, ohne die Isolation **232** zu entfernen und wieder einzubauen.

[0047] Eine weitere Flugsysteminspektionsanwendung ist in **Fig. 12** dargestellt, wobei das Subjekt **200** ein Flügel **200** ist, und die flexible digitale Bildgebungseinrichtung **100** auf einer inneren Oberfläche **204** eines Flügels **200** zum Abbilden eines Abschnitts des Flügels **200** eingebettet ist. Zahlreiche Inspektionen für Flugsysteme erfordern typischer Weise das Eindringen von Individuen in den Flügel **200** um (nicht gezeigte) radiographische Filme anzuordnen, um die Integrität von strukturellen Schlüsselementen des Flügels sicherzustellen. Vorteilhafterweise reduziert die in **Fig. 12** gezeigte Flugsysteminspektionsanwendung die Häufigkeit des Eindringens in den Flügel, und stellt eine stabile Verfolgung dieser Komponenten bereit, weil die flexible digitale Bildgebungseinrichtung **100** sich von Inspektion zu Inspektion an derselben Position befindet.

[0048] Andere Beispielstrukturen beinhalten Abschnitte von Rohrleitungen und die Ausrüstung und die Instrumente von Nukleareinrichtungen. **Fig. 13** zeigt eine Schnittansicht der Anwendung des digitalen Abbildungsverfahrens auf einen Abschnitt einer Rohrleitung, die ebenfalls durch das Bezugszeichen **200** bezeichnet ist. Gemäß **Fig. 13** ist für das vorliegende Ausführungsbeispiel die flexible digitale Bild-

gebungseinrichtung **100** in der Rohrleitung **200** unter der Isolierung **232** und dem Überzug **260** zum Erfassen und Überwachen von Anomalien **270** wie etwa Korrosion und Brüche eingebettet. Die flexible digitale Bildgebungseinrichtung **100** ist insbesondere in der Nähe von kritischen Bereichen angeordnet, die zur Ausbildung von Korrosion innerhalb der Rohrleitung **200** bekannt sind, wie etwa entlang von (nicht gezeigten) Rohrleitungsschweißnähten. Zum Schutz der flexiblen digitalen Bildgebungseinrichtung **100** vor Degradation wird die flexible digitale Bildgebungseinrichtung vor der (nicht gezeigten) Arbeitsflüssigkeit durch bekannte Versiegelungsmaßnahmen versiegelt. Für das in **Fig. 13** gezeigte besondere Ausführungsbeispiel ist die flexible Bildgebungseinrichtung mit einem beweglichen PIG für den Empfang von Energie und für die Zufuhr von Bildgebungsdaten (oder -signalen) verbunden. Das Signal wird sodann schnurlos von dem beweglichen PIG **262** übertragen.

[0049] Obwohl lediglich bestimmte Merkmale der Erfindung vorliegend gezeigt beschrieben sind, können dem Fachmann viele Abwandlungen und Veränderungen ersichtlich sein. Somit ist beabsichtigt, dass die beigefügten Patentansprüche dazu gedacht sind, alle derartigen Abwandlungen und Veränderungen abzudecken, die innerhalb des Erfindungsberreichs fallen.

Bezugszeichenliste

75	Strahlung
100	flexible Bildgebungseinrichtung
101	flexibles Substrat
102	dielektrische Gateschicht
103	intrinsischer Halbleiter
104	dotierter Halbleiter
105	Beschichtung
106	Rückoberflächenschicht
107	Rückoberfläche des flexiblen Substrats
108	Heizelemente
110	Photosensoranordnung
120	Photosensor
130	Dünnschichttransistoranordnung
131	Abtastleitung
132	Datenleitung
134	Dünnschichttransistor
136	Sourceelektrode
137	Drainelektrode
138	Gateelektrode
139	Halbleiterbereich
190	Szintillator
195	Abdeckschicht für Szintillator
196	säulenartige Struktur
200	Subjekt
202	Energie- und Datenleitungen
204	innere Oberfläche des Flügels
210	Lese- und Rücksetzschaltung
211	Spalte
212	Reihe
220	Anzeige- und Analysekomponenten
230	Überkopf kästen
232	Isolation
234	Längsträger
236	Rahmen
238	Deck
240	Seitenwand
242	Bullauge
244	Außenhaut
246	Überlappungsverbindung
248	Verteilerkasten
260	Überzug
262	bewegendes PIG
270	Anomalie (Korrosion, Bruch)
300	Strahlungsquelle

Patentansprüche

1. Flexible Bildgebungseinrichtung (**100**) zum Abbilden eines Subjekts (**200**), das durch einfallende Strahlung (**75**) beleuchtet wird, die flexible Bildgebungseinrichtung ist dabei versehen mit: einem flexiblen Substrat (**101**); einer Photosensoranordnung (**110**), die auf dem flexiblen Substrat angeordnet ist; und einem Szintillator (**190**), der so angeordnet ist, dass er die einfallende Strahlung empfängt und absorbiert,

der so konfiguriert ist, dass er die einfallende Strahlung in optische Photonen umwandelt, und der mit der Photosensoranordnung optisch gekoppelt ist, wobei die Photosensoranordnung für den Empfang der optischen Photonen und zur Erzeugung eines elektrischen Signals entsprechend den optischen Photonen konfiguriert ist.

2. Flexible Bildgebungseinrichtung nach Anspruch 1, wobei das flexible Substrat (**101**) ein Polymer umfasst.

3. Flexible Bildgebungseinrichtung nach Anspruch 2, wobei das flexible Substrat (**101**) ein flexibles organisches Polymer umfasst.

4. Flexible Bildgebungseinrichtung nach Anspruch 3, wobei das flexible Substrat (**101**) Polyimid umfasst.

5. Flexible Bildgebungseinrichtung nach Anspruch 2, wobei das flexible Substrat (**101**) etwa 2/1000 Zoll bis etwa 10/1000 Zoll dick ist.

6. Flexible Bildgebungseinrichtung nach Anspruch 5, wobei das flexible Substrat (**101**) etwa 3/1000 Zoll bis etwa 8/1000 Zoll dick ist.

7. Flexible Bildgebungseinrichtung nach Anspruch 1, ferner mit einer Rückoberflächenschicht (**106**), die auf einer Rückoberfläche (**107**) des flexiblen Substrats (**101**) angeordnet ist.

8. Flexible Bildgebungseinrichtung nach Anspruch 7, wobei die Rückoberflächenschicht (**106**) eine Vielzahl von Heizelementen (**108**) umfasst.

9. Flexible Bildgebungseinrichtung nach Anspruch 1, wobei die Photosensoranordnung (**110**) eine Vielzahl von Photosensoren (**120**) und eine adressierbare Dünnschichttransistoranordnung (**130**) mit einer Vielzahl von Dünnschichttransistoren (**134**) umfasst, wobei jeder der Dünnschichttransistoren mit einem jeweiligen der Photosensoren elektrisch gekoppelt ist, so dass jeweilige Photosensoren in der Photosensoranordnung selektiv adressiert werden, wobei jeder der Dünnschichttransistoren (**134**) eine Gateelektrode (**138**), einen über der Gateelektrode angeordneten Halbleiterbereich (**139**) sowie eine Sourceelektrode (**137**) und eine Drainelektrode (**136**) in Kontakt mit in dem Halbleiterbereich und über diesem angeordnet umfassen, und wobei jeder dieser Halbleiterbereiche (**139**) eine Schicht aus intrinsisch amorphem Silizium (**103**) und eine über der Schicht aus intrinsisch amorphem Silizium angeordnete Schicht aus dotiertem amorphem Silizium (**104**) umfasst.

10. Flexible Bildgebungseinrichtung nach An-

spruch 9, wobei die adressierbare Dünnschichttransistoranordnung (130) zwischen dem flexiblen Substrat (101) und der Vielzahl von Photosensoren (120) angeordnet ist, wobei jeder der Photosensoren eine Photodiode (120) aus amorphem Silizium aufweist, und wobei die flexible Bildgebungseinrichtung ferner versehen ist mit:

einer Beschichtung (105), die zwischen dem flexiblen Substrat (101) und der adressierbaren Dünnschichttransistoranordnung (130) angeordnet ist; und einer Abdeckschicht (195), die über dem Szintillator (190) angeordnet ist.

11. Flexible Bildgebungseinrichtung nach Anspruch 1, wobei die Photosensoranordnung (110) eine Vielzahl von Photosensoren (120) und eine adressierbare Dünnschichttransistoranordnung (130) mit einer Vielzahl von Dünnschichttransistoren (134) umfasst, wobei jeder der Dünnschichttransistoren mit einem jeweiligen der Photosensoren elektrisch gekoppelt ist, so dass jeweilige Photosensoren in der Photosensoranordnung selektiv adressiert werden, und wobei jeder der Dünnschichttransistoren (134) eine Gateelektrode (138), einen organischen Halbleiter umfassenden und über der Gateelektrode angeordneten Halbleiterbereich (139), sowie eine Sourceelektrode (137) und eine Drainelektrode (136) in Kontakt mit dem Halbleiterbereich aufweist.

12. Flexible Bildgebungseinrichtung nach Anspruch 11, wobei der Halbleiterbereich über den Source- und Drainelektrode (137, 136) angeordnet ist, wobei die Vielzahl von Photosensoren (120) zwischen dem flexiblen Substrat (101) und der adressierbaren Dünnschichttransistoranordnung (130) angeordnet ist, wobei die Dünnschichttransistoren (134) optisch transparent sind, und wobei die flexible Bildgebungseinrichtung ferner eine Abdeckschicht (195) umfasst, die über dem Szintillator (190) angeordnet ist.

13. Flexible Bildgebungseinrichtung nach Anspruch 1, wobei der Szintillator (190) Cäsiumiodid umfasst.

14. Flexible Bildgebungseinrichtung nach Anspruch 1, wobei der Szintillator (190) einen Leuchtschirm (190) umfasst.

15. Flexible digitale Bildgebungseinrichtung zur Abbildung eines durch einfallende Strahlung (75) beleuchteten Subjekts (200), wobei die flexible digitale Bildgebungseinrichtung versehen ist mit:
einem flexiblen Substrat (101);
einer Photosensoranordnung (110), die auf dem flexiblen Substrat angeordnet ist, wobei die Photosensoranordnung eine Vielzahl von Photosensoren (120) und eine adressierbare Dünnschichttransistoranordnung (130) mit einer Vielzahl von Dünnschicht-

transistoren (134) umfasst, wobei die Photosensoren zur Ausbildung einer Vielzahl von Spalten (211) und zumindest einer Reihe (212) angeordnet sind, und wobei jeder der Dünnschichttransistoren mit einem jeweiligen der Photosensoren elektrisch gekoppelt ist, so dass jeweilige Photosensoren in der Photosensoranordnung selektiv adressiert werden; und einem Szintillator (190), der zum Empfang und zum Absorbieren der einfallenden Strahlung angeordnet ist, der zum Umwandeln der einfallenden Strahlung in optische Photonen konfiguriert ist, und der mit der Photosensoranordnung optisch gekoppelt ist, wobei die Photosensoranordnung für den Empfang der optischen Photonen und zum Erzeugen eines elektrischen Signals entsprechend der optischen Photonen konfiguriert ist.

16. Flexible digitale Bildgebungseinrichtung nach Anspruch 15, wobei das flexible Substrat (101) ein flexibles organisches Polymer umfasst und etwa 3/1000 Zoll bis etwa 8/1000 Zoll dick ist.

17. Flexible digitale Bildgebungseinrichtung nach Anspruch 15, ferner mit einer Rückoberflächenschicht (106), die auf einer Rückoberfläche (107) des flexiblen Substrats (101) angeordnet ist, wobei die Rückoberflächenschicht eine Vielzahl von Heizelementen (108) umfasst.

18. Flexible digitale Bildgebungseinrichtung nach Anspruch 15, wobei die Photosensoren (120) zur Ausbildung einer Reihe (212) angeordnet sind.

19. Flexible digitale Bildgebungseinrichtung nach Anspruch 15, wobei die Photosensoren zur Ausbildung einer Vielzahl von Reihen (212) angeordnet sind.

20. Flexible digitale Bildgebungseinrichtung nach Anspruch 15, wobei jeder der Dünnschichttransistoren (134) eine Gateelektrode (138), einen über der Gateelektrode angeordneten Halbleiterbereich (139), sowie eine Sourceelektrode (137) und eine Drainelektrode (136) in Kontakt mit dem Halbleiterbereich und über diesem angeordnet aufweisen, und wobei jeder der Halbleiterbereiche (139) eine Schicht aus intrinsischem amorphem Silizium (103) und eine über der Schicht aus intrinsischem amorphem Silizium angeordnete Schicht aus dotiertem amorphem Silizium (104) umfasst.

21. Flexible digitale Bildgebungseinrichtung nach Anspruch 20, wobei die adressierbare Dünnschichttransistoranordnung (130) zwischen dem flexiblen Substrat (101) und den Photosensoren (120) angeordnet ist, wobei jede von diesem eine Photodiode (120) aus amorphem Silizium umfasst, und wobei die flexible digitale Bildgebungseinrichtung ferner eine Beschichtung (105) aufweist, die zwischen dem flexiblen Substrat (101) und der adressierbaren Dünnschicht-

schichttransistoranordnung (**130**) angeordnet ist.

22. Flexible digitale Bildgebungseinrichtung nach Anspruch 15, wobei jeder der Dünnschichttransistoren (**134**) eine Gateelektrode (**138**), einem über der Gateelektrode angeordneten Halbleiterbereich (**139**) mit einem organischen Halbleiter, sowie eine Sourceelektrode (**137**) und eine Drainelektrode (**136**) in Kontakt mit dem Halbleiterbereich umfasst.

23. Flexible digitale Bildgebungseinrichtung nach Anspruch 22, wobei der Halbleiterbereich über der Source und der Drainelektrode (**137**, **136**) angeordnet ist, wobei die Vielzahl von Photosensoren (**120**) zwischen in dem flexiblen Substrat (**101**) und der adressierbaren Dünnschichttransistoranordnung (**130**) angeordnet ist, und wobei die Dünnschichttransistoren (**134**) optisch transparent sind.

24. Digitales Bildgebungsverfahren zur Abbildung eines Subjekts (**200**), das digitale Bildgebungsverfahren ist dabei versehen mit den Schritten:
Anpassen einer flexiblen digitalen Bildgebungseinrichtung (**100**) an das Subjekt (**200**), wobei das Subjekt zwischen der flexiblen digitalen Bildgebungseinrichtung und einer Strahlungsquelle (**300**) angeordnet ist,
Aktivieren der Strahlungsquelle, um das Subjekt der Strahlung (**75**) auszusetzen, und
Aufnahme eines Bildes mit der flexiblen digitalen Bildgebungseinrichtung.

25. Digitales Bildgebungsverfahren nach Anspruch 24, wobei die flexible digitale Bildgebungseinrichtung (**100**) eine Vielzahl von in einer linearen Anordnung angeordneten Photosensoren (**120**) umfasst.

26. Digitales Bildgebungsverfahren nach Anspruch 24, wobei die flexible digitale Bildgebungseinrichtung (**100**) eine Vielzahl von in einer zweidimensionalen Anordnung angeordneten Photosensoren (**120**) umfasst.

27. Digitales Bildgebungsverfahren nach Anspruch 24, wobei die Strahlungsquelle (**300**) eine zum Belichten der flexiblen digitalen Bildgebungseinrichtung mit Röntgenstrahlung (**75**) konfigurierte Röntgenstrahlquelle (**300**) umfasst.

28. Digitales Bildgebungsverfahren nach Anspruch 24, wobei das Subjekt (**200**) ein Abschnitt eines Flugsystems ist.

29. Digitales Bildgebungsverfahren nach Anspruch 28, wobei das Subjekt (**200**) ein Flugzeugrumpf ist, und wobei der Anpassungsschritt das Umwickeln der flexiblen Bildgebungseinrichtung um zumindest einen Abschnitt des Flugzeugrumpfs aufweist.

30. Digitales Bildgebungsverfahren nach Anspruch 28, wobei das Subjekt (**200**) ein Flugzeugflügel ist, und wobei der Anpassungsschritt ein Umwickeln der flexiblen Bildgebungseinrichtung um zumindest einen Abschnitt des Flugzeugflügels aufweist.

31. Digitales Bildgebungsverfahren zum Abbilden eines Subjekts (**200**) unter Verwendung einer Strahlungsquelle (**300**), die zur Emission eines divergierenden Strahles (**75**) konfiguriert ist, dass digitale Bildgebungsverfahren ist dabei versehen mit den Schritten:

Biegen einer flexiblen digitalen Bildgebungseinrichtung (**100**) mit einem Szintillator (**190**) mit einer säulenartigen Struktur (**196**) zum Ausrichten der säulenartigen Struktur parallel zu dem divergierenden Strahl;
Positionieren der flexiblen digitalen Bildgebungseinrichtung derart, dass das Subjekt zwischen der Strahlungsquelle und der flexiblen Bildgebungseinrichtung liegt;
Aktivieren der Strahlungsquelle (**300**), um das Subjekt dem divergierenden Strahl (**75**) auszusetzen; und
Aufnahme eines Bildes mit der flexiblen digitalen Bildgebungseinrichtung.

32. Digitales Bildgebungsverfahren nach Anspruch 31, ferner mit einem Schritt zum Einstellen eines Abstands zwischen der Strahlungsquelle (**300**) und der flexiblen digitalen Bildgebungseinrichtung (**100**) zum Ausrichten der säulenartigen Struktur (**196**) des Szintillators (**190**) mit dem divergierenden Strahl (**75**).

33. Digitales Bildgebungsverfahren zur Abbildung eines Subjekts (**200**), dass digitale Bildgebungsverfahren umfasst dabei die Schritten:
Einbetten von zumindest einer flexiblen digitalen Bildgebungseinrichtung (**100**) in dem Subjekt;
Aktivieren einer Strahlungsquelle (**300**) zum Aussetzen des Subjekts gegenüber einem divergierenden Strahl (**75**), wobei ein Abschnitt des Subjekts zwischen der Strahlungsquelle und der flexiblen digitalen Bildgebungseinrichtung angeordnet ist; und
Aufnahme eines Bildes mit der flexiblen digitalen Bildgebungseinrichtung.

34. Digitales Bildgebungsverfahren nach Anspruch 33, wobei das Subjekt (**200**) einen Abschnitt einer Flugsystemstruktur umfasst.

35. Digitales Bildgebungsverfahren nach Anspruch 34, wobei das Subjekt (**200**) einen Flugzeugrumpf (**200**) umfasst, und wobei der Einbettungsschritt das Einbetten der flexiblen digitalen Bildgebungseinrichtung zwischen dem Flugzeugrumpf und einer Isolierungsschicht (**232**) umfasst.

36. Digitales Bildgebungsverfahren nach Anspruch 34, wobei das Subjekt **(200)** einen Flugzeugflügel **(200)** umfasst, und wobei der Einbettungsschritt das Einbetten der flexiblen digitalen Bildgebungseinrichtung innerhalb des Flugzeugflügels umfasst.

37. Digitales Bildgebungsverfahren nach Anspruch 33, wobei das Subjekt **(200)** einen Abschnitt einer Rohrleitung **(200)** umfasst.

38. Digitales Bildgebungsverfahren nach Anspruch 33, wobei der Einbettungsschritt das Einbetten einer Vielzahl von flexiblen digitalen Bildgebungseinrichtungen **(100)** in dem Subjekt **(200)** umfasst.

39. Linear angeordnete Computertomographieabtasteinrichtung zum Abbilden eines durch einfallende Strahlung **(75)** beleuchteten Subjekts **(200)**, die linear angeordnete Computertomographieabtasteinrichtung ist dabei versehen mit:
einem flexiblen Substrat **(101)**;
einer linearen Photosensoranordnung **(110)**, die auf dem flexiblen Substrat angeordnet ist, wobei die Photosensoranordnung mit einer Vielzahl von in einer Reihe **(212)** angeordneten Photosensoren **(120)** und einer adressierbaren Dünnschichttransistoranordnung **(130)** mit einer Vielzahl von Dünnschichttransistoren **(134)** versehen ist, wobei jeder der Dünnschichttransistoren mit einem jeweiligen der Photosensoren elektrisch gekoppelt ist, so dass jeweilige Photosensoren in der linearen Photosensoranordnung selektiv adressiert werden;
einem Szintillator **(190)**, der zum Empfangen und Absorbieren der einfallenden Strahlung angeordnet ist, der zum Umwandeln der einfallenden Strahlung in optische Photonen konfiguriert ist, und der mit der linearen Photosensoranordnung optisch gekoppelt ist, wobei die lineare Photosensoranordnung zum Empfang der optischen Photonen und zum Erzeugen eines elektrischen Signals entsprechend den optischen Photonen konfiguriert ist.

40. Linear angeordnete Computertomographieabtasteinrichtung nach Anspruch 39, wobei jeder der Photosensoren **(120)** in einem vorbestimmten Winkel relativ zu einem benachbarten der Photosensoren orientiert ist, um mit der einfallenden Strahlung **(75)** ausgerichtet zu sein, und wobei das flexible Substrat **(101)** und die lineare Photosensoranordnung **(110)** in einer festen Konfiguration angeordnet sind.

41. Linear angeordnete Computertomographieabtasteinrichtung nach Anspruch 39, wobei die lineare Photosensoranordnung **(110)** und das flexible Substrat **(101)** konfiguriert sind, um zum Anordnen jedes der Photosensoren **(120)** in einem vorbestimmten Winkel relativ zu einem benachbarten der Photosensoren einstellbar sind.

Es folgen 11 Blatt Zeichnungen

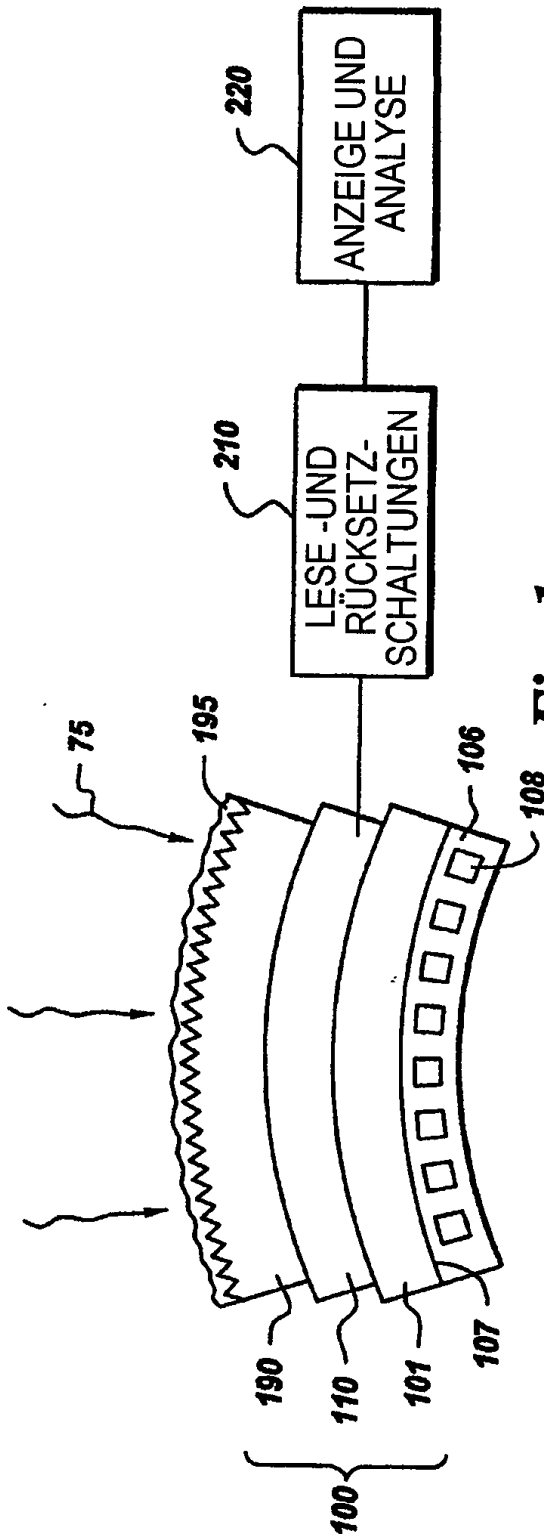


Fig. 1

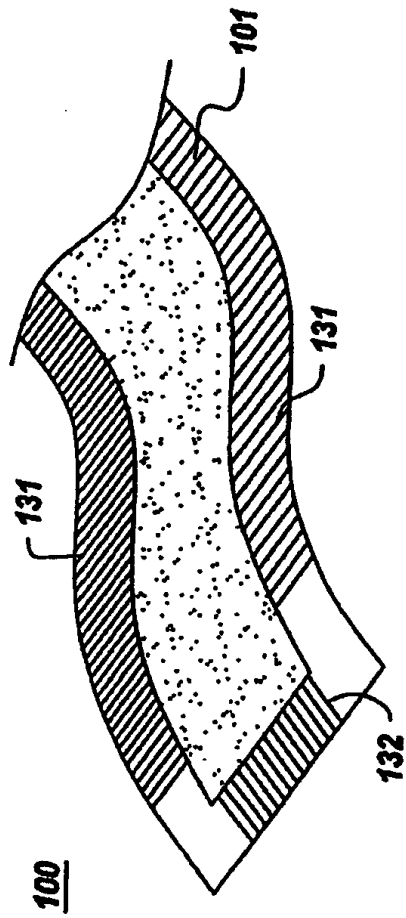


Fig. 2

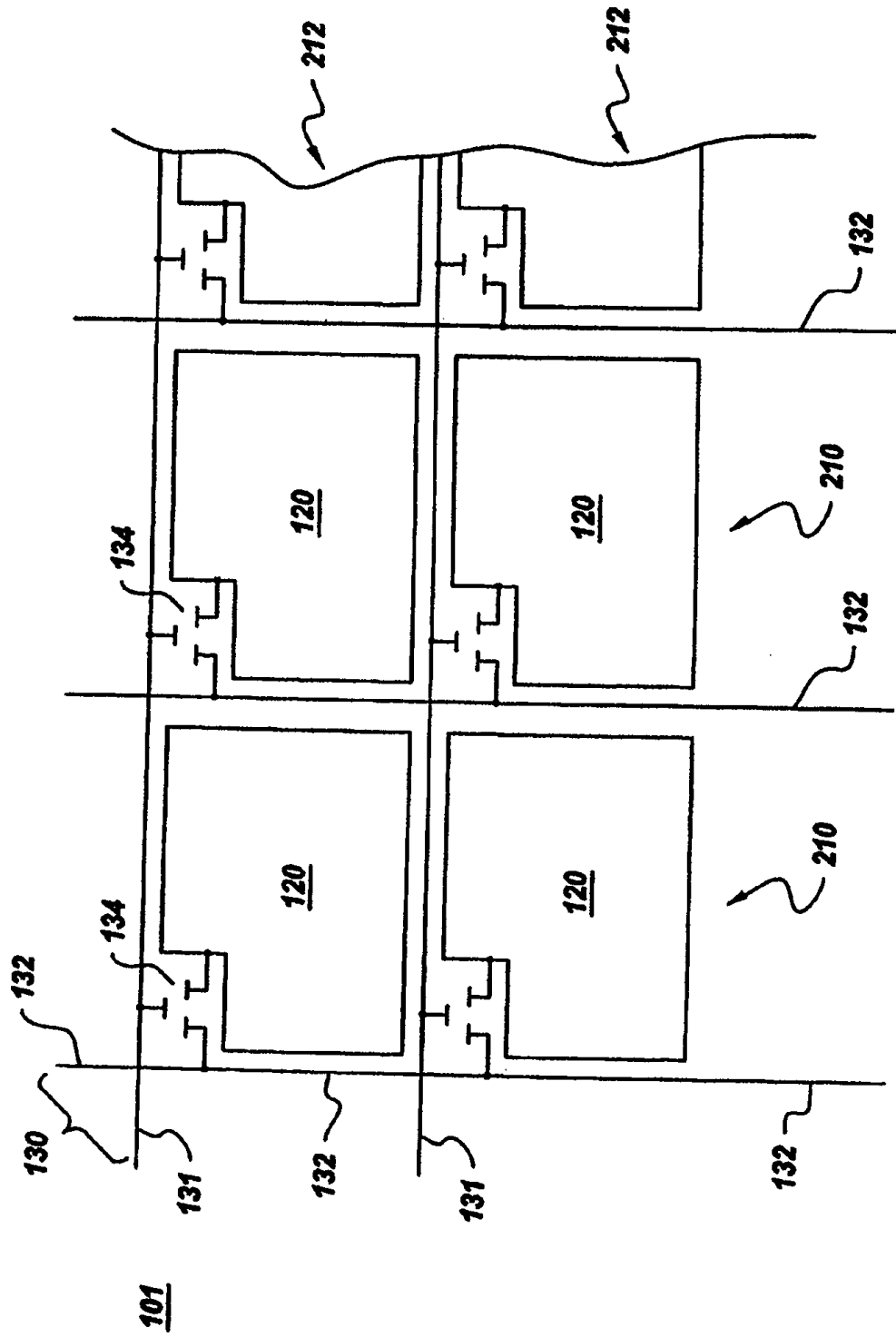


Fig. 3

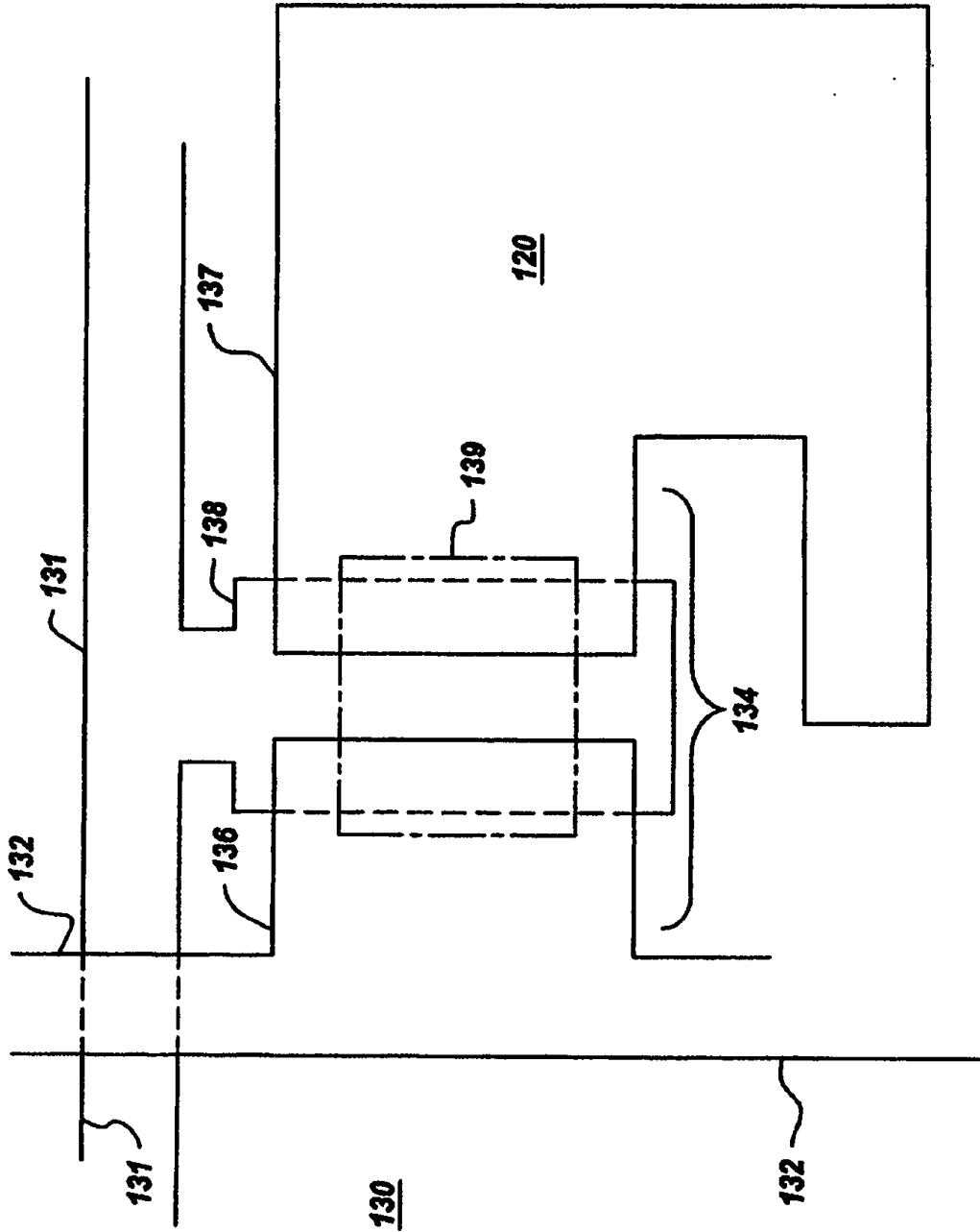


Fig. 4

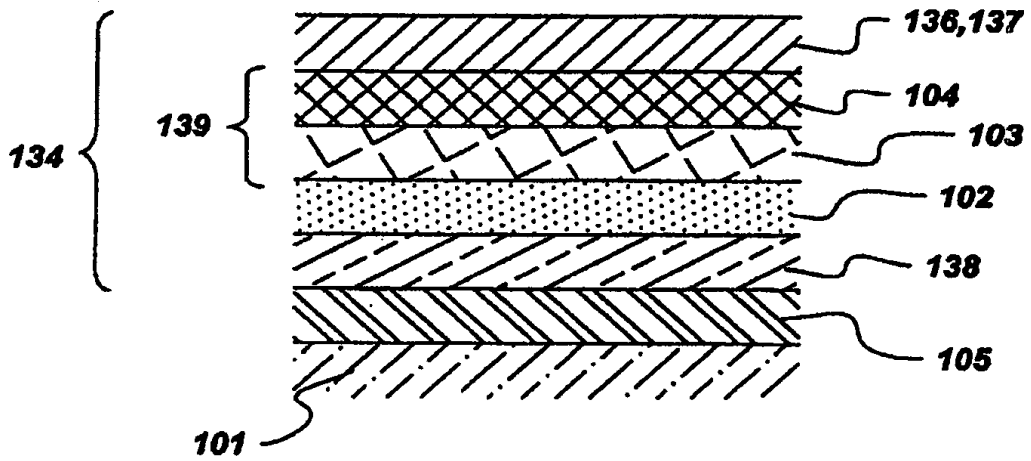


Fig. 5

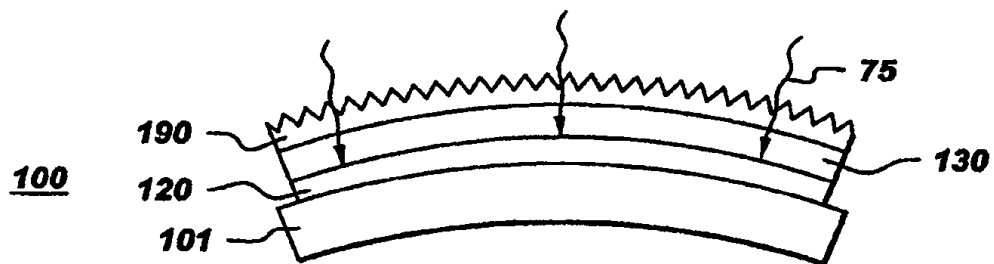


Fig. 6

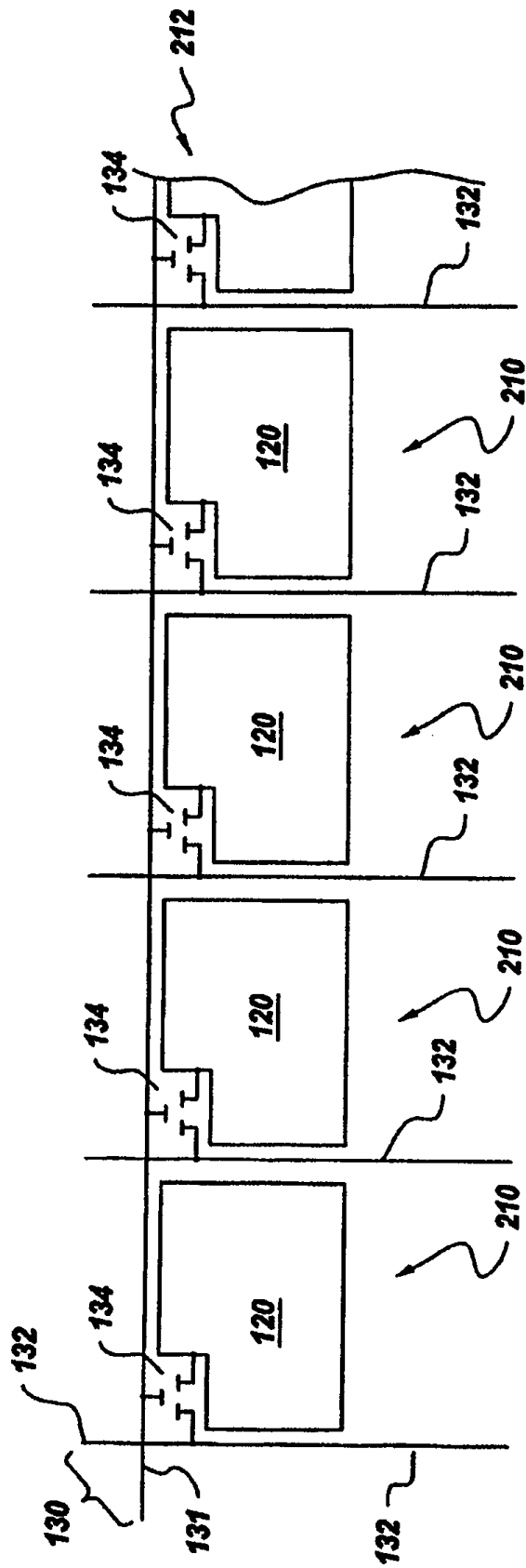


Fig. 7

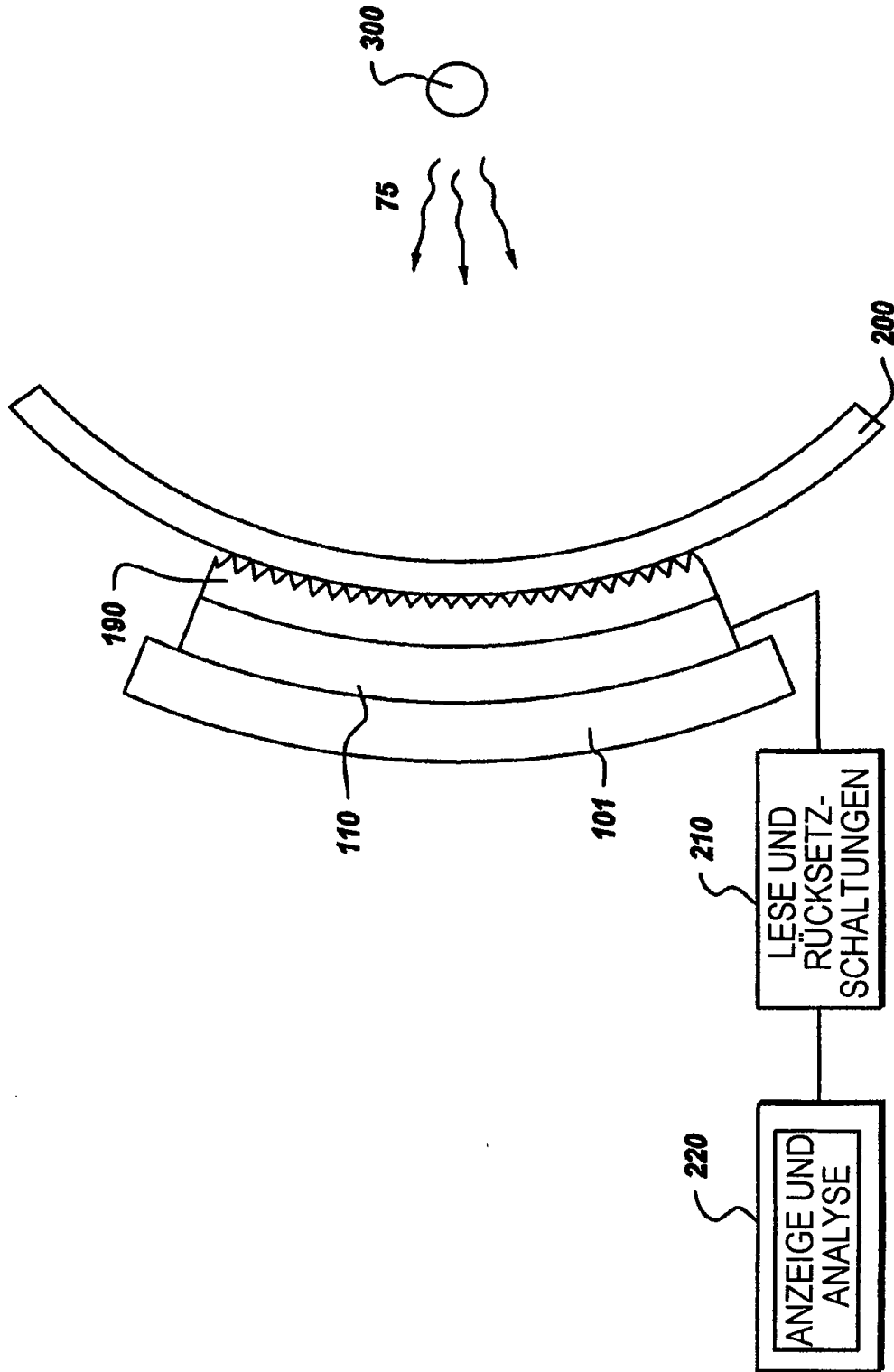


Fig. 8

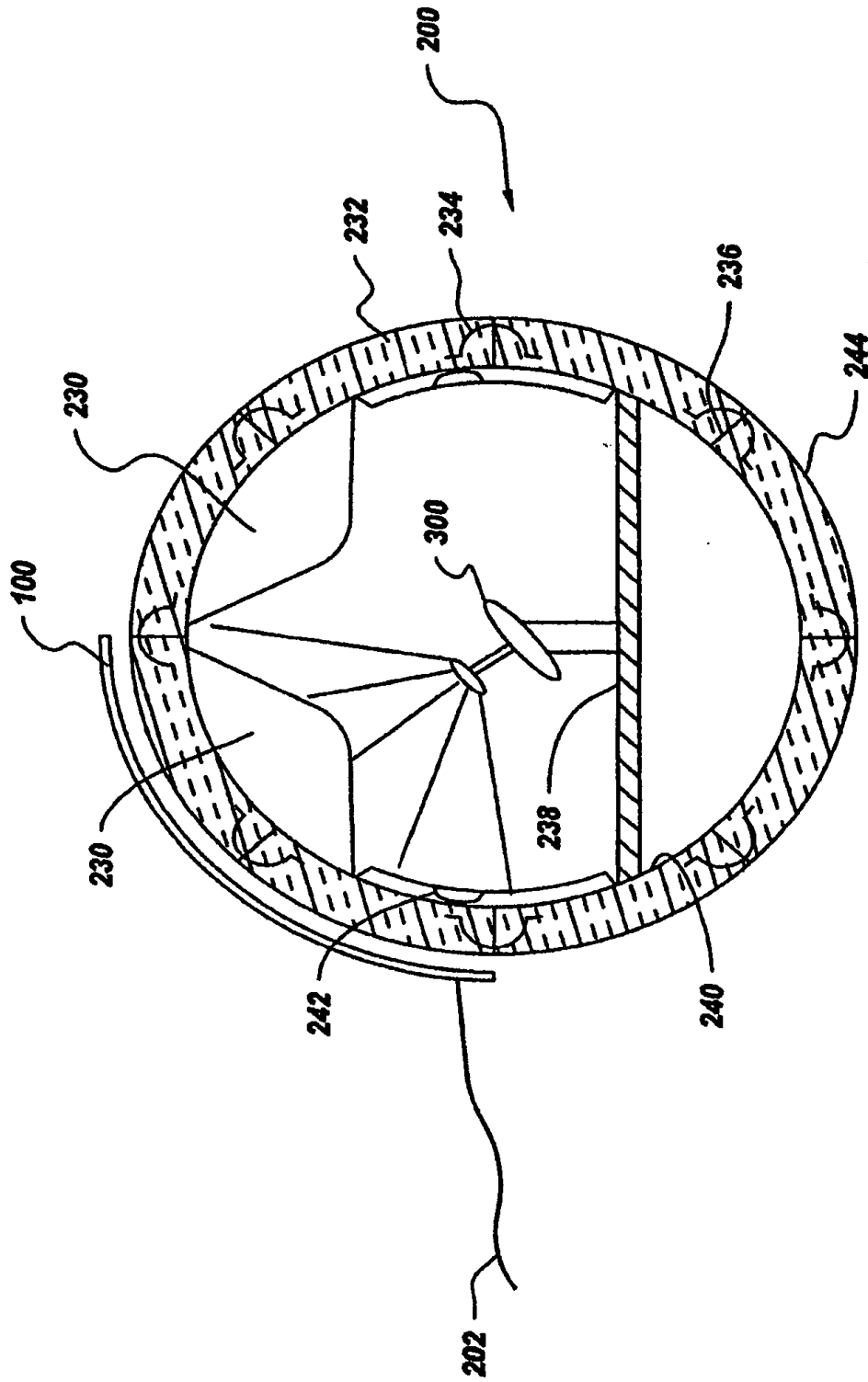


Fig. 9

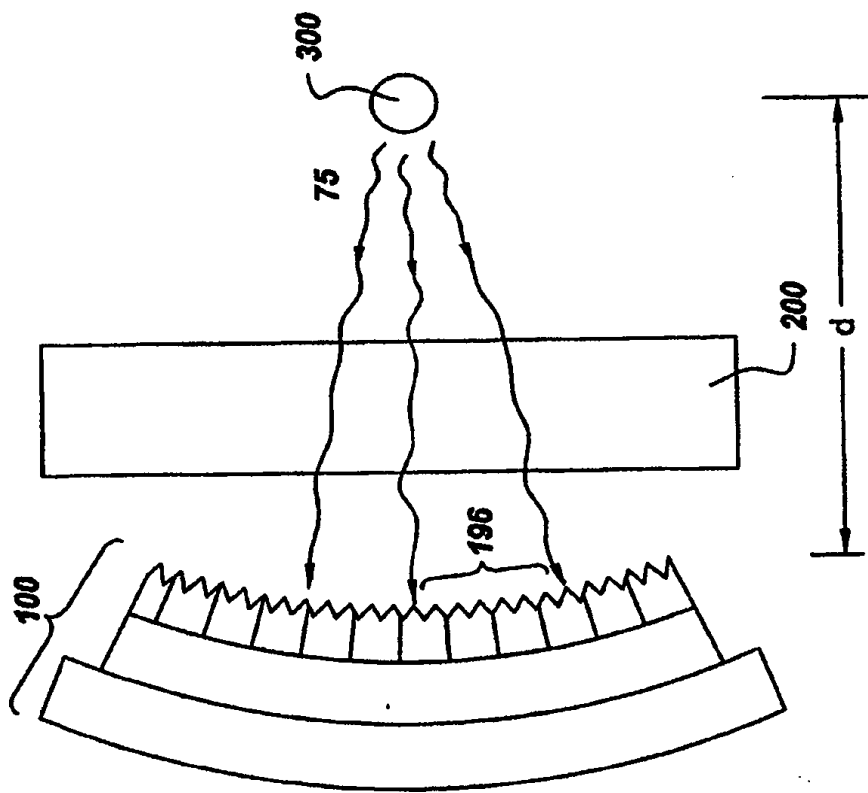


Fig. 10

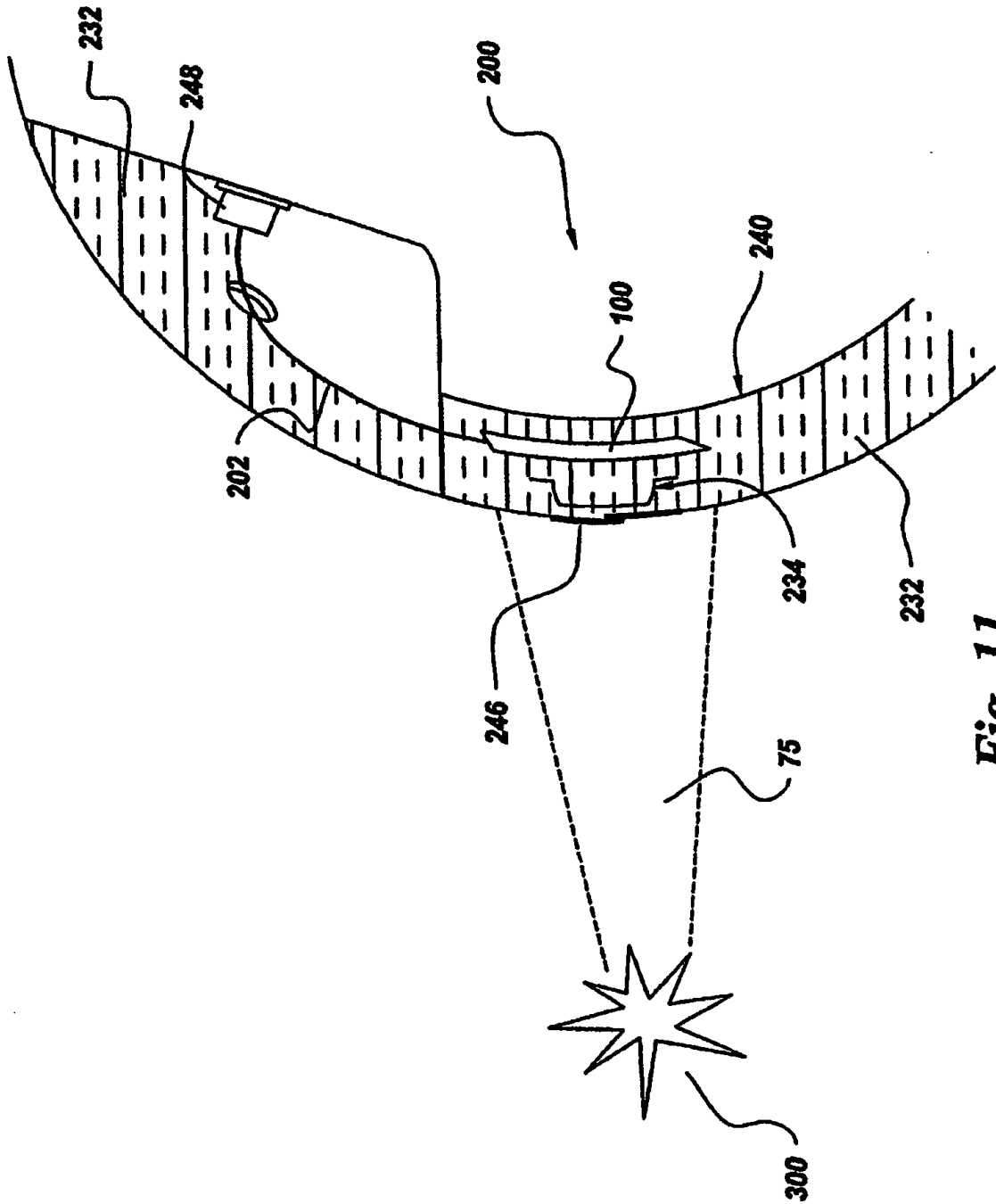


Fig. 11

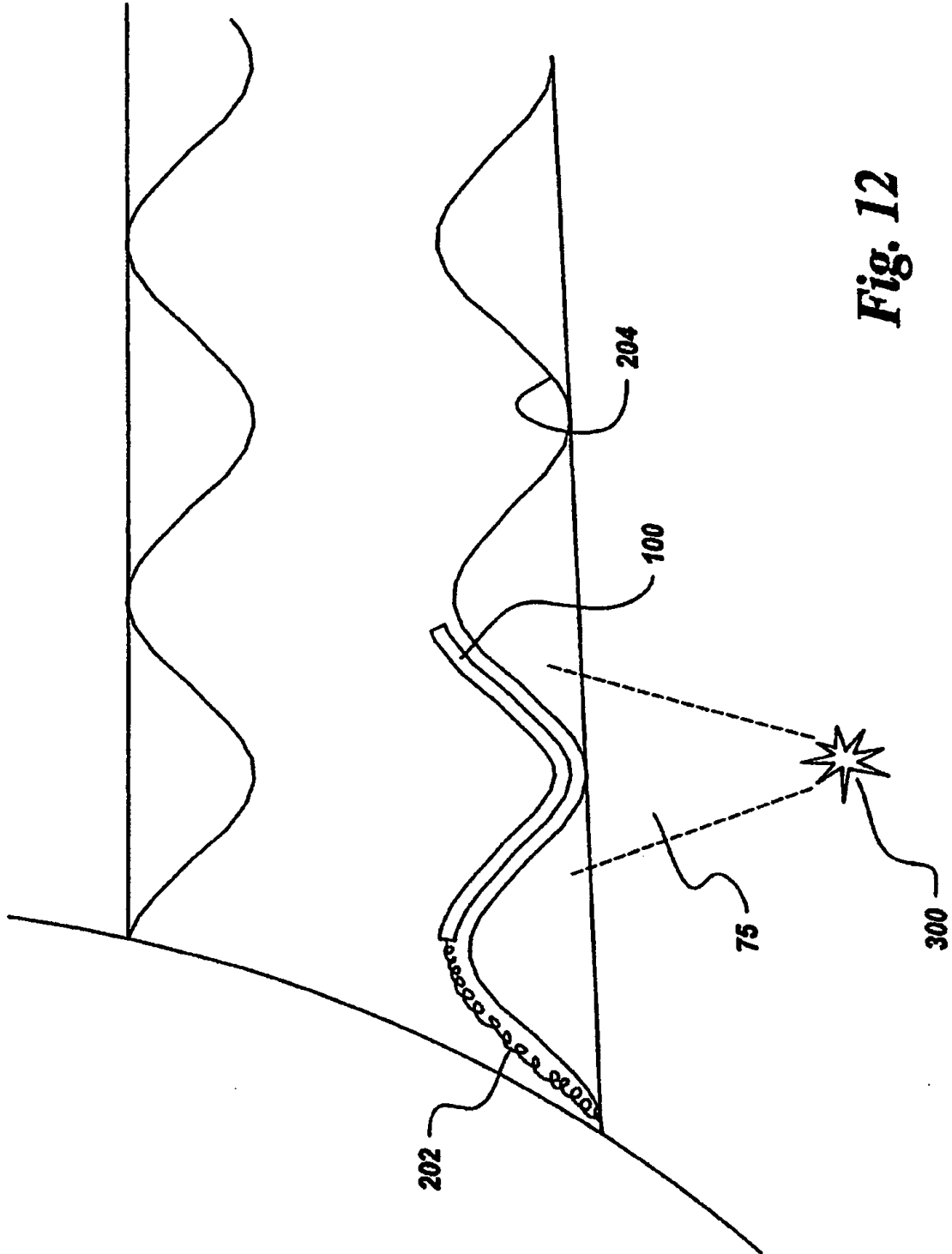


Fig. 12

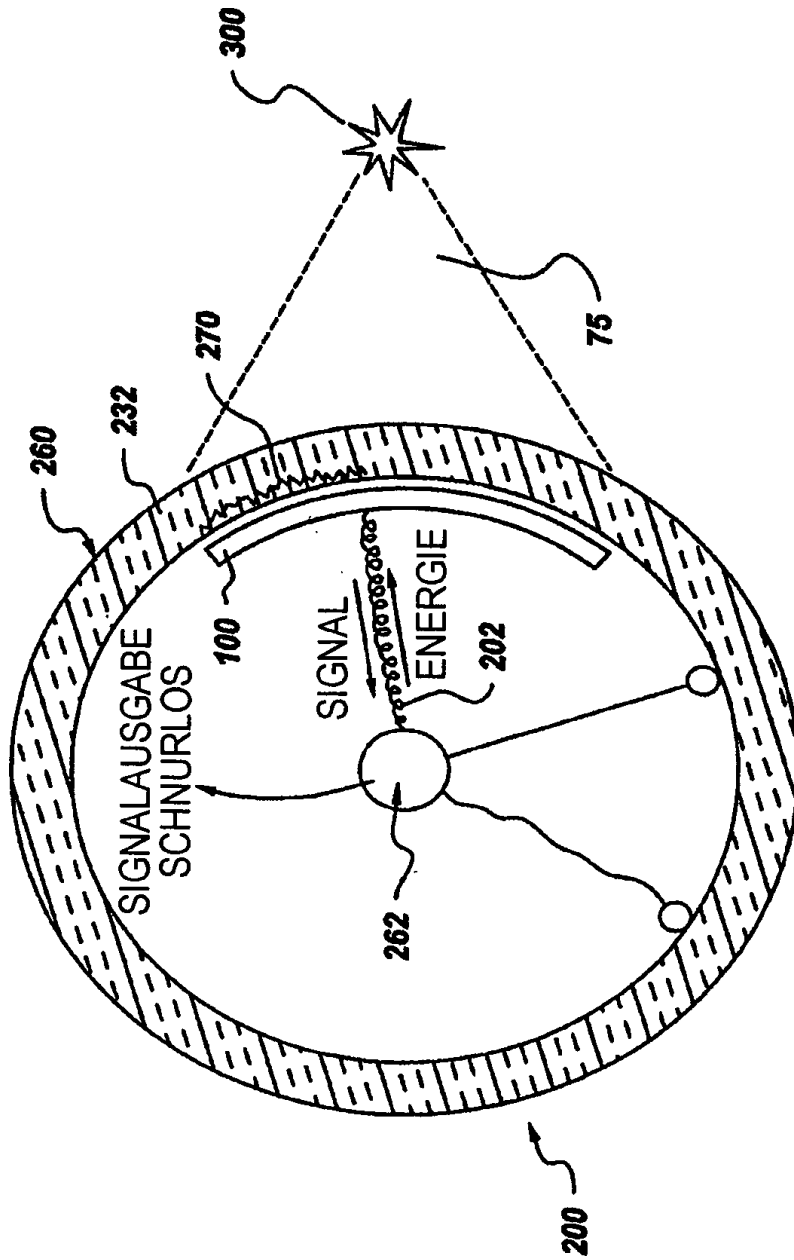


Fig. 13