



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 41 07 331 B4** 2005.11.17

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **P 41 07 331.2**
(22) Anmeldetag: **07.03.1991**
(43) Offenlegungstag: **03.07.2003**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **17.11.2005**

(51) Int Cl.⁷: **G01J 1/42**
H01L 27/146

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 2 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
Lockheed Martin Corp., Bethesda, MD., US

(74) Vertreter:
**Kuhnen & Wacker Patent- und
Rechtsanwaltsbüro, 85354 Freising**

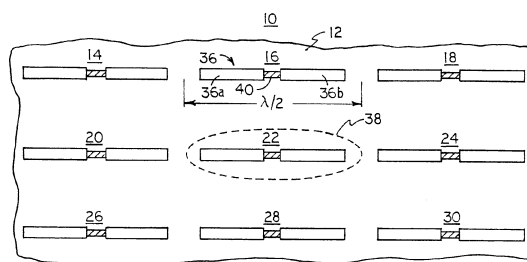
(72) Erfinder:
**Eden, Dayton Dale, Dallas, Tex., US; Case, William
Edward, Arlington, Tex., US; Schimert, Thomas
Robert, Ovilla, Tex., US**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:
GB 22 07 801 A
**"Semiconductors and Semimetals", Vol.18,
Mercury
Cadmium Telluride, Academic Press, 1981,
S.162-
163;
D.L.Smith, D.K.Arch, P.A.Wood und M. Walter
Scott:**

**"HgCdTe Heterojunction Contact
Photoconductor",
Appl. Physics Letters 45(1), 1.Juli 1984, S.83-85;
Gottfried H.Dohler: "Solid State Superlattices",
Scientific American November 1983;
Anthony F.Garito und Kenneth H.Singer: "Organic
Crystals and Polymers-A new Class of Nonlinear
Optical Materials", Laserfocus, Februar 1982, S.59
-64;
J.P.Fauve, S.Sivananthan, M.Boukerche und
J.Reno:
"Molecular Beam Epitaxial Growth of High Quality
HgTe u. Hg_{1-x}CdxTe onto GaAs(001) Substrates",
Applied Physics Letters 45(12), vom 15.Dezember
1984;
G.M.Metze, D.L.Spears und N.P.Wals: "Selective
Etching of CdTe and ZnCdTe Epilayers", in
"Proceedings of the 1985 Meeting of the IRIS Specialty
Group on Infrared Detectors", 6-8. August 1985,
Vol.2, S.123-132;\$**

(54) Bezeichnung: **Infrarotstrahlungsquantendetektor**

(57) Hauptanspruch: Infrarotstrahlungsquantendetektor zum Detektieren von Infrarotstrahlung, die im wesentlichen in einem Bandbereich zwischen einer ersten, unteren Wellenlänge und einer zweiten, oberen Wellenlänge liegt; mit einer ersten periodischen Strahlungssammelstruktur, die eine Mehrzahl von Quantendetektorelementen (z. B. 14-30; 72-86) enthält, welche in periodischen Abständen gleich groß wie oder kleiner als die erste, untere Wellenlänge angeordnet sind;
einem Reflektor (z. B. 116) für Infrarotstrahlung, der im Abstand von der ersten periodischen Strahlungssammelstruktur angeordnet ist, um die Infrarotstrahlung zu reflektieren;
und
elektrischen Leitern (z. B. 36a, 36b; 94-98), die mit den Quantendetektorelementen verbunden sind, um die Detektorsignale zu leiten, die erzeugt werden, wenn der Detektor Infrarotstrahlung empfängt.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft Strahlungsdetektions-Einrichtungen im allgemeinen und insbesondere Einrichtungen zur Detektion von Strahlung in dem infraroten Spektralbereich und in kürzerwelligen Spektralbereichen.

[0002] Strahlungsdetektoren wie Infrarotdetektoren werden schon seit langem in thermischen Abbildern verwendet, um bei Nacht, oder durch Wolken, Rauch und Staub hindurch beobachten zu können. Ein konventioneller Infrarotabbilder weist ein Array von großflächigen Detektoren auf, worin jeder Detektor einem einzelnen Bildelement (Pixel) eines Bildes entspricht. Jeder Detektor ist von ebener Struktur wobei sowohl seine Längen- als auch seine Breitenabmessungen größer sind als die Wellenlänge der einfallenden Strahlung, so daß der Detektor einen ausreichenden Sammelbereich für die einfallende Strahlung aufweist. Ein bekannter Detektor dieses Typs wird in "Semiconductors and Semimetals," Vol. 18, Mercury Cadmium Telluride, Acedamic Press, 1981, Seiten 162-163, beschrieben.

[0003] Aus der GB 2 207 801 A ist ein Empfänger für Infrarotstrahlung bekannt, welcher eine periodische Anordnung von Detektorelementen aufweist, die streifenförmige Struktur haben.

[0004] Eine grundsätzliche Einschränkung in der Verwendung von konventionellen Infrarotabbildern liegt in der Anforderung, daß die abbildende Einrichtung innerhalb einer sehr kalten Kammer aufbewahrt werden muß. Die Kühlung für derartige Einrichtungen wird meist durch das Verdampfen von flüssigen Gasen, wie beispielsweise Stickstoff bereitgestellt. In dessen ist die Lagerung, die Leitung und das Umgehen mit derartigen Kühlmitteln wie flüssigem Stickstoff schwierig, zeitaufwendig und teuer.

[0005] Obwohl bekannte Strahlungsdetektoren in befriedigender Art und Weise brauchbare Bilder herstellen können, weisen sie in ihrem Betrieb ernsthafte Beschränkungen auf. Für eine gegebene Eingangsleistung von einfallender Strahlung ist die sich ergebende Signalstärke dieser Einrichtungen vergleichsweise gering.

[0006] Daher existiert ein großer Bedarf an verbesserten Infrarotdetektoren für Strahlung in dem infraroten Bereich und in kürzerwelligen Spektralbereichen, welche ein Signal mit größerer Amplitude bereitstellen und dabei die Anforderungen an eine komplexe Kühlvorrichtung vermindern.

[0007] Die Lösung dieser Aufgabe erfolgt erfindungsgemäß durch einen Infrarotstrahlungsquantendetektor mit den Merkmalen von Anspruch 1. Außerdem erfolgt eine Lösung dieser Aufgabe durch ein

Verfahren zur Herstellung einer Vorrichtung zum Detektieren von Strahlung im Infrarotbereich mit den Verfahrensschritten nach Anspruch 23.

[0008] Eine bevorzugte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist eine Einrichtung zum Detektieren von einfallender Strahlung. Die Einrichtung umfaßt eine Tragestruktur, auf die eine Dipolantenne befestigt ist. Die Länge der Antenne entspricht ungefähr der Hälfte der Wellenlänge der einfallenden Strahlung. Die Einrichtung weist desweiteren ein Quantendetektorelement auf, welches auf der Tragestruktur befestigt und mit der Dipolantenne verbunden ist. Das Detektorelement ist derartig hergestellt, daß jede seiner linearen Dimensionen erheblich kleiner ist als die Wellenlänge der einfallenden Strahlung. Die einfallende Strahlung wird durch die Dipolantenne eingefangen und zu dem Detektorelement transferiert, um ein Ausgangssignal zu erzeugen, das die Detektion von auf die Einrichtung einfallende Strahlung anzeigt.

[0009] Weitere Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung umfassen ein Array von derartigen Einrichtungen und einen Abbilder, welcher eine Mehrzahl derartiger Arrays aufweist.

[0010] Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

[0011] Weitere Einzelheiten, Aspekte und Vorteile der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung unter Bezugnahme auf die Zeichnung.

[0012] Es zeigt:

[0013] [Fig. 1](#) eine Draufsicht eines Arrays von Einrichtungen in Übereinstimmung mit der vorliegenden Erfindung, zum Detektieren von einfallender Strahlung,

[0014] [Fig. 2](#) eine Draufsicht einer alternativen Ausführungsform eines Arrays von Infrarotstrahlungsdetektionseinrichtungen in Übereinstimmung mit der vorliegenden Erfindung,

[0015] [Fig. 3](#) eine Schnittansicht entlang der Linie 3-3 der Infrarotstrahlungsdetektionseinrichtung von [Fig. 2](#),

[0016] [Fig. 4](#) eine perspektivische Ansicht eines Infrarotstrahlungsabbilders in Übereinstimmung mit der vorliegenden Erfindung, welcher einen der Infrarotstrahlungsdetektorarrays verwendet, die in den [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) dargestellt sind,

[0017] [Fig. 5](#) eine Draufsicht, die einen bekannten Infrarotstrahlungsdetektor darstellt,

[0018] [Fig. 6](#) eine Draufsicht eines Infrarotstrahlungsdetektors in Übereinstimmung mit der vorliegenden Erfindung,

[0019] [Fig. 7](#) eine Schnittansicht entlang der Linie 7-7 des in [Fig. 6](#) dargestellten Strahlungsdetektors,

[0020] [Fig. 8](#) eine Schnittansicht einer alternativen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung,

[0021] [Fig. 9](#) einen Schnittansicht einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, welche orthogonale Detektorsätze verwendet,

[0022] [Fig. 10](#) eine ebene, partiell ausgeschnittene Ansicht der Ausführungsform mit zwei Detektorsätzen, die in [Fig. 9](#) dargestellt ist,

[0023] [Fig. 11](#) eine Schnittansicht einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung,

[0024] [Fig. 12](#) einen Draufsicht eines Strahlungsabbilders, welcher den Infrarotstrahlungsdetektor der vorliegenden Erfindung verwendet,

[0025] [Fig. 1x](#) ein perspektivische Ansicht eines Pixelelementes eines Infrarotdetektors, welcher in Übereinstimmung mit einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung hergestellt worden ist,

[0026] [Fig. 2x](#) eine Schnittansicht, entlang der Linie 2x-2x des in [Fig. 1](#) dargestellten Detektors,

[0027] [Fig. 3Ax-Fig. 3Kx](#) die Schritte in dem Verfahren zum Herstellen des in [Fig. 1x](#) dargestellten Detektors,

[0028] [Fig. 4x](#) ein Diagramm, welches das Strahlungsabsorptionsverhalten von Quecksilber-Cadmium-Tellurid bei Raumtemperatur für zwei verschiedene Quecksilberkonzentrationen zeigt,

[0029] [Fig. 5x](#) eine Darstellung der Gesamtabsorption des Infrarotstrahlungsdetektors von [Fig. 1](#),

[0030] [Fig. 6x](#) eine perspektivische Ansicht eines nicht polarisierten Infrarotstrahlungsdetektors in Übereinstimmung mit der vorliegenden Erfindung,

[0031] [Fig. 7x](#) eine Draufsicht einer alternativen Ausgestaltung des Infrarotdetektors in Übereinstimmung mit der vorliegenden Erfindung,

[0032] [Fig. 8x](#) eine Schnittansicht entlang der Linie 8x-8x des in [Fig. 7x](#) dargestellten Detektors,

[0033] [Fig. 9x](#) eine perspektivische Ansicht des in den [Fig. 7x](#) und [Fig. 8x](#) dargestellten Infrarotdetektors,

[0034] [Fig. 10x](#) eine perspektivische Ansicht einer alternativen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung,

[0035] [Fig. 11Ax-Fig. 11Lx](#) Schritte in dem Verfahren zum Herstellen des in den [Fig. 7x](#) bis [Fig. 9x](#) dargestellten Detektors,

[0036] [Fig. 12x](#) ein elektrisches Schaltschema eines Detektors in Übereinstimmung mit der vorliegenden Erfindung,

[0037] [Fig. 13x](#) eine Darstellung eines Infrarotabbildungssystems, welches ein Detektorarray aufweist, das die Detektorelemente in Übereinstimmung mit der vorliegenden Erfindung verwendet,

[0038] [Fig. 14x](#) eine perspektivische Ansicht eines Infrarotdetektors, welcher Streifen eines fotoempfindlichen Materials aufweist, die zwischen parallelen Leitern angeordnet sind, und

[0039] [Fig. 15Ax-Fig. 15Hx](#) Schritte in dem Verfahren zum Herstellen des in [Fig. 14x](#) dargestellten Detektors.

[0040] In [Fig. 1](#) ist ein Infrarot (IR) Strahlungsdetektorarray **10** in Übereinstimmung mit der vorliegenden Erfindung dargestellt. Das Array **10** umfaßt eine Tragestruktur **12**, welche den physikalischen Halt und die benötigten elektrischen Eigenschaften wie beispielsweise Nichtleitfähigkeit bereitstellt. Eine Mehrzahl von identischen Detektoreinrichtungen **14**, **16**, **18**, **20**, **22**, **24**, **26**, **28** und **30** bilden eine 3×3-Matrix für das Array **10**. Die Detektionseinrichtung **16** wird im folgenden detailliert beschrieben werden, indessen ist sie stellvertretend auch für die verbleibenden Einrichtungen des Arrays **10** aufzufassen. Die Detektionseinrichtung **16** umfaßt einen Dipolantenne **36**, welche Antennenelemente **36a** und **36b** umfaßt. Die Antenne **36** ist aus einem leitenden Material hergestellt, wie beispielsweise aus Aluminium. Die Wellenlänge der einfallenden Strahlung ist durch das Symbol Lambda (λ) dargestellt. Die Länge der Dipolantenne **36** entspricht ungefähr der halben Wellenlänge der einfallenden Strahlung. Jede der detektierenden Einrichtungen **14** bis **30** weist einen Empfangsbereich auf, der für die Detektoreinrichtung **22** durch das gestrichelte Oval **38** dargestellt ist, das die Einrichtung **22** umfaßt. Wie man der Figur entnehmen kann, sind die detektierenden Einrichtungen **14** bis **30** derart angeordnet, daß ein wesentlicher Teil der einfallenden Strahlung durch die Dipolantennen eingefangen wird.

[0041] Zwischen den Antennenelementen **36a** und **36b** ist ein Bandabstandsdetektorelement **40** bereitgestellt, das auf die Tragestruktur **12** aufgebracht und mit den Antennenelementen **36a** und **36b** elektrisch verbunden ist. Sperrkontakte, welche im folgenden noch beschrieben werden, stellen elektrische Verbindungen

dungen zwischen den Antennenelementen **36a**, **36b** und dem Detektorelement **40** bereit.

[0042] Die Tragestruktur **12** weist eine Dicke auf, welche ungefähr einem Viertel der Wellenlänge der einfallenden Strahlung entspricht. Zu wählende Materialien für die Struktur **12** sind beispielsweise Zinkselenid oder Zinksulfid.

[0043] Das Array **10** kann als ein Pixelelement in einem Infrarotabbildner dienen, wie im folgenden unter Bezugnahme auf [Fig. 4](#) beschrieben werden wird. In einer derartigen Anwendung sind die Detektoreinrichtungen wie **16** für alle Detektoreinrichtungen in dem Array **10** miteinander verbunden, um ein Pixel-signal zu erzeugen.

[0044] Indessen ist es aber auch möglich, daß jede Detektoreinrichtung, wie die Detektoreinrichtung **16**, individuell ein Pixelsignal erzeugt.

[0045] In [Fig. 2](#) ist eine zweite Konfiguration der vorliegenden Erfindung dargestellt. Diese Ausführungsform besteht aus einem Array **50**, welches eine Tragestruktur **52** aufweist. Die Struktur **52** ähnelt der zuvor beschriebenen Struktur **12**. Das Array **50** ist eine 2×4 Matrix, welche aus den Detektoreinrichtungen **54**, **56**, **58**, **60**, **62**, **64**, **66** und **68** besteht. Jede der Detektoreinrichtungen, wie die Detektoreinrichtung **56**, weist ein Detektionselement und einen Dipolantenne auf. Die Detektoreinrichtungen **54** bis **58** beinhalten jeweils die Detektorelemente **72** bis **86**. Jedes Detektorelement ist zwischen zwei Ebenen Metallantennenelementen, welche als Dipolantenne für jedes Detektorelement dienen, angeordnet und mit ihnen verbunden. Die Antennenelemente sind in den Metallbereichen **94**, **96** und **98** enthalten. Zum Beispiel enthält die Einrichtung **56** das Detektorelement **74**, welches mittels Sperrkontakten, die später beschrieben werden, mit einer Dipolantenne verbunden ist, die die Metallteile **102** und **104** umfaßt, welche jeweils Teile der Metallbereiche **94** und **96** sind.

[0046] Die in [Fig. 2](#) dargestellte Konfiguration erlaubt die Erzeugung eines Ausgangssignales zwischen den Metallbereichen **94** und **96** infolge der elektrischen Antwort, die durch die Detektorelemente **72** bis **86** beim Empfang von einfallender Strahlung erzeugt wird.

[0047] Der horizontale Zellenabstand der Struktur **50** ist durch die Linie **106**, der vertikale Zellenabstand durch die Linie **108**, die horizontale Zellenapertur durch die Linie **110** und die vertikale Zellenapertur durch die Linie **112** dargestellt. Um Infrarotstrahlung mit einer Wellenlänge von 10 µm zu detektieren, müssen die horizontalen und vertikalen Zellenabstände ungefähr 5 µm und die Zellenaperturen ungefähr 4,5 µm betragen. Jedes der Detektorelemente **72** bis **86** weist Dimensionen in dem Größenord-

nungsbereich von ungefähr 0,75 × 0,25 µm auf. Infolgedessen sind die Dimensionen der Detektorelemente erheblich geringer als die Wellenlänge der eingefangenen Strahlung. Für IR-Strahlung einer Wellenlänge von 5 µm wird jede der obigen linearen Dimensionen um ungefähr die Hälfte reduziert, aber das Detektorelement weist nach wie vor ungefähr die gleiche Größe auf.

[0048] Das Array **50** kann gleichfalls als eine Pixel-signalquelle innerhalb eines Abbilders dienen, welcher eine große Anzahl von derartigen Arrays enthält, wie in [Fig. 4](#) dargestellt. Das Array **50** ist nochmals in einer Schnittansicht in [Fig. 3](#) dargestellt. Eine reflektierende Schicht **116**, bspw. aus einem Metall wie Aluminium oder einer dielektrischen Vielfachschicht, ist zwischen der Tragestruktur **52** und einem isolierenden Substrat **118** angeordnet. Die Schicht **116** dient als eine Grundebene. Eine bevorzugte Zusammensetzung des Substrates **118** weist ein Siliciumsubstrat auf, welches Teil eines Silicium "Charge Coupled Device (CCD)" Chips ist, der die von dem Array **50** erzeugten Signale verarbeitet.

[0049] Das Detektorelement **74** wird mit den Dipolantennenmetallteilen **102** und **104** mittels Sperrkontakten elektrisch verbunden. Die Elemente **72** bis **86** bestehen vorzugsweise aus einer Legierung aus Quecksilber-Cadmium-Tellurid, in der der Bruchteil von Cadmium durch ein x dargestellt wird, und in der der Bruchteil von Quecksilber durch 1-x dargestellt wird. Die bevorzugte Quecksilber-Cadmium-Tellurid-Legierung für die Detektorelemente **72** bis **86** weist einen Wert von x=0,15 auf. Wie aus [Fig. 3](#) ersichtlich, weist das Array **50** Sperrkontakte **120**, **122**, **124** und **126** auf. Der Kontakt **120** ist eine Schicht, welche sich auf und in Kontakt mit der äußeren Oberfläche des Detektors **74** befindet. Das Metallteil **102** ist direkt auf dem Kontakt **120** aufgebracht. Das Teil **102** wird elektrisch mit dem Kontakt **120** verbunden, es ist aber nicht direkt mit dem Detektor **74** verbunden. Der Kontakt **122** ist auf ähnliche Art und Weise zwischen dem Detektor **74** und dem Metallteil **104** angeordnet. Der Kontakt **124** ist zwischen dem Detektor **82** und einem Teil des Metallbereiches **96** angeordnet. Auf ähnliche Art und Weise ist der Sperrkontakt **126** zwischen dem Detektor **82** und einem Teil des Metallbereiches **98** angeordnet. Die Sperrkontakte **120**, **122**, **124** sowie **126** bestehen aus einer Quecksilber-Cadmium-Tellurid-Legierung, welche einen x-Wert von x=0,19 aufweist.

[0050] Der Sinn der Sperrkontakte **120**, **122**, **124** und **126** liegt darin, die Diffusion von Ladungsträgern aus den Detektorelementen, wie aus dem Detektorelement **74**, in die Aluminiummetallteile, wie in die Teile **102** und **104**, zu verhindern. Dabei ist es wünschenswert, daß die Rekombinationsgeschwindigkeit geringer als 500 cm/sec ist, aber ein direkter Aluminiumkontakt mit dem Detektor führt zu einer Rekombi-

nationsgeschwindigkeit, die sich unendlich nähert. Durch das Einfügen von Sperrkontakten, wie den Kontakten **120**, **122**, **124** und **126**, zwischen die Detektorelemente und den Metalldipolteilen wird die Rekombinationsgeschwindigkeit der Träger auf einen Bereich zwischen 300 bis 500 cm/s vermindert. Die Sperrkontakte und die mit ihnen verbundenen Elemente funktionieren so wie Hochfrequenzkopplungskapazitäten, welche eine dc-Isolierung der Träger bereitstellen aber nur eine kleine Impedanz zwischen den Detektorelementen und den Dipolantennenelementen darstellen. Die Theorie und die genaue Funktionsweise eines Sperrkontaktes dieses Typs ist beschrieben in "HgCdTe Heterojunction Contact Photoconductor," Applied Physics Letters 45(1), 1. Juli 1984, Seiten 83-85, von D. L. Smith, D. K. Arch, P. a. Wood und M. Walter Scott.

[0051] Die Detektorelemente, wie die oben beschriebenen Elemente **40** und **74** sind direkte Bandabstandsdetektoren. Ein Bandabstandsdetektor dieses Typs erzeugt ein elektrisches Signal infolge einer Wechselwirkung zwischen einem einfallenden Photon und den Elektronen (Löchern) in dem Material. Ein Detektorelement dieses Typs ist keinem thermischen (Phononen) Austausch ausgetauscht, wie Bolometerdetektoren oder ähnliches. Bandabstandsdetektoren sind daher nicht ernsthaft in ihrer Leistungsfähigkeit bei hohen (Umgebungs-) Temperaturen begrenzt, wie konventionelle Bolometer und ähnliche Detektoren.

[0052] Ein bevorzugtes Material für die Detektorelemente **40** sowie **72** bis **86** ist ein Kristall aus Quecksilber-Cadmium-Tellurid. Ein weiteres Material kann Indium Antimonid sein. Ein weiteres geeignetes Detektorelement kann aus einem Halbleitersupergitter bestehen, wie beschrieben in Scientific American, "Solid State Superlattices," November 1983 von Gottfried H. Dohler. Ein weiteres Detektorelement kann ein organisches Material sein, wie es in Laserfocus, "Organic Crystals and Polymers – A new Class of Nonlinear Optical Materials," Februar 1982, Seiten 59-64, von Anthony F. Garito und Kenneth H. Singer, beschrieben wurde. Durch die Verwendung von organischen Materialien, wie sie von Garito und Singer beschrieben worden sind, wird es möglich, eine kohärente Detektion der einfallenden Strahlung zu erhalten.

[0053] Ein Abbilder **130** in Übereinstimmung mit der vorliegenden Erfindung ist in [Fig. 4](#) dargestellt. Der Abbilder umfaßt eine Mehrzahl von individuellen Arrays wie beispielsweise das Array **132**. Das Array **132** kann beispielsweise eines der zuvor beschriebenen Arrays **10** oder **50** sein. Ein Infrarotbild wird mittels einer Linse **134** auf den ebenen Abbilder **130** übermittelt. Jedes der Arrays erzeugt ein Pixelsignal, welches, für das Array **132**, mittels einer Leitung **136** übermittelt wird. Es existiert eine entsprechende Lei-

tung für jedes Array innerhalb des Abbilders **130**. Die Sammlung und die Verarbeitung aller Pixelsignale bildet eine Reproduktion des Originalbildes, welches durch die Linse **134** übermittelt wurde. Eine Leitung **138** kann eine gemeinsame Erde bereitstellen, die sich durch den Abbilder **130** erstreckt.

[0054] Ein Verfahren in Übereinstimmung mit der vorliegenden Erfindung zur Herstellung der Bandabstandsdetektorelemente wird im folgenden beschrieben. Eine Schicht aus Cadmium-Tellurid wird zunächst epitaxial auf ein Substrat bis zu einer Dicke von 1 bis 2 µm aufgewachsen. Diese gewachsene Cadmium-Tellurid-Schicht wird dann Quecksilber ausgesetzt, um einen Oberflächenschichtkristall aus Quecksilber-Cadmium-Tellurid zu bilden. Schließlich wird die Schicht aus Quecksilber-Cadmium-Tellurid geätzt, um ein vorher bestimmtes Array von Detektorelementen, wie beispielsweise in den [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) dargestellt, zu bilden. Ein weiteres Verfahren zur Herstellung eines Quecksilber-Cadmium-Tellurid-Kristalls für die Detektoren und die Sperrkontakte der vorliegenden Erfindung ist beschrieben in "Molecular Beam Epitaxial Growth of High Quality HgTe and $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$ onto GaAs (001) Substrates," Applied Physics Letters 45(12), vom 15. Dezember 1984, von J. P. Fauve, S. Sivananthan, M. Boukerche und J. Reno.

[0055] Ein grundlegender Vorteil der Struktur der vorliegenden Erfindung liegt in ihrer Fähigkeit, ein Ausgangssignal für ein detektiertes Infrarotsignal zu erzeugen, ohne dabei, wie üblicherweise, die Detektorelemente kühlen zu müssen. Ein bekanntes Infrarotdetektorelement ist ein ebenes Element, welches einen Bereich mit Abmessungen aufweist, die erheblich größer als die Wellenlänge der einfallenden Strahlung sind. Diese großflächigen Elemente müssen die einfallende Infrarotstrahlung auffangen.

[0056] Zusammenfassend kann festgehalten werden, daß die eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung einen Detektor, ein Array und einen Abbilder umfaßt, welche grundsätzlich für die Detektion von Infrarotstrahlung entworfen sind, indem unter Verwendung von Dipolantennen einfallende Strahlung aufgefangen wird und zu einem Bandabstandsdetektorelement transferiert wird. Das Detektorelement weist Dimensionen auf, welche erheblich kleiner sind als die Wellenlänge der einfallenden Strahlung. Ein grundsätzlicher Vorteil der vorliegenden Erfindung liegt in der Erzeugung von Infrarotabbildungssignalen, ohne dabei die Detektorelemente zwingenderweise kühlen zu müssen.

[0057] Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung betrifft einen Infrarotstrahlungsdetektor, welcher ein Ausgangssignal erzeugt, wenn er Infrarotstrahlung ausgesetzt wird. Ein konventioneller Infrarotdetektor **200** gemäß dem Stand der Technik

ist in [Fig. 5](#) dargestellt. Infrarotstrahlung mit Wellenlängen von 8-12 μm ist für die Detektion aufgrund ihrer Wandereigenschaften durch die Atmosphäre von grundlegendem Interesse. Der konventionelle Detektor **200** weist großflächige Detektorelemente auf, wie beispielsweise das Element **212**, um einfallende Infrarotstrahlung einzufangen. Das Detektorelement **212** hat typische Längen- und Breitendimensionen von ca. 50 μm . Die Dimensionen von 50 μm sind erheblich größer als die Wellenlänge der einzufangenden Strahlung (8-12 μm). Diese großflächige Detektorkonfiguration dient dazu, die einfallende Strahlung über Bereiche einzufangen, welche ungefähr der Größe eines Pixels (Bildelementes) in einem Bild entsprechen. Jedes der Detektorelemente, wie beispielsweise das Element **212**, erzeugt ein Pixelsignal und diese Signale werden in Kombination verwendet, um ein Bild zu erstellen.

[0058] Ein weiterer Infrarotstrahlungsdetektor **214** in Übereinstimmung mit der folgenden Erfindung ist in [Fig. 6](#) dargestellt. Der Detektor **214** weist ein periodisches, paralleles Muster von fotoelektrischen oder fotoelektrischen Bandabstandsdetektorelementen **216**, **218**, **220**, **222**, **224**, **226**, **228** und **230** auf. Diese Elemente müssen aus einem Strahlungsabsorbierenden Material hergestellt sein. Ein bevorzugtes Material für diese Detektorelemente ist Quecksilber-Cadmium-Tellurid, welches als $\text{Hg}_{(1-x)}\text{Cd}_x\text{Te}$ beschrieben wird, wobei ein bevorzugter Wert von x 0,2 ist. Die Detektorelemente **216** bis **230** sind miteinander bei gegenüberliegenden Enden mittels jeweils gemeinsamen Leitungen **236** und **238** verbunden, welche typischerweise aus Metall sind, wie beispielsweise aus Aluminium. In einer bestimmten Ausführungsform sind die Detektorelemente **216** bis **230** aus einer einzelnen Schicht aus Quecksilber-Cadmium-Tellurid geätzt.

[0059] Die Detektorelemente **216** bis **230** und die gemeinsamen Leitungen **236**, **238** sind auf einer Substruktur **240** aufgebracht, die mehrere Funktionen erfüllt. Die Substruktur **240** stellt eine Tragestruktur für die Elemente **216** bis **230** und die Leitungen **236**, **238** bereit, und, was besonders wichtig ist, sie stellt eine Impedanzanpassung zwischen der Strahlung im freien Raum und der Strahlungsimpedanz des Musters der Detektorelemente **216** bis **230** bereit. Die Substruktur **240** umfaßt Schichten mit einem Brechungsindex (n), der von dem von Luft oder vom freien Raum verschieden ist. Die Substruktur **240** erhöht die Strahlungsabsorption des Detektors **214**.

[0060] Wie der [Fig. 7](#) zu entnehmen, umfaßt die Substruktur **240** separate Schichten **242** und **244**. Die Schicht **242** besteht vorzugsweise aus Indium Antimonid und die Schicht **244** besteht vorzugsweise aus Cadmium-Tellurid. Die Schicht **242** weist einen Brechungsindex von $n=4$ und die Schicht **244** einen Brechungsindex von $n=2,7$ auf, wobei $n=1$ der Bre-

chungsindex für den freien Raum ist.

[0061] Das in [Fig. 6](#) dargestellte Muster der Detektorelemente **216** bis **230** umfaßt ein Pixel, welches Gesamtdimensionen von $50 \times 50 \mu\text{m}$ hat. Diese Struktur ist entworfen, um Infrarotstrahlung mit einer Wellenlänge von 8-12 μm zu empfangen. Jedes der Detektorelemente **216** bis **230** weist eine Breite von ungefähr 0,5 μm und eine Länge von ungefähr 50 μm auf. Die bevorzugte Periode des Abstandes von Mittellinie zu Mittellinie zwischen den Elementen **216** bis **230** beträgt 3 μm . Eine bevorzugte Dicke für jedes der Elemente **216** bis **230** ist 0,5 μm . Eine bevorzugte Dicke für jede der Schichten **242** und **244** liegt in dem Bereich von 0,1 bis 10 μm .

[0062] Es hat sich gezeigt, daß es ein begrenzendes Kriterium für den effektiven Betrieb der vorliegenden Erfindung, wie sie in den [Fig. 6](#) und [Fig. 7](#) dargestellt ist, gibt. Für normal einfallende Strahlung weist dieses Kriterium zwei Aspekte auf: Zunächst muß die Wellenlänge (λ) der einfallenden Strahlung größer oder gleich dem Produkt des periodischen Abstandes (p) zwischen den Detektorelementen und dem Brechungsindex (n_2) für die untere Schicht, d. h. der Schicht **244** in [Fig. 7](#), sein. Dies wird ausgedrückt durch $\lambda \geq n_2 \cdot p$. Zweitens muß die obere Schicht **242** einen größeren Brechungsindex (n_1) als den Brechungsindex (n_2) der unteren Schicht **244** haben. Dies wird ausgedrückt durch $n_1 > n_2$. Wenn diese beiden Aspekte erfüllt sind, kann die Absorption der einfallenden Strahlung bei der vorliegenden Erfindung sich 100% nähern. Wenn diese Bedingung nicht erfüllt ist, erreicht ein Detektor, wie er beispielsweise als Detektor **214** in [Fig. 7](#) dargestellt ist, nur eine begrenzte maximale Absorption von weniger als 50%.

[0063] Während die genaue theoretische Funktionsweise der vorliegenden Erfindung noch nicht vollständig verstanden wurde, scheint es so zu sein, daß die einfallende Strahlung, welche nicht direkt durch die Detektorelemente **216** bis **230** absorbiert worden ist, im wesentlichen in der Schicht **242** eingefangen wird, infolge der verschiedenen Brechungsindizes der Schichten **242** und **244** auf der einen Seite und der Schicht **242** und dem freien Raum auf der anderen Seite.

[0064] Die einfallende Strahlung wird wahrscheinlich durch die Detektorelemente **216** bis **230** gebeugt, um ihre Ausbreitungsrichtung von dem normalen Einfallspfad abzulenken. Die eingefangene Strahlung wird absorbiert, wenn sie schließlich die Detektorelemente **216** bis **230** nach möglicherweise vielen Reflexionen streift. Es scheint so zu sein, daß die Strahlung, welche aus der Schicht **242** zurück in den freien Raum durch die Ebene der Detektorelemente **216** bis **230** austritt, durch die hereintretende einfallende Strahlung aufgehoben wird, was zu einer Gesamtab-sorption der einfallenden Strahlung führt.

[0065] Alle Detektorelemente **216** bis **230** werden zwischen den Leitungen **236** und **238** parallel verbunden. Die Leitung **236** wird über einen Leiter **246** an einen Anschluß einer dc-Quelle oder Batterie **248** angeschlossen. Die Leitung **238** wird über einen Leiter **250** an einen Anschluß **252** angeschlossen. Ein Widerstand **254** wird zwischen dem Anschluß **252** und einem Anschluß **256** angeschlossen. Der verbleibende Anschluß der Batterie **248** wird mit dem Anschluß **256** verbunden. Die Batterie **248** legt eine Vorspannung über die Detektorelemente **216** bis **230**, und der Widerstand **254** dient als ein Lastreihenwiderstand. Wenn Infrarotstrahlung durch den Detektor **214** eingefangen wird, werden Elektronen in den Detektorelementen **216** bis **230** in höhere Energiebänder angehoben, welche den Stromfluß beeinflussen, der in der Batterie **248** erzeugt wird. Dies führt zu Änderungen in dem Strom durch den Widerstand **254**, der die Spannung zwischen den Anschlüssen **252** und **256** beeinflusst. Daher erzeugt der Detektor **214** ein Pixel-signal an den Anschlüssen **252** und **256**. Ein Array aus Detektoren, wie beispielsweise aus dem Detektor **214**, erzeugt ein komplettes Bild, indem ein Signal für jedes Pixel erzeugt wird.

[0066] Der Detektor nach der vorliegenden Erfindung weist eine höhere Empfindlichkeit infolge der höheren eingefangenen Strahlungsleistungsdichte in dem empfindlichen Material auf, als bekannte Infrarotdetektoren. Zum Beispiel weisen der Detektor **212** in [Fig. 5](#) (Stand der Technik) und der Detektor **214** in [Fig. 6](#) die gleichen ebenen Gesamtabmessungen auf. Der Detektor **212** hat einen aktiven Bereich von $2500\text{ }\mu\text{m}^2$, mit einer typischen Dicke von $10\text{ }\mu\text{m}$, wohingegen der Detektor **214** einen aktiven Bereich von nur $425\text{ }\mu\text{m}^2$ aufweist, mit einer typischen Dicke von $0,5\text{ }\mu\text{m}$. Mit gleicher einfallender Strahlungsintensität wird der Detektor **214** eine ungefähr 120 mal so große Leistungsdichte in dem empfindlichen Element haben, was ein erhebliches Anwachsen der Leistungsfähigkeit bedeutet. Wenn die Breiten der Elemente in dem Detektorelement **214** kleiner werden, wird das Anwachsen in der Leistungsdichte größer werden. Der Detektor der vorliegenden Erfindung stellt daher einen erheblichen Leistungsvorteil gegenüber bekannten großflächigen Detektoren bereit.

[0067] Die Substruktur **240** dient dazu, eine Impedanzanpassung zwischen der Strahlungsimpedanz im freien Raum und der Strahlungsimpedanz der Detektorelemente **216** bis **230** des Detektors **214** bereitzustellen. Ein grundlegendes Maß der Leistungsfähigkeit für einen Strahlungsdetektor liegt in dem Prozentsatz der Absorption für einfallende Strahlung. Ohne die Substruktur **240** weisen die Elemente **216** bis **230** eine Strahlungsabsorption von weniger als 5% auf, wohingegen das Hinzufügen der Substruktur **240**, welche die obigen Kriterien erfüllt, die Absorption auf mehr als 80% erhöht, wie durch Computersimulationen errechnet wurde.

[0068] Die verschiedenen Detektoren, die für diese Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dargestellt wurden, verwenden parallele Detektorstreifen, wobei aber grundsätzlich auch periodische Elemente beliebiger Form verwendet werden können, unter der Voraussetzung, daß der Abstand zwischen den Elementen kleiner oder gleich der Wellenlänge der einfallenden Strahlung ist.

[0069] Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist in [Fig. 8](#) dargestellt. Der dort dargestellte Detektor **260** ähnelt den in den [Fig. 6](#) und [Fig. 7](#) dargestellten Detektor **214**, weist aber eine zusätzliche Superstruktur auf, um eine zusätzliche Impedanzanpassung zwischen den Detektorelementen und der Impedanz des freien Raumes bereitzustellen. Der Detektor **260** weist einen Satz von parallelen Detektorelementen **262, 264, 266, 268, 270, 272, 274** und **276** auf, welche den Detektorelementen **216** bis **230** des Detektors **214** entsprechen. Der Detektor **260** umfaßt eine Substruktur **280**, welche die Schichten **282** und **284** enthält, die den Schichten **242** und **244** im Detektor **214** entsprechen. Der Detektor **260** umfaßt desweiteren eine Superstruktur **286**, die aus den Schichten **288** und **290** besteht. Die Schicht **288** ähnelt der Schicht **242** im Detektor **214**, und die Schicht **290** ähnelt der Schicht **244** im Detektor **214**. Die Superstruktur **286** arbeitet wie die Substruktur **240**, um die Impedanzanpassung zwischen den Elementen **262** bis **276** und der Impedanz der Strahlung des freien Raumes zu verbessern.

[0070] Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist ein Detektor **296**, der in den [Fig. 9](#) und [Fig. 10](#) dargestellt ist. Der Detektor **296** weist Sätze von Detektorelementen **298** und **300** auf, welche jeweils den Detektorelementen **216** bis **230** im Detektor **214** entsprechen, der in [Fig. 6](#) dargestellt ist, und die jeweils in der gleichen Art und Weise elektrisch verbunden sind. Indessen sind die Detektorelemente im Satz **298** orthogonal zu den Detektorelementen des Satzes **300** angeordnet. Die detektierten Signale aus den beiden Sätzen können elektrisch kombiniert werden. Der Detektor **296** weist eine Substruktur **302** auf, eine Superstruktur **304** und eine mittlere Struktur **306**. Die Substruktur **302** umfaßt Schichten **308** und **310**, und die Superstruktur **304** umfaßt die Schichten **312** und **314**. Die Substruktur **302** entspricht der Substruktur **280**, und die Superstruktur **304** entspricht der Superstruktur **286**. Die mittlere Struktur **306** weist Schichten **316** und **318** auf, welche jeweils vorzugsweise aus einem Material wie Cadmium-Tellurid bestehen, mit einer Dicke von ungefähr $0,1\text{--}10\text{ }\mu\text{m}$. Der Detektorsatz **298** liegt in der Schicht **316**, und der Detektorsatz **300** in der Schicht **318**. Die zwei Sätze von Detektorelementen **298** und **300** sind orthogonal bezüglich der Einfangsorthogonalpolarisationen der einfallenden Strahlung orientiert. Die in [Fig. 6](#) dargestellte Struktur fängt nur eine Polarisation ein. Eine Schnittdraufsicht des Detektors

296 ist in [Fig. 10](#) dargestellt, wobei die Superstruktur **304** entfernt wurde und der Satz von Detektorelementen **300** mit gestrichelten Linien dargestellt ist.

[0071] Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist ein Detektor **320**, wie er in [Fig. 11](#) dargestellt ist. Dieser Detektor weist eine Substruktur **322** auf, welche zum Beispiel eine dielektrische Schicht oder Platte **330** ist und vorzugsweise aus Cadmium-Tellurid mit einer Dicke von 0,1-10 μm hergestellt wird. Auf der Oberfläche der Substruktur **322** sind eine Mehrzahl von parallelen Detektorelementen wie **324**, **326** und **328** angeordnet. Diese Elemente sind wie die in [Fig. 6](#) dargestellten Elemente **216** bis **230** angeordnet und verbunden. Die Elemente **324** bis **328** sind aus dem gleichen Material hergestellt wie die Elemente **216** bis **230**. Auf der unteren Oberfläche der Platte **330** ist eine Schicht **332** bereitgestellt, welche aus einem Metall wie beispielsweise Aluminium besteht. Die Schicht **332** hat vorzugsweise eine Dicke von 0,5 μm . Die Substruktur **322** umfaßt die dielektrische Platte **330** und die Metallschicht **332**.

[0072] Die dielektrische Platte **330** weist eine bevorzugte Dicke auf, die von der Wellenlänge der einfallenden Strahlung abhängig ist. Die bevorzugte Dicke ist ein ungeradzahliges Vielfaches der Viertelwellenlänge der empfangenen Strahlung. Für eine Strahlung mit einer Wellenlänge von 12 μm ist eine Dicke von bis zu 10 μm akzeptierbar. Computersimulationen haben gezeigt, daß der Detektor **320**, mit den dargestellten Abmessungen, eine Strahlungsabsorption von nahezu 100% haben wird.

[0073] Der Detektor **320** arbeitete ebenso wie der zuvor beschriebene Detektor **214**. Die Metallschicht **332** stellt die untere reflektierende Oberfläche bereit, genau wie die Schnittstelle zwischen den Schichten **242** und **244** eine reflektierende Oberfläche bereitstellt.

[0074] Ein Infrarotabbildner gemäß der vorliegenden Erfindung ist in [Fig. 12](#) dargestellt. Der Abbildner **330** weist ein Array aus Detektoren auf, wie beispielsweise aus dem Detektor **332**. Jeder der Detektoren, wie der Detektor **332**, erzeugt ein Pixelsignal und die Sammlung der Pixelsignale zusammen erzeugt das Bild. Jeder der Detektoren des Abbildners **330** weist eine separate Ausgangsleitung für das Pixelsignal des Detektors auf. Der Abbildner **330** kann für die Detektoren **332** jeden der zuvor beschriebenen Detektoren verwenden, inklusive den oben beschriebenen Detektoren **214**, **260**, **296** oder **320**.

[0075] Weitere Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung sind in den [Fig. 1x](#) bis [Fig. 15Ax-Fig. 15Hx](#) beschrieben.

[0076] Ein Infrarotdetektor **20x**, welcher nach der

Lehre der vorliegenden Erfindung hergestellt wurde, ist in einer perspektivischen Ansicht in [Fig. 1x](#) dargestellt und in einer Schnittansicht in der [Fig. 2x](#). Diese Ansichten sind nicht notwendigerweise maßstabgerecht. Eine detaillierte Beschreibung für die Schritte zur Herstellung des Detektors **20x** in Übereinstimmung mit der Lehre der vorliegenden Erfindung ist in Zusammenhang mit den [Fig. 3Ax-Fig. 3Kx](#) dargestellt. Der Detektor **20x** enthält ein Substrat **22x** welches vorzugsweise aus Saphir hergestellt ist, aber optional auch aus Cadmium-Tellurid oder Silicium bestehen kann. Die bevorzugte Dicke des Substrates **22x** beträgt ungefähr 2 mm. Auf der oberen Oberfläche des Substrates **22x** befindet sich eine reflektierende Ebene **24x**, welche vorzugsweise eine Schicht aus Aluminium ist, die eine Dicke von ungefähr 500 bis 1000 Å aufweist. Eine Klebeverbindungsschicht bindet die reflektierende Ebene **24x** an das Substrat **22x**.

[0077] Auf der Oberfläche der Ebene **24x** ist ein rechteckiges Array von isolierenden Blöcken bereitgestellt, die durch die Blöcke **26Ax** bis **26Ex** dargestellt sind. Diese Blöcke sind vorzugsweise aus Cadmium-Tellurid hergestellt und haben laterale Dimensionen von ungefähr $4 \times 1 \mu\text{m}$ und eine Dicke von ungefähr 0,3 μm . Der Abstand von Mittelpunkt zu Mittelpunkt dieser Blöcke beträgt ungefähr 8 μm . Alle der Dimensionen, die im Zusammenhang mit dem Detektor **20x** vorgetragen wurden, basieren auf ein Design, welches eine optimale Antwort für ein Wellenlängenband von 8-12 μm für die einfallende Infrarotstrahlung bereitstellt. Diese Dimensionen würden für eine andere Wellenlänge entsprechend proportional skaliert werden.

[0078] Unmittelbar oberhalb eines jeden der isolierenden Blöcke **26A** bis **26E** befindet sich ein Satz von Segmenten, welche fotoempfindlich für Infrarotstrahlung in dem Bereich von 8-12 μm sind. Es handelt sich um die fotoempfindlichen Segmente **28Ax-28Ex**, welche im wesentlichen die gleichen lateralen Dimensionen aufweisen wie die Segmente **26Ax-26Ex** und eine Dicke von ungefähr 0,5 μm aufweisen. Diese Segmente enthalten Quecksilber-Cadmium-Tellurid (MCT), das ein x-Verhältnis von ungefähr 0,15 aufweist, entsprechend einer Betriebstemperatur bei 300°K. Quecksilber-Cadmium-Tellurid wird durch Bruchteile spezifiziert, wobei der Bruchteil des Cadmiums durch das Legierungsverhältnis x und der Bruchteil des Quecksilbers durch das Legierungsverhältnis 1-x dargestellt ist.

[0079] Der Übergang zwischen den Blöcken **26Ax-26Ex** und den entsprechenden Segmenten **28Ax-28Ex** ist ein Sperrübergang, welcher den Übergang von allen Trägern, sowohl von Majoritäten als auch von Minoritäten, verhindert. Dieser Übergang kann derart hergestellt werden, daß er einen kurzen Übergang zwischen den fotoempfindlichen und den

fotounempfindlichen Segmenten bereitstellt.

[0080] Unmittelbar oberhalb der fotoempfindlichen Segmente **28Ax-28Ex** befinden sich verbindende, nicht fotoempfindliche Segmente **30Ax-30Fx**. Die verbindenden Segmente **30Ax-30Fx** bestehen aus Quecksilber-Cadmium-Tellurid, wobei das x-Legierungsverhältnis größer oder gleich 0,2 ist. Mit diesem x-Verhältnis sind die Segmente **30Ax-30Fx** für Infrarotstrahlung in dem Wellenlängenband von 8-12 μm bei einer Betriebstemperatur von ungefähr 300°K nicht fotoempfindlich. Jedes der Segmente **30Ax-30Fx** überbrückt ein Paar von Segmenten **28Ax-28Ex**. Zum Beispiel überbrückt das Segment **30Bx** die Segmente **28Ax** und **28Bx**. Für jedes der Segmente **30Ax-30Fx** beträgt eine bevorzugte Länge ungefähr 6 μm , eine bevorzugte Breite ungefähr 1 μm und eine bevorzugte Dicke ungefähr 0,25 μm . Die Lücke zwischen den Segmenten **30Ax-30Fx** beträgt ungefähr 2 μm .

[0081] Jedes der Segmente **30Ax-30Fx** befindet sich mit zweien der Segmente **28Ax-28Ex** in Kontakt. Der Übergang zwischen diesen Segmenten ist ein selektiv sperrender Übergang, eine Heterojunction. Dieser Übergang sperrt den Durchgang von Minoritätsträgern, aber erlaubt das Hindurchtreten von Majoritätsträgern. In der bevorzugten Ausführungsform sind die Minoritätsträger p-Typ Löcher und die Majoritätsträger Elektronen. Daher treten die Elektronen frei durch den Übergang hindurch, während die p-Typ Löcher gesperrt werden. Ein Verfahren um diesen Typ von Übergang zu erhalten liegt in der Abstufung des Überganges des Legierungsverhältnisses zwischen den zwei Segmenten über eine Entfernung von ungefähr 1000 Å. Weitere Techniken sind hinreichend bekannt.

[0082] Die Kombination der Blöcke **26Ax-26Ex**, der Segmente **28Ax-28Ex** sowie der Segmente **30Ax-30Fx** ergibt eine Struktur **32x**, die sich in den identischen Strukturen **34x**, **36x**, **38x** und **40x** wiederholt. Jeder dieser Strukturen ist ein langgezogenes, segmentiertes, elektrisch leitendes Teil. Die Strukturen **32x-40x** sind parallel zueinander und in einem Abstand voneinander angeordnet, der geringer ist als die Wellenlänge der interessierenden einfallenden Infrarotstrahlung. Ein gewählter Abstand von Mittellinie zu Mittellinie beträgt 8 μm .

[0083] Die Kombination der Segmente **30Ax-30Fx** und **28Ax-28Ex** ergibt ein längliches, segmentiertes, elektrisch leitendes Teil, welches dazu dient, einfallende Infrarotstrahlung aufzufangen und die Energie der Strahlung zu den fotoempfindlichen Segmenten **28Ax-28Ex** zu transferieren, worin ein Detektionssignal erzeugt wird und elektrisch durch das Teil übergeben wird. Die Mehrzahl der Detektionssignale, die durch die vielen fotoempfindlichen Segmente **28Ax-28Ex** erzeugt worden sind, werden entlang

dem segmentierten, elektrisch leitenden Teil addiert.

[0084] Die fotoempfindlichen Segmente **28Ax-28Ex** und die entsprechenden Segmente in den anderen Strukturen, sind in dieser Ausführungsform voneinander vorzugsweise in einem Abstand angeordnet, der geringer ist als die Wellenlänge der einfallenden Strahlung. Die reflektierende Ebene **24x** ist von der Ebene der fotoempfindlichen Segmente **28Ax-28Ex** in einem Abstand angeordnet, der geringer ist als die Wellenlänge der einfallenden Strahlung, und vorzugsweise in einem Abstand, der einem Viertel der Wellenlänge entspricht.

[0085] Das Segment **30Ax** und die entsprechenden Segmente in den Strukturen **34x**, **36x**, **38x** und **40x** sind mit einem leitenden Teil **42x** verbunden, welches aus dem gleichen Material besteht wie das Segment **30Ax** und vorzugsweise eine Verlängerung davon ist. Ein ähnliches leitendes Teil **44x** ist mit einem Segment **30Fx** und den entsprechenden Segmenten in den Strukturen **34x**, **36x**, **38x** und **40x** verbunden. Eine leitende Verbindungsanschlußfläche **46x**, vorzugsweise eine Indiumschicht, ist auf der Oberfläche des Teiles **42x** ausgebildet, um einen elektrischen Kontakt mit dem Teil **42x** herzustellen. Eine ähnliche Anschlußfläche **48x** ist auf dem Teil **44x** bereitgestellt. Die Anschlußflächen **46x** und **48x** sind mit einer Spannungsvorspannung verbunden, wie im folgenden beschrieben werden wird und dienen dazu, die Detektionssignale, die innerhalb der Strukturen **32x-40x** erzeugt worden sind, zu sammeln.

[0086] Wenn das Material der Teile **42x** und **44x** vom n-Typ ist, ist Indium das bevorzugte Material für die Anschlußflächen **46x** und **48x**. Wenn das Material für die Teile **42x** und **44x** vom p-Typ ist, ist Gold das bevorzugte Material für die Anschlußflächen **46x** und **48x**.

[0087] Leiter **50x**, **52x**, **54x**, **56x**, **58x** und **60x** erstrecken sich transversal zu den Strukturen **32x-40x** und sind unmittelbar oberhalb der jeweiligen Segmente **30Ax**, **30Bx**, **30Cx**, **30Dx**, **30Ex** und **30Fx** und den entsprechenden Segmenten innerhalb den Strukturen **34x-40x** angeordnet. Jeder der Leiter **50x-60x** ist elektrisch von jedem anderen Schaltkreiselement in dem Detektor **20x** isoliert. Diese Leiter bestehen vorzugsweise aus Aluminium mit einer Breite von 2 μm und einer Dicke von 0,1 μm . Der Abstand von Mittelpunkt zu Mittelpunkt beträgt ungefähr 8 μm . Diese Leiter erstrecken sich über das gesamte Array, welches aus einer Vielzahl von Detektoren **20x** besteht. Diese Leiter haben die Funktion, einen größeren Betrag der Energie der einfallenden Infrarotstrahlung in die fotoempfindlichen Segmente, wie **28Ax-28Ex**, einzukoppeln.

[0088] Der Detektor **20x** in [Fig. 1x](#) ist mit im wesentlichen offenen Räumen zwischen den Blöcken und

den Segmenten der verschiedenen Strukturen dargestellt. Indessen sind die offenen Räume, die in [Fig. 1x](#) unterhalb der Ebene der Leiter **50x-60x** dargestellt, mit einem nicht leitenden Material wie Zinksulfid gefüllt. Dieses Füllmaterial wurde in [Fig. 1x](#) weggelassen, um einen besseren Überblick über die Struktur des Detektors **20x** zu ermöglichen. Das Füllmaterial ist in den [Fig. 3Dx-Fig. 3Kx](#) dargestellt.

[0089] Unter weiterer Bezugnahme auf [Fig. 1x](#) wird im Betrieb einfallende Infrarotstrahlung durch den Detektor **20x** empfangen, wie durch die Pfeile dargestellt. Die Infrarotstrahlung fällt auf die obere Oberfläche des Detektors **20x** ein, wie in [Fig. 1x](#) dargestellt. Die einfallende Infrarotstrahlung wird im wesentlichen durch die strukturelle Kombination der reflektierenden Ebene **24x**, den nicht fotoempfindlichen Segmenten **30Ax-30Fx** und der fotoempfindlichen Segmenten **28Ax-28Fx**, zusammen mit den Leitern **50x-60x** eingefangen.

[0090] Die Infrarotenergie wird zu den fotoempfindlichen Elementen **28Ax-28Ex** übertragen, sowie zu entsprechenden Elementen, wobei die Struktur als gesamtes eine substantielle Impedanzanpassung mit dem einfallenden Feld bereitstellt. Der Sinn der nicht-fotoempfindlichen Elemente **30Ax-30Fx** liegt darin, die Impedanzanpassung zu verbessern und einen kontinuierlichen dc-Strompfad bereitzustellen, um den fotoerzeugten Signalstrom zu extrahieren. Das Fotostromdetektionssignal, das durch die fotoempfindlichen Elemente erzeugt worden ist, wird durch die dc-vorgespannten Elektrodenanschlußflächen **46x** und **48x** entnommen.

[0091] Die Leiter **50x-60x** können sich über den oberen Teil des Detektors **20x** erstrecken und sind vorzugsweise in einem Abstand von 8 µm voneinander angeordnet. Die Leiter **50x-60x** können sich über ein Array von Detektoren **20x** erstrecken und dienen dazu, die Sammlung der einfallenden Infrarotstrahlung zu verbessern. Ohne die Leiter **50x-60x** sammelt der Detektor **20x** ungefähr 50% der einfallenden Infrarotstrahlung über das Wellenlängenband von 8-12 µm. Unter Einbeziehung der Leiter **50x-60x** hingegen wird die Sammlung von einfallender Strahlung auf bis zu ungefähr 70% über das jeweilige interessierende Band erhöht. Die Leiter **50x-60x** reduzieren die Polarisationsempfindlichkeit des Detektors **20x**. Diese Prozentsätze sind durch Computersimulationen für die beschriebene Struktur ermittelt worden.

[0092] Der Detektor **20x** ist desweiteren in einer Schnittansicht in [Fig. 2x](#) dargestellt. Diese Schnittansicht ist entlang der Linie 2x-2x der [Fig. 1x](#) entnommen.

[0093] Der Detektor **20x**, der in den [Fig. 1x](#) und [Fig. 2x](#) dargestellt ist, kann ein einzelnes Pixel innerhalb eines Bildes darstellen. Ein zweidimensionales

Array von Detektoren **20x**, wie in [Fig. 13x](#) dargestellt, kann dazu verwendet werden, ein Infrarotbild zu erzeugen.

[0094] Eine Sequenz von Schritten zum Herstellen des Detektors **20x** gemäß der Lehre der vorliegenden Erfindung ist in den [Fig. 3Ax-Fig. 3Kx](#) dargestellt. Wie in [Fig. 3Ax](#) dargestellt, wird zunächst ein Substrat **70x** bereitgestellt, welches vorzugsweise aus Cadmium-Zink-Tellurid besteht, das eine Kristallorientierung von 2° zu der <100> Ebene aufweist (a crystal orientation of 2° off <100>). Das Substrat **70x** weist eine Dicke von ungefähr 2 mm auf. Auf der Oberfläche des Substrates **70x** ist eine Schicht **72x** aus Quecksilber-Cadmium-Tellurid aufgewachsen, welches ein Legierungsverhältnis von x=0,2 aufweist und eine Dicke von ungefähr 2,0 µm. Auf die Oberfläche der Schicht **72x** ist eine Schicht **74x** aus Quecksilber-Cadmium-Tellurid aufgewachsen, welches ein Legierungsverhältnis von x=0,15 aufweist, mit einer Dicke von ungefähr 0,5 µm. Auf der Oberfläche der Schicht **74x** wird eine Schicht **76x** aus Cadmium-Tellurid bereitgestellt. Die Schicht **76x** enthält kein Quecksilber und weist daher ein Legierungsverhältnis von x=1,0 auf. Die Schicht **76x** weist eine maximale bevorzugte Dicke von 1 µm auf. Jede dieser Schichten **72x**, **74x** und **76x** wird vorzugsweise mittels eines Epitaxieverfahrens unter Verwendung eines metallorganischen Vakuumverdampfungsverfahrens (MOCVD) oder der Molekularstrahlepitaxie (MBE) gebildet.

[0095] In [Fig. 3Bx](#) ist ein Schritt zum Präzisionsverdünnen der CdTe-Schicht **76x** mittels entweder nassem Ätzen unter Verwendung von verdünntem Brom-Methanol oder mittels Trockenplasmaätzen mit freien Methylradikalen. Die bevorzugte Möglichkeit ist das Trockenplasmaätzen. Die Enddicke wird mittels der NIR (Nahinfrarot) Interferenzspektroskopie bei 0,8-2,5 µm bestimmt. Das Trockenplasmaätzen kann mittels eines Sekundärnachglühreaktors (secondary afterglow reactor) durchgeführt werden. In einem derartigen Reaktor wird eine Mikrowellenentladung in einem Flour Quellengas erzeugt. Dies erzeugt ein fließendes Nachglühen. Das Methan wird in das fließende Nachglühen injiziert, um die Methylradikale zu erzeugen, die das Cadmium-Tellurid ätzen. Die Ausrüstung zur Durchführung dieses Verfahrens wird durch die Firma PlasmaQuest, Inc. of Richardson, Texas hergestellt.

[0096] In [Fig. 3Cx](#) wird ein Fotoresist auf die Oberfläche der Schicht **76x** aufgebracht und mittels Verwendung von Fotolithographietechniken werden die Schichten **76x** und **74x** geätzt, um die isolierenden Blöcke **76Ax** und **76Bx** sowie die fotoempfindlichen Segmente **74Ax** und **74Bx** zu erzeugen. Ein gewählter Fotoresist ist AZ5214 und ein gewähltes Ätzmittel ist ein freies Methylradikal, wie oben beschrieben. Die isolierenden Blöcke **76Ax** und **76Bx** entsprechen

den isolierenden Blöcken **26Ax-26Ex** aus [Fig. 1x](#). Gleichsam entsprechen die fotoempfindlichen Segmente **74Ax-74Bx** den fotoempfindlichen Segmenten **28Ax-28Ex**, wie in [Fig. 1x](#) dargestellt.

[0097] In [Fig. 3Dx](#) wird ein Zinksulfidfüllmaterial **78x** verwendet, das die offenen Bereiche zwischen den geätzten Stapeln, die die Blöcke **76Ax-76Bx** und die Segmente **74Ax-74Bx** umfassen, füllt. Das Füllmaterial **78x** erstreckt sich bis zur Oberfläche der Blöcke **76Ax** und **76Bx**. Das Füllmaterial **78x** wird vorzugsweise mittels einem Elektronenstrahlverdampfungsverfahren aufgebracht.

[0098] In [Fig. 3Ex](#) wird die reflektierende Ebene **24x** mittels einer Elektronenstrahlverdampfung von Aluminium auf die obere Oberfläche des Füllmaterials **78x** und die Oberfläche der Blöcke **76Ax** und **76Bx** aufgebracht. Die Aluminiumschicht, die die Ebene **24x** umfaßt, weist vorzugsweise eine Dicke von ungefähr 500-1000 Å auf. Diese Ebene wirkt reflektierend für Infrarotstrahlung.

[0099] In [Fig. 3Fx](#) wird auf die Oberfläche der Ebene **24x** eine Kleberschicht **80x** aufgebracht, welche vorzugsweise aus einem Harz besteht, wie beispielsweise das "Epoxy Technology 301-2". Die Schicht **80x** weist eine Dicke von ungefähr 0,5 µm auf. Die Harzschicht **80x** entspricht der Schicht **23x**, die in [Fig. 1x](#) dargestellt ist. Ein Superstrat, welches dem Substrat **22x** in [Fig. 1x](#) entspricht, wird auf die Harzkleberschicht **80x** aufgebracht, so daß das Superstrat, das Substrat **22x**, mit der Struktur verbunden wird, die die reflektierende Ebene **24x**, das Füllmaterial **78x**, die Blöcke **76Ax**, **76Bx**, die Segmente **74Ax**, **74Bx**, die Schicht **72x** und das Substrat **70x** umfaßt.

[0100] In [Fig. 3Gx](#) ist ein weiterer Schritt in dem Herstellungsverfahren zum Erzeugen des Detektors **20x** dargestellt. In dem in [Fig. 3Gx](#) dargestellten Schritt ist das Substrat **70x** entfernt worden, vorzugsweise mittels eines Ätzverfahrens. Desweiteren wurde die Orientierung der Einrichtung mittels einer 180° Drehung geändert. Dies wurde in [Fig. 3Gx](#) gemacht, um die Beschreibung des Verfahrens verständlicher zu machen und um die sich ergebende Einrichtung in der gleichen Orientierung bereitzustellen, wie den Detektor **20x** in [Fig. 1x](#).

[0101] Das Substrat **70x** kann mittels einer beliebigen Technik aus einer Vielzahl von Techniken entfernt werden, wie beispielsweise mit Lappen oder mit konventionellem Ätzen. Eine bevorzugte Technik ist das Ätzen mittels einer Technik, die in einem Artikel mit dem Titel "Selective Etching of CdTe and ZnCdTe Substrate form HgCdTe Epilayers" von G. M. Metze, D. L. Spears und N. P. Walsh der Lincoln Laboratory, MIT, veröffentlicht in "Proceedings of the 1985 Meeting of the IRIS Specialty Group on Infrared Detectors", abgehalten vom 6-8. August 1985, Vol. 2, Sei-

ten 123-132 vom 7. August 1985, beschrieben wurde.

[0102] In [Fig. 3Hx](#) wird die Schicht **72x** mittels fotolithographischer Verfahren geätzt, um die überbrückenden Segmente **72Ax**, **72Bx** und **72Cx** zu erzeugen. Ein gewählter Fotoresist ist AZ5214 und ein gewähltes Ätzmittel sind freie Methylradikale, wie oben beschrieben. Diese Segmente entsprechen den nicht-fotoempfindlichen Segmenten **30Ax-30Fx**, die in [Fig. 1x](#) dargestellt sind.

[0103] In [Fig. 3Ix](#) ist ein Schritt zum Anordnen der Aluminiumleiter **82x**, **84x** und **86x** dargestellt, die den Leitern **50x-60x** entsprechen. Dies wird mittels Verwendung der konventionellen Aluminiumelektronenstrahlverdampfungs-Fotolithographie durchgeführt. Indiumleiter für die Anschlußflächen **46x** und **48x** werden in einem nachfolgenden Schritt gebildet.

[0104] In [Fig. 3Jx](#) wird eine passivierende Schicht **88x** auf die Oberfläche der Leiter **82x-86x**, den freien Oberflächen der Segmente **72Ax**, **72Bx** und **72Cx** sowie auf die freien Oberflächen der Segmente **74Ax** und **74Bx** aufgebracht. Daher wird die gesamte freie Oberfläche der Einrichtung von der passivierenden Schicht **88x** bedeckt. Die Schicht **88x** besteht vorzugsweise aus Zinksulfid mit einer Dicke von ungefähr 0,1 µm.

[0105] In [Fig. 3Kx](#) ist symbolisch der Schritt des Anheftens von Leitungen an die geeigneten Oberflächenleiter der Einrichtung dargestellt, gefolgt durch Verpacken der Einrichtung. Dieser Schritt besteht aus konventionellem Leiteranheften und Verpacken von Halbleitereinrichtungen.

[0106] Die Infrarotabsorptionscharakteristiken für fotoempfindliche und fotounempfindliche Segmente, die in den [Fig. 1x-3x](#) dargestellt sind, sind in [Fig. 4x](#) gezeigt. Der Ausdruck "fotoempfindlich" bezieht sich auf das jeweils interessierende Infrarotband. Das Diagramm von [Fig. 4x](#) zeigt die Infrarotstrahlungsabsorptionscharakteristiken für Quecksilber-Cadmium-Tellurid (MCT). Die Kurve **90x** zeigt die Absorptionscharakteristik für MCT, welches ein Legierungsverhältnis von ungefähr x=0,2 aufweist. Wie der Kurve zu entnehmen ist, ist MCT mit diesem Verhältnis für Infrarotstrahlung im wesentlichen im Bereich von 4-8 µm absorbierend. Die Kurve **92x** zeigt das Absorptionsverhalten von MCT, welches einen x-Wert von x=0,15 aufweist. Wie der Kurve zu entnehmen ist, weist das MCT mit diesem Verhältnis eine hohe Absorption in dem Bereich von 8-12 µm auf. Diese Absorptionskurven gelten für MCT bei Raumtemperatur. Die Kurve **90x** entspricht den nicht fotoempfindlichen Brückensegmenten **30Ax-30Fx**. Die Kurve **92x** repräsentiert die fotoempfindliche Charakteristik der Segmente **28Ax-28Ex**.

[0107] In [Fig. 5x](#) ist eine Infrarotabsorptionskurve **94x** dargestellt, welche das Gesamtinfrarotabsorptionsverhalten der Einrichtung **20x** darstellt, die in den [Fig. 1x](#) und [Fig. 2x](#) dargestellt ist. Wie dem Diagramm zu entnehmen, weist diese Einrichtung einen hohen Absorptionsprozentsatz in dem Bereich von 8-12 μm auf. Die Absorption erreicht bei einer Wellenlänge in dem interessierenden Band nahezu 100%. Dieser Wellenlängenbereich ist von grundsätzlichem Interesse bei der thermischen Abbildung. Die Absorptionskurve wurde mittels eines Computermodells für den Detektor **20x** bestimmt.

[0108] Eine weitere Detektorausführung ist der Strahlungsdetektor **90x**, der in [Fig. 6x](#) dargestellt ist. Der Detektor **90x** ist eine nicht polarisierte Ausführungsform des in [Fig. 1x](#) dargestellten Detektors **20x**. Der Detektor **90x** weist ähnliche Grundstrukturen **22x**, **23x** und **24x** auf. Indessen sind die langgezogenen Leiter **50x-60x** durch zusätzliche langgezogene Strukturen ersetzt, die den Detektor **90x** polarisationsunempfindlich machen. Der Detektor **90x** sammelt sowohl horizontal als auch vertikal polarisierte Infrarotstrahlung. Der Detektor **90x** weist eine Mehrzahl von langgezogenen Strukturen **92x**, **93x**, **94x**, **95x** und **96x** auf. Die Struktur **92x** wird im folgenden detailliert als Repräsentant der anderen Strukturen beschrieben werden. Die Struktur **92x** enthält rechteckige isolierende Blöcke **98Ax**, **98Bx**, **98Cx**, **98Dx** und **98Ex**. Diese entsprechen den Blöcken **26Ax-26Ex**, die in [Fig. 1](#) dargestellt sind.

[0109] Auf der Oberfläche der Blöcke **98Ax-98Ex** sind ähnlich geformte fotoempfindliche Segmente **100Ax**, **100Bx**, **100Cx**, **100Dx** und **100Ex** aufgebracht. Diese entsprechen den fotoempfindlichen Segmenten **28Ax-28Ex**, die in [Fig. 1](#) dargestellt sind. Der Detektor **90x** enthält desweiteren x-förmige nicht fotoempfindliche Brückensegmente **101x**, **102x**, **103x** und **104x**. Diese bestehen aus dem gleichen Material wie die Segmente **30Ax-30Ex**, die in [Fig. 1](#) dargestellt sind. Das Segment **101x** bildet eine Brücke über die Segmente **100Ax** und **100Bx**. Die Segmente **102x**, **103x** und **104x** bilden in ähnlicher Weise eine Brücke über entsprechende fotoleitende Segmente.

[0110] Transversal zu den Strukturen **92x-96x** werden Strukturen **105x**, **106x**, **107x** und **108x** bereitgestellt. Die Struktur **108x** wird im folgenden im Detail als ein Repräsentant der verbleibenden parallelen Strukturen **105x-107x** beschrieben werden. Die Struktur **108x** enthält isolierende Blöcke **110Ax**, **110Bx**, **110Cx**, **110Dx**, **110Ex** und **110Fx**. Diese entsprechen in ihrer Größe und in ihrem Material den Blöcken **26Ax-26Ex**, die in [Fig. 1x](#) dargestellt sind.

[0111] Auf der Oberfläche der Blöcke **110Ax-110Fx** sind entsprechende fotoempfindliche Segmente **112Ax**, **112Bx**, **112Cx**, **112Dx**, **112Ex** und **112Fx** auf-

gebracht. Diese entsprechen in ihrer Größe und Material den fotoempfindlichen Segmenten **28Ax-28Ex**, die in [Fig. 1x](#) dargestellt sind.

[0112] Das nicht fotoempfindliche Brückensegment **101x** überbrückt gleichsam die fotoempfindlichen Segmente **112Ax** und **112Bx**. Entsprechende Brückensegmente **113x**, **114x**, **115x** und **116x** in der Struktur **108x** überbrücken entsprechende Elemente **112Bx-112Fx**.

[0113] Die Herstellung des Detektors **90x** ist praktisch die gleiche wie die zuvor beschriebene für den Detektor **20x**, aber mit geeignet geänderten Masken, um die zusätzlichen Elemente und die geänderten Formen zu erzeugen.

[0114] Der Detektor **90x** umfaßt des weiteren leitende Teile **124x** und **126x**. Das Teil **124x** besteht aus dem gleichen Material wie die Brückenstrukturen, nämlich die Strukturen **101x-104x**, und ist eine Verlängerung dieser Teile an der Kante des Detektors **90x**. Auf der Oberfläche des Teiles **124x** wird eine Verbindungsanschlußfläche **125x** bereitgestellt, welche vorzugsweise aus einem Indiumkontakt besteht. Das leitende Teil **126x** entspricht dem Teil **124x** und weist eine ähnliche Verbindungsanschlußfläche **127x** auf sich auf. Die Teile **124x** und **126x** werden durch jeweils isolierende Teile **128x** und **129x** getragen. Eine DC-Vorspannung für den Detektor **90x** wird zwischen den Anschlußflächen **125x** und **127x** angelegt und das detektierte Signal wird gleichfalls von ihnen entnommen.

[0115] Der Detektor **90x** arbeitet in der gleichen Art und Weise wie der zuvor beschriebene Detektor **20x**, er weist allerdings eine verbesserte Leistungsfähigkeit infolge der Sammlung von transversal polarisierter einfallender Strahlung auf. Dies macht die Leiter **50x-60x**, die in [Fig. 1x](#) dargestellt sind unnötig.

[0116] Ein weiterer Strahlungsdetektor **200x**, der in Übereinstimmung mit der Lehre der vorliegenden Erfindung hergestellt wurde, ist in den [Fig. 7x](#), [Fig. 8x](#) und [Fig. 9x](#) dargestellt. Der Detektor **200x** ist gleichsam entworfen, um einfallende Infrarotstrahlung in dem Wellenlängenbereich von 8-12 μm einzufangen. Elemente des Detektors **200x** sind auf einem dielektrischen Substrat **212x** aufgebracht, welches beispielsweise aus Cadmium-Tellurid besteht, genau wie das Substrat **22x**, das in [Fig. 1x](#) dargestellt ist. Eine Mehrzahl von elektrisch leitenden, segmentierten, langgezogenen Teilen **214x**, **216x**, **218x**, **220x**, **222x** und **224x** sind auf die Oberfläche des Substrates **212x** aufgebracht. Eine repräsentative Abmessung für jedes dieser Teile umfaßt eine Breite von 1,0 μm , eine Dicke von 0,5 μm , und eine Länge von 50 μm .

[0117] Bei gegenüberliegenden Enden der Teile

214x-224x sind elektrisch leitende Endteile **226x** und **228x** bereitgestellt, welche die Enden der Teile **214x-224x** parallel verbinden. Die Teile **226x** und **228x** sind vorzugsweise aus dem gleichen Material wie die nicht fotoempfindlichen aber leitenden Segmente, wie die Segmente **30Ax-30Fx**, die in [Fig. 1x](#) dargestellt sind. Jedes der Teile **226x** und **228x** weist vorzugsweise eine Breite von ungefähr 2-5 µm und eine Dicke von ungefähr 0, 5 µm auf. Das Teil **226x** weist auf einer Oberfläche von ihr eine Anschlußfläche **227x** auf, die vorzugsweise eine Indiumschiicht ist. Das Teil **228x** weist in ähnlicher Weise eine leitende Anschlußfläche **229x** auf sich auf.

[0118] Jedes der Teile **214x-224x** weist eine Mehrzahl von Segmenten entlang seiner Länge auf. Ein bevorzugtes Material für diese langgezogenen Teile ist Quecksilber-Cadmium-Tellurid. Die fotoempfindlichen Charakteristiken dieses Materials werden durch die Verhältnisse der Quecksilber- und Cadmium-Elemente bestimmt. Jedes der Teile **214x-224x** enthält Quecksilber-Cadmium-Tellurid, aber alternierende Segmente weisen verschiedene Legierungsverhältnisse auf, welche das fotoempfindliche Verhalten der Segmente bezüglich der Wellenlänge der einfallenden Strahlung ändern. Für diese Ausführungsform weist jedes fotoempfindliche Segment eine Länge von ungefähr 3 µm auf, und jedes nicht fotoempfindliche Segment eine Länge von ungefähr 5 µm.

[0119] Das Teil **224x** wird im folgenden als Repräsentant für alle Teile **214x-224x** beschrieben werden. Das Teil **224x** besteht aus Segmenten **224Ax-224Kx**, die in Reihe verbunden sind. Das Segment **224Ax** ist elektrisch mit dem leitenden Teil **226x** verbunden. Das Segment **224Kx** ist in ähnlicher Weise mit dem elektrisch leitenden Teil **228x** verbunden.

[0120] Jedes der Teile **214x-224x** ist aus Quecksilber-Cadmium-Tellurid hergestellt, aber die Legierungsverhältnisse der Segmente sind verschieden. Für Betrieb bei Raumtemperatur weisen die Segmente **224Ax**, **224Cx**, **224Ex**, **224Gx** und **224Hx** x-Werte größer gleich 0,2 auf, was ausreicht, das Material für Infrarotstrahlung in dem interessierenden Wellenlängenbandbereich, d. h. von 8-12 µm, transparent zu machen. Für die Segmente **224Bx**, **224Dx**, **224Fx**, **224Hx** und **224Jx** beträgt der Wert des Legierungsverhältnisses von x ungefähr 0,15, was das Material absorbierend, d. h. fotoempfindlich, in dem Wellenlängenbereich von 8-12 µm macht. Demnach werden die Segmente **224Bx**, **224Dx**, **224Fx**, **224Hx** und **224Jx** fotoempfindlich, während die verbleibenden Segmente in dem interessierenden Wellenlängenbandbereich nicht fotoempfindlich sind. Demnach entsprechen die Segmente **224Ax**, **224Cx**, **224Ex**, **224Gx**, **224Ix** und **224Kx** den nicht fotoleitenden Segmenten **30Ax-30Fx**, die in [Fig. 1x](#) dargestellt sind. Auf ähnliche Art und Weise entspricht die Zu-

sammensetzung und die Funktion der Segmente **224Bx**, **224D**, **224Fx**, **224Hx** und **224Jx** den fotoempfindlichen Segmenten **28Ax-28Ex**, die in [Fig. 1x](#) dargestellt sind.

[0121] Der Detektor **200x** ist in einer Schnittansicht in [Fig. 8x](#) dargestellt. Eine reflektierende Ebene der Schicht **236x**, welche vorzugsweise eine Schicht aus Aluminium ist und die eine Dicke von ungefähr 500-1000 Å aufweist, wird von den Teilen **214x-224x** um eine Distanz von weniger als 0,5 µm verschoben, was weniger als die Wellenlänge der interessierenden Strahlung ist. Eine Schicht **235x** aus Zinksulfid wird zwischen den Schichten **236x** und dem Substrat **212x** angeordnet. Der bevorzugte Verschiebungsabstand ist ein Viertel der optischen Wellenlänge der Strahlung beim Zentrum des interessierenden Bandes. Die Strahlungswellenlänge innerhalb des Detektormaterials ist erheblich kürzer als im freien Raum.

[0122] Ein zusätzlicher Substratbereich **238x** kann unterhalb der reflektierenden Schicht **236** bereitgestellt werden, um die strukturelle Integrität zu erhöhen. Der Substratbereich **238x** wird mit der reflektierenden Schicht **235x** mittels einer Harzschicht **237x** verbunden. Das Substratmaterial **238x** kann das gleiche sein wie das des Substrates **212x**.

[0123] Die reflektierende Ebene, nämlich die Schicht **236x**, kann optional eine dielektrische Diskontinuität zwischen den Substraten **212** und **236** sein, wobei die Diskontinuität dazu dient, die Infrarotstrahlung zu reflektieren. Derartige Diskontinuitäten können durch die benachbarten Substratschichten bereitgestellt werden, die verschiedene dielektrische Indizes aufweisen. In einer derartigen Konfiguration wird die Aluminiumschicht **236x** nicht benötigt.

[0124] In den [Fig. 7x-Fig. 9x](#) dargestellten Ausführungsformen beträgt die gewählte Dicke der Teile **214x-224x** 0,5 µm. Eine gewählte Dicke des unteren Substrates **238x** ist 2 mm.

[0125] Der Betrieb des Detektors **200x** wird im folgenden unter Bezugnahme auf die [Fig. 7x-Fig. 9x](#) beschrieben. Infrarotstrahlung wird durch eine Linse (welche in [Fig. 13x](#) dargestellt ist) zu der Oberfläche des Detektors **200x** geleitet. Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, einen hohen Prozentsatz der einfallenden Strahlung einzufangen und die Energie der Strahlung zu den fotoempfindlichen Detektorelementen zu leiten. Diese umfassen die fotoempfindlichen Segmente wie **224Bx**, **224Dx**, etc., welche ein Detektionssignal erzeugen, das proportional zu der Amplitude der einfallenden Strahlung ist. Infrarotstrahlung wird, für das bevorzugte Beispiel, durch die Kombination der Strukturen eingefangen, die aus der reflektierenden Schicht **236x**, und der Struktur der langgezogenen Teile **214x-224x** besteht, welche sowohl nicht fotoempfindliche als auch fotoempfindliche

Segmente enthält.

[0126] Die fotoempfindlichen Segmente **28Ax-28Ex** ([Fig. 1x](#)) und die Segmente **224Bx**, **224Dx**, **224Fx**, **224Hx** und **224Jx** ([Fig. 6x](#)) weisen die folgenden physikalischen Eigenschaften auf:

1. Eine von Null verschiedene Leitfähigkeit, d. h. sie leiten DC-Strom.
2. Ihre Infrarotstrahlungsleitfähigkeit ist endlich, nicht Null.
3. Sie sind dielektrisch mit einem bevorzugten Index n zwischen $n=3,6-3,8$.
4. Das Legierungsverhältnis x ist vorzugsweise 0,15 bei Raumtemperatur.
5. Sie weisen eine von Null verschiedene Infrarotstrahlungsabsorption auf.

[0127] Die nicht fotoempfindlichen Segmente **30Ax-30Fx** ([Fig. 1x](#)) und die Segmente **224Ax**, **224Cx**, **224Ex**, **224Gx** und **224Ix** und **224Kx** (vgl. [Fig. 6x](#)) weisen die folgenden physikalischen Eigenschaften auf

1. Eine von Null verschiedene Leitfähigkeit, d. h. sie leiten einen DC-Strom.
2. Ihre Infrarotstrahlungsleitfähigkeit ist Null.
3. Das Legierungsverhältnis x ist vorzugsweise größer als 0,2 bei Raumtemperatur.
4. Sie sind dielektrisch mit einer bevorzugten Konstante von $n=3,6$.
5. Sie weisen keine Infrarotabsorptionen auf.

[0128] Eine weitere Ausführungsform, welche in Übereinstimmung mit der Lehre der vorliegenden Erfindung hergestellt worden ist, ist in [Fig. 10x](#) dargestellt. Ein Detektor **300x** weist eine Struktur auf, wie die in [Fig. 9x](#) gezeigte, allerdings mit zusätzlichen leitenden Leitungen **302x**, **304x**, **306x** und **308x**. Die verbleibenden Strukturelemente sind die gleichen wie die in [Fig. 9x](#) und sind mit den gleichen Bezugszeichen versehen. Die leitenden Leitungen **302x**, **304x**, **306x** und **308x** sind vorzugsweise aus Aluminium und erstrecken sich transversal über die langgezogenen Teile **214x-224x** hin.

[0129] Die leitenden Aluminiumleitungen **302x-308x** sind jeweils unabhängig und sind nicht miteinander oder mit einem anderen Element des Detektors **300x** verbunden. Die Leitungen **302x-308x** dienen dazu, um das Sammeln von Strahlung mittels des Detektors **300x** zu verbessern, genau wie die Leiter **50x-60x**, die in [Fig. 1](#) dargestellt sind.

[0130] Für die Detektoren **200x** und **300x** wird ein DC-Vorspannsignal zwischen den elektrisch leitenden Teilen **226x** und **228x** angelegt. Die fotoempfindlichen Detektorsegmente erzeugen Ladungsträger und wechseln ihre Impedanz beim Empfang von infraroter Strahlung. Diese Impedanzwechsel modifizieren das angelegte Vorspannsignal. Amplitudenänderungen in dem Vorspannsignal enthalten das de-

tektierte Signal.

[0131] Für den Detektor **300x** enthält die Einfangsstruktur auch die Sammlung von leitenden Leitungen, welche die Leitungen **302x-303x** enthalten. Diese strukturelle Kombination kann einen hohen Prozentteil der gesamt einfallenden Strahlung in einem gegebenen Band einfangen. Ein Diagramm des Einfanges derartiger Strahlung für den Detektor **300x**, das auch in [Fig. 5x](#) gezeigt ist, wurde durch ein theoretisches Modell ermittelt. Der erreichte Prozentsatz nähert sich 100% für die Designwellenlänge.

[0132] Das Verfahren zur Herstellung der Detektoren **200x** und **300x** in Übereinstimmung mit der Lehre der vorliegenden Erfindung ist in den **11Ax-11Lx** dargestellt. In **11Ax** ist ein Substrat **250x** dargestellt, welches vorzugsweise aus Cadmium-Tellurid ist und eine Dicke von 2 mm aufweist. Eine Quecksilber-Cadmium-Telluridschicht **213x** ist mittels MOCVD oder MBE-Verfahren auf die Oberfläche des Substrates **250x** aufgewachsen. Eine Schicht **212x** von Cadmium-Tellurid ist auf die Oberfläche der Schicht **213x** aufgewachsen. Die Schicht **213x** weist eine Dicke von vorzugsweise 2 μm auf, wohingegen die Schicht **212x** eine Dicke von vorzugsweise 0,5 μm hat.

[0133] Unter Bezugnahme auf die [Fig. 11Bx](#) wird die Schicht **212x** aus Cadmium-Tellurid mittels einem von beliebigen Verfahren verdünnt. Das Material, aus dem die Schicht **212x** besteht, kann mittels nassem Ätzen oder trockenem Ätzen verdünnt werden. Das nasse Ätzen kann mittels Zuhilfenahme von verdünntem Brommethanol durchgeführt werden. Das trockene Ätzen kann mittels der Verwendung von freien Methylradikalen, wie unter Bezugnahme auf [Fig. 3Bx](#) beschrieben, durchgeführt werden. Typischerweise ist das nasse Ätzen im Materialentfernen schneller, aber das trockene Ätzen kann besser gesteuert werden, um ein präzises Ätzen der Schicht **212x** zu erreichen. Die gewünschte Enddicke der Schicht **212x** ist ungefähr 0,3 μm . Dies kann mittels der Verwendung von NIR (Nahinfrarot) Interferenzspektroskopie bei 0,8-2,5 μm gemessen werden. Die Schicht **212x** wird genauestens verdünnt, um den Abstand zwischen den fotoempfindlichen Elementen und der reflektierenden Ebene zu justieren.

[0134] In [Fig. 11Cx](#) ist dargestellt, wie eine isolierende Schicht **235x** aus Zinksulfid auf der Oberfläche der verdünnten Cadmium-Telluridschicht **212x** aufgebracht wird. Eine Schicht **236x** aus Aluminium, welche als reflektierender Spiegel dient, wird auf der Oberfläche der Zinksulfidschicht **235x** aufgebracht. Die bevorzugte Dicke der Zinksulfidschicht **235x** beträgt 0,1 μm , wohingegen die bevorzugte Dicke der Aluminiumschicht **236x** in dem Bereich zwischen 500 und 1000 Å liegt. Die Zinksulfidschicht dient als zusätzlicher Isolator, um einen Leckstrom von den foto-

empfindlichen Segmenten und Leitern in das Substrat zu verhindern. Wenn die Cadmium-Telluridschicht **212x** von ausreichend reiner Qualität ist, stellt sie einen hervorragenden Isolator dar und eine zusätzliche Schicht **235x** aus Zindsulfid wird dann nicht mehr benötigt.

[0135] In [Fig. 11Dx](#) wird eine Superstruktur, welche das Substrat **238x** umfaßt, mittels der Verwendung einer Harzschicht **237x** mit der Oberfläche der Aluminiumschicht **236x** verbunden.

[0136] In [Fig. 11Ex](#) wird das Substrat **250x** von der Gesamtstruktur mittels einem beliebigen von vielen möglichen Verfahren entfernt. Dies geschieht in der gleichen Art und Weise, wie vorher im Zusammenhang mit dem Entfernen des Substrates **70x** in Bezugnahme auf die [Fig. 3Fx](#) und [Fig. 3Gx](#) beschrieben worden ist. Wie dort beschrieben wurde, kann die Schicht **70x** mittels mechanischem Läppen oder Ätzen unter Verwendung der beschriebenen Verfahren entfernt werden. In [Fig. 11Ex](#) ist die Struktur um 180° gedreht worden, um die Beschreibung der nachfolgenden Schritte zu erleichtern und um der Orientierung der dargestellten Detektoren **200x** und **300x** zu entsprechen.

[0137] In [Fig. 11Ex](#) wird die Schicht **213x** auf eine gewünschte Dicke von ungefähr 0,5 µm verdünnt. Das Material kann entfernt werden, indem ein beliebiges von verschiedenen Verfahren verwendet wird, inklusive mechanisches Läppen und Ätzen, entweder naß oder trocken. Ein ausgewähltes nasses Ätzmittel ist verdünntes Brommethanol. Trockenätzen kann genauso durchgeführt werden, wie zuvor im Zusammenhang mit der Schicht **76x** von [Fig. 3Bx](#) beschrieben wurde. Die Dicke der Schicht **213x** kann mittels der Verwendung von Infrarotinterferenzspektroskopie gemessen werden.

[0138] In [Fig. 11Fx](#) wird die Schicht **213x** in einem fotolithographischen Verfahren geätzt, wobei AZ5214 als ein gewählter Fotoresist und freie Methylradikale, wie zuvor beschrieben, als Ätzmittel verwendet werden. Dieses Verfahren erzeugt eine Mehrzahl von fotoempfindlichen Segmenten **213Ax**, **213Bx** und **213Cx**. Diese entsprechen den fotoempfindlichen Segmenten **224Bx**, **224Dx**, etc., die in [Fig. 9x](#) dargestellt sind. Eine perspektivische Ansicht der in dem Schritt von [Fig. 11Fx](#) erzeugten Struktur ist in der [Fig. 11Gx](#) dargestellt.

[0139] In [Fig. 11Hx](#) wird eine Schicht aus Quecksilber-Cadmium-Tellurid **240x**, welche ein Legierungsverhältnis von $x=0,2$ aufweist, mittels MOCVD oder MBE auf die Oberfläche der Struktur aufgewachsen. Die Schicht **240x** bedeckt die Oberfläche der Schicht **212x** genauso wie die Detektorsegmente **213Ax**, **213Bx** und **213Cx**.

[0140] In der Draufsicht auf den Detektor **200x** oder **300x** gemäß [Fig. 11Ix](#) wird die Schicht **240x** gemustert und mittels fotolithographischer Verfahren geätzt, um das Material der Schicht **240x** zu entfernen, das zwischen den zuvor gebildeten Zeilen der fotoempfindlichen Segmente angeordnet ist, wie eine Zeile, die die Segmente **213Ax**, **213Bx** und **213Cx** enthält. Die fotoempfindlichen Segmente sind zwischen den gestrichelten Linien angedeutet.

[0141] In der [Fig. 11Jx](#) wird die Schicht **240x** weitergeätzt, wo sie direkt die zuvor gebildeten fotoempfindlichen Segmente bedeckt, wie bei **213Ax**, **213Bx** und **213Cx**. Das verbleibende zwischengelagerte Material umfaßt die nicht fotoempfindlichen, leitenden Segmente **240Ax** und **240Bx**. Eine Draufsicht der in [11Jx](#) dargestellten Struktur ist in der [11Kx](#) dargestellt. Nun sind kontinuierliche Streifen ausgebildet, welche alternierend Segmente umfassen, die fotoempfindlich sind, mit anderen Segmenten, die leitend aber für die Wellenlänge der interessierenden Infrarotstrahlung nicht fotoempfindlich sind.

[0142] In [Fig. 11Lx](#) ist ein Schritt dargestellt, der das Hinzufügen einer passivierenden Schicht **242x** auf die Oberfläche der Struktur umfaßt. Diese Schicht ist vorzugsweise aus einem Material wie Zinksulfid. Schließlich werden Kontakte bei geeigneten Leitungsteilen des dargestellten Detektors ausgeformt, wie beispielsweise ein Kontakt **244x**. Derartige Kontakte sind vorzugsweise aus Indium. Schließlich werden an der Gesamteinrichtung Leitungen angefügt und sie wird in einer konventionellen Art und Weise verpackt. Wenn ein individueller Detektor benötigt wird, wird ein Infrarotfenster auf der Packung bereitgestellt. In einem Brennebenenarray wird eine Mehrzahl von Einrichtungen in einer evakuierten Umgebung bereitgestellt, in der sie ein Infrarotbild empfangen können.

[0143] Eine schematische Schaltkreisdarstellung des Detektors **20x**, und der ähnlichen Detektoren **90x**, **200x** und **300x** ist in [Fig. 12x](#) dargestellt. In [Fig. 12x](#) werden die Detektorsegmente, nämlich die fotoempfindlichen Segmente in dem Infrarotdetektor, als Signalquellen **28Ax-28Ex** dargestellt, welche zwischen den leitenden Anschlußflächen **46x** und **48x** ([Fig. 1x](#)) verbunden sind. Ein Vorspannsignal wird von einer DC-Quelle **314x** angelegt, welche in Reihe mit einem Lastwiderstand **321x** zwischen den leitenden Anschlußflächen **46x** und **48x** verbunden ist. Wenn die Detektoren, die die Segmente **28Ax** und **28Ex** enthalten, Energie einer eingefangenen Infrarotstrahlung empfangen, wird diese Energie in eine Impedanzvariation übersetzt, die die Amplitude des DC-Vorspannsignales alterniert und ein Detektionssignal zwischen den Ausgangsanschlüssen **320x** und **322x** erzeugt. Dies ist das Ausgangssignal für ein einzelnes Pixelelement in einem Array derartiger Schaltkreise.

[0144] Ein Detektorarray **324x** ist in [Fig. 13x](#) dargestellt. Das Array **324x** umfaßt eine Mehrzahl von einzelnen Pixeldetektoren, wie durch die Detektoren **326x** dargestellt. Die Detektoren **326x** können beliebige der Detektoren **20x**, **90x**, **200x** oder **300x** sein, wie sie in den [Fig. 1x](#), [Fig. 6x](#), [Fig. 7x](#), [Fig. 9x](#) und [Fig. 10x](#) dargestellt sind. Alle der Detektoren innerhalb des Arrays **24x** können eine gemeinsame Vorspannleitung haben, aber jede muß eine separate Ausgangssignalleitung haben, mit Leitungen **328x** für die Detektoren **326x**. Jeder der Pixeldetektoren innerhalb des Arrays **324x** hat eine separate Signalleitung.

[0145] Das Array **324x** ist ein Teil eines Infrarotabbildungssystems **325x**. Die Sammlung von allen Pixeldetektoren innerhalb des Arrays **324x** kann ein Bild als ein Ergebnis des Fokussierens von Infrarotstrahlung auf die Oberfläche des Arrays **324x** mittels einer Linse **330x** erzeugen. Das Bild ist das Signal an den Ausgangssignalleitungen, wie den Leitungen **328x**. Darüberhinaus können alle individuellen Pixeldetektoren, wie die Detektoren **326x**, auf einem einzelnen gemeinsamen Substrat hergestellt werden, wie das Substrat **22x**, das in [Fig. 1x](#) dargestellt ist.

[0146] In [Fig. 14x](#) ist ein Infrarotdetektor **400x** dargestellt, welcher eine Mehrzahl von fotoempfindlichen Streifen **402x**, **404x**, **406x**, **408x**, **410x** und **412x** aufweist, die auf einer gemeinsamen Substratschicht **418x** aufgebracht sind. Die Streifen **402x-412x** enthalten Quecksilber-Cadmium-Tellurid (MCT), welches ein x-Verhältnis von ungefähr 0,15 aufweist, entsprechend einer Betriebstemperatur von 300°K. Die Schicht **418x** besteht vorzugsweise aus Cadmium-Tellurid.

[0147] Die Streifen **402x-412x** weisen eine Dicke von ungefähr 0,5 µm auf, eine Breite von ungefähr 1 µm und eine Länge von 50 µm. Die Schicht **418x** ist vorzugsweise 0,3 µm dick.

[0148] Bei gegenüberliegenden Enden der Streifen **402x-412x** befinden sich leitende Teile **420x** und **422x**, welche vorzugsweise aus Quecksilber-Cadmium-Tellurid sind, und welche ein x-Legierungsverhältnis größer gleich 0,2 aufweisen. Mit diesem Verhältnis sind die Teile **420x** und **422x** elektrisch leitend, aber in dem 8-12 µm Band bei 300°K nicht fotoempfindlich. Indiumkontakte **424x** und **426x** sind jeweils oberhalb der leitenden Teile **420x** und **422x** angeordnet und befinden sich im ohmschen Kontakt mit den Teilen **420x** und **422x**.

[0149] Die Schicht **418x** ist auf einer Schicht **430x** angeordnet, welche Zinksulfid mit einer Dicke von ungefähr 0,1 µm enthält.

[0150] Eine Aluminiumschicht **432x** wird zwischen den Schichten **430x** und einer Harzverbindungs-

schicht **434x** angeordnet. Die Schicht **432x** ist eine Infrarot-reflektierende Ebene und weist eine Dicke von ungefähr 500-1000 Å auf.

[0151] Ein Substrat **436x**, vorzugsweise aus Saphir, weist eine Dicke von ungefähr 2 mm auf. Die Harzschicht **434x** verbindet die Aluminiumschicht **432x** mit dem Substrat **436x**.

[0152] In den [Fig. 15Ax-Fig. 15Hx](#) ist ein Verfahren zur Herstellung eines Detektors dargestellt, wie er in [Fig. 14x](#) gezeigt ist. Dieses Verfahren ähnelt dem Herstellungsverfahren sehr, das in Zusammenhang mit den [Fig. 3Ax-Fig. 3Kx](#) beschrieben wurde. In [Fig. 15Ax](#) wird eine Schicht **442x** aus Quecksilber-Cadmium-Tellurid mit einem x-Wert von x=0,15 auf die Oberfläche einer dielektrischen Platte **440x** aus Cadmium-Zink-Tellurid aufgewachsen. Die Schicht **442x** wird geätzt, wie im folgenden beschrieben werden wird, um zu den Streifen **402x-412x** zu werden. Eine Schicht **418x** aus Cadmium-Tellurid wird auf die Oberfläche der Schicht **442x** aufgewachsen.

[0153] In [Fig. 15Bx](#) wird die Schicht **418x** in der gleichen Art und Weise verdünnt, wie zuvor die Schicht **76x** in [Fig. 3Bx](#).

[0154] In der [Fig. 15Cx](#) wird die Schicht **430x** auf die Oberfläche der Schicht **418x** aufgewachsen. Die Aluminiumschicht **432x** wird auf der Oberfläche der Schicht **430x** ausgebildet, wie zuvor für die Ebene **24x** beschrieben, die in [Fig. 3Ex](#) dargestellt ist.

[0155] In [Fig. 15Dx](#) wird eine Harzschicht **434x** auf die freie Oberfläche der Aluminiumschicht **432** aufgebracht, um das Substrat **436x** mit der verbleibenden Struktur zu verbinden.

[0156] In der [Fig. 15Ex](#) ist die Platte **440x** auf der gleichen Art und Weise entfernt worden, wie das Substrat **70x**, das in [Fig. 3Fx](#) dargestellt ist. Die Struktur wurde in der [Fig. 15Ex](#) bezüglich der in [Fig. 15Dx](#) gezeigten invertiert.

[0157] Die Schicht **442x** wird, wie in [Fig. 15Fx](#) gezeigt, mittels eines Trockenätzverfahrens mit Methylradikalen verdünnt, um die gewünschte Dicke der Streifen **402x-412x** zu erreichen.

[0158] In [Fig. 15Gx](#) wird ein Resist **450x**, wie zuvor beschrieben, auf die Schicht **442** aufgebracht und gemustert, um selektiv die Schicht **242x** zu ätzen, um die Streifen **402x-412x** zu erzeugen. Der Resist **450x** wird dann entfernt.

[0159] In [Fig. 15Hx](#) wird eine passivierende Schicht **454x** auf die freie Oberfläche der Detektorstruktur aus Schutzgründen aufgebracht. Der Detektor wird mittels bekannter Verfahrensschritte des Indiumkon-

taktierens, des Leitungsanfügens und der Verpackung vervollständigt.

[0160] Der in [Fig. 14x](#) dargestellte Detektor **400x** darf im Vergleich zu dem Detektor **200x**, der in [Fig. 9x](#) dargestellt ist, eine geringere Detektivität bei der gleichen Größe und Geometrie haben, aber er kann aufgrund seiner geringeren Komplexität und seiner wenigeren Herstellungsschritte einfacher hergestellt werden. Demgegenüber ist seine Funktionalität im wesentlichen die gleiche.

[0161] Infrarotdetektoren, die wie zuvor beschrieben hergestellt werden, weisen eine erheblich erhöhte Empfindlichkeit gegenüber bekannten Designs auf. Diese erhöhte Empfindlichkeit kann verwendet werden, um die Anforderung an die Kühlausrüstung zu vermindern, während man die Standardempfindlichkeit beibehält, oder, wenn man eine Kühlausrüstung verwendet, kann der Detektor, der in Übereinstimmung mit der Lehre der vorliegenden Erfindung hergestellt wurde, eine erheblich verbesserte Empfindlichkeit erreichen.

[0162] Die fotoempfindlichsten Segmente, die hier für die offenbarten Ausführungsformen beschrieben worden sind, sind aus Quecksilber-Cadmium-Tellurid hergestellt, welches ein bestimmtes Legierungsverhältnis aufweist. Dieses Material ist fotoleitend, d. h. es ist ein Bandabstandsmaterial, welches Ladungsträger in Antwort auf einfallende Strahlung produziert. Die fotoempfindlichen Segmente können auch aus einer fotoelektrischen Struktur hergestellt sein, wie beispielsweise aus einem Quecksilber-Cadmium-Tellurid p-n-Übergang, welcher eine Spannung in Antwort auf einfallende Strahlung erzeugt.

[0163] Demnach beschreibt die vorliegende Erfindung ein Verfahren zum Herstellen von Infrarotdetektoren. Die Detektoren weisen eine Mehrzahl von elektrisch leitenden langgezogenen Teilen auf, die fotoempfindliche Segmente enthalten, die getrennt durch, aber in Kontakt mit, nicht fotoempfindlichen leitenden Segmenten sind. In einem weiteren Aspekt werden elektrisch isolierte parallele leitende Leitungen unmittelbar oberhalb der Detektoroberfläche angeordnet und in einem Abstand von weniger als der Strahlungswellenlänge voneinander positioniert, um den Einfang der Infrarotstrahlung zu erhöhen.

[0164] Zusammenfassend kann also festgehalten werden, daß eine Strahlungsdetektoreinrichtung für Strahlung in dem infraroten Spektralbereich und in Regionen kürzerer Wellenlänge eine Dipolantenne umfaßt, die auf einem Substrat montiert ist, und die mittels Sperrkontakten mit einem Bandabstandsdetektorelement verbunden ist. Die Dipolantenne weist eine Länge auf, welche ungefähr der halben Wellenlänge der einfallenden Infrarotstrahlung entspricht. Das Bandabstandsdetektorelement weist lineare Ab-

messungen auf, welche jeweils erheblich kleiner sind als die Wellenlänge der detektierten Strahlung. Eine Gruppe von Detektoreinrichtungen wird kombiniert, um ein Array zu bilden, das ein Pixelsignal für ein Bild erzeugt. Im Gegensatz zu bekannten Infrarotstrahlungsdetektoren ist die offenbarte Detektoreinrichtung in der Lage, ein brauchbares Ausgangssignal zu erzeugen, ohne dabei unterhalb die Umgebungstemperatur gekühlt werden zu müssen. Eine weitere Infrarotstrahlungsdetektoreinrichtung weist ein Array von Detektoren auf, welche jeweils aus einem Muster von parallelen Detektorelementen bestehen. Jeder Detektor erzeugt ein Pixelsignal für ein Bild. Die Elemente der Detektoren bestehen aus fotoleitenden oder fotoelektrischen Bandabstandsmaterialien, und die Elemente sind zueinander in einem Abstand angeordnet, welcher kleiner oder gleich der Wellenlänge der empfangenen Strahlung ist. Zusätzlich geschichtete Strukturen oberhalb und/oder unterhalb der Detektorelemente erlauben eine Impedanzanpassung zwischen der Strahlung im freien Raum und der Strahlungsimpedanz der Detektorelemente, um das Einfangen der Strahlung zu erhöhen.

[0165] Obwohl verschiedene Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung in der beigefügten Zeichnung und der vorangegangenen Beschreibung beschrieben worden sind, wird darauf hingewiesen, daß die Erfindung nicht auf diese Ausführungsformen beschränkt ist, sondern daß vielmehr eine Vielzahl von Neuankordnungen, Modifikationen und Substitutionen durchgeführt werden können, ohne den Gegenstand der Erfindung zu verlassen.

Patentansprüche

1. Infrarotstrahlungsquantendetektor zum Detektieren von Infrarotstrahlung, die im wesentlichen in einem Bandbereich zwischen einer ersten, unteren Wellenlänge und einer zweiten, oberen Wellenlänge liegt; mit einer ersten periodischen Strahlungssammelstruktur, die eine Mehrzahl von Quantendetektorelementen (z. B. **14-30**; **72-86**) enthält, welche in periodischen Abständen gleich groß wie oder kleiner als die erste, untere Wellenlänge angeordnet sind; einem Reflektor (z. B. **116**) für Infrarotstrahlung, der im Abstand von der ersten periodischen Strahlungssammelstruktur angeordnet ist, um die Infrarotstrahlung zu reflektieren; und elektrischen Leitern (z. B. **36a**, **36b**; **94-98**), die mit den Quantendetektorelementen verbunden sind, um die Detektorsignale zu leiten, die erzeugt werden, wenn der Detektor Infrarotstrahlung empfängt.

2. Detektor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Quantendetektorelemente Fotowiderstandselemente sind.

3. Detektor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,

zeichnet, daß die Quantendetektorelemente Sperrschichtfotoelemente sind.

4. Detektor nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Quantendetektorelemente parallel zueinander angeordnete längliche Streifen (z. B. **216-230**) sind, die Quantendetektormaterial enthalten.

5. Detektor nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Quantendetektorelemente koplanar zueinander angeordnet sind.

6. Detektor nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die erste periodische Strahlungssammelstruktur eine Matrixanordnung der Quantendetektorelemente umfaßt, in welcher die Quantendetektorelemente in einer Ebene, und voneinander in einem Abstand von Mittellinie zu Mittellinie angeordnet sind, der kleiner als die zweite, obere Wellenlänge der Infrarotstrahlung ist, und daß der Reflektor eine strahlungsreflektierende Ebene umfaßt, die von der Ebene der Quantendetektorelemente um weniger als die zweite, obere Wellenlänge der Infrarotstrahlung beabstandet ist.

7. Detektor nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Längserstreckung der Quantendetektorelemente kleiner als die zweite, obere Wellenlänge der Infrarotstrahlung ist.

8. Detektor nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Quantendetektorelemente Quecksilber-Cadmium-Tellurid enthalten.

9. Detektor nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Quantendetektorelemente Indiumantimonid enthalten.

10. Detektor nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Quantendetektorelemente ein Halbleiter-Supergitter aufweisen.

11. Detektor nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Reflektor von einer Metallschicht gebildet ist.

12. Detektor nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Reflektor von einer dielektrischen Vielfachschicht gebildet ist.

13. Detektor nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die erste periodische Strahlungssammelstruktur ein periodisches Muster aus sich parallel zueinander erstreckenden Quantendetektorelementen umfaßt, die von Mittellinie zu Mittellinie einen Abstand aufweisen, der kleiner als die zweite, obere Wellenlänge der Infrarotstrahlung ist, wobei das Muster der Quantendetektorelemente eine

gegebene Strahlungsimpedanz besitzt; und daß eine Substruktureinrichtung zum Tragen der Quantendetektorelemente und zur Bildung einer Impedanzanpassung zwischen der Strahlungsimpedanz der Quantendetektorelemente und der Impedanz der Freiraumstrahlung vorgesehen ist.

14. Detektor nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Substruktureinrichtung eine dielektrische Platte umfaßt, auf deren Oberfläche sich die Quantendetektorelemente befinden und auf deren gegenüberliegender Oberfläche sich der Reflektor befindet.

15. Detektor nach Anspruch 13 oder 14, gekennzeichnet durch eine Überstruktur, die dem Muster aus Quantendetektorelementen benachbart ist, so daß das Muster aus Quantendetektorelementen zwischen Überstruktur und Substruktur angeordnet ist, um eine Impedanzanpassung zwischen den Quantendetektorelementen und der Impedanz des freien Raums bereitzustellen.

16. Detektor nach einem der Ansprüche 13 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Substruktur eine erste und eine zweite Schicht mit unterschiedlichen Brechungsindizes umfaßt.

17. Detektor nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Schicht aus Indiumantimonid und die zweite Schicht aus Cadmium-Tellurid besteht.

18. Detektor nach einem der Ansprüche 1 bis 17, gekennzeichnet durch eine zweite periodische Strahlungssammelstruktur in Form eines zweiten Musters von Quantendetektorelementen, wobei die zweite periodische Strahlungssammelstruktur orthogonal zu der ersten periodischen Strahlungssammelstruktur angeordnet ist.

19. Detektor nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Quantendetektorelemente des zweiten Musters sich parallel zueinander erstrecken und einen Abstand von Mittellinie zu Mittellinie aufweisen, der gleich groß wie oder kleiner als die zweite Wellenlänge der Infrarotstrahlung ist, daß das zweite Muster von Quantendetektorelementen in einer Ebene angeordnet ist, die parallel derjenigen des ersten Musters von Quantendetektorelementen ist und von dieser beabstandet ist, und daß Mittel zum elektrischen Verbinden des zweiten Musters von Detektorelementen vorgesehen sind.

20. Detektor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die mit den Quantendetektorelementen verbundenen Leiter die Gestalt von mit den Quantendetektorelementen verbundenen Dipolantennenelementen haben.

21. Detektor nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß die Länge der Dipolantennenelemente im wesentlichen der halben Wellenlänge der einfallenden Infrarotstrahlung gleich ist.

22. Detektor nach Anspruch 20 oder 21, dadurch gekennzeichnet, daß die Dipolantennenelemente mit den Quantendetektorelementen über Sperrkontakte verbunden sind.

23. Verfahren zur Herstellung einer Vorrichtung zum Detektieren von Strahlung im Infrarotbereich und in Bereichen mit kürzeren Wellenlängen, mit folgenden Verfahrensschritten:

Ausbilden einer Mehrzahl von Gruppen von Quantendetektorelementen in einer planaren Matrix, die periodische Strahlungssammelstrukturen aufweist; wobei die Dicke der Quantendetektorelemente kleiner als die Wellenlänge der Infrarotstrahlung ist, wobei ferner die Quantendetektorelemente jeder Gruppe in einem langgestreckten Muster angeordnet sind und in der Gruppe jeweils einen gegenseitigen Abstand und eine Breite kleiner als die Wellenlänge der Infrarotstrahlung haben und wobei schließlich der Abstand von Mittellinie zu Mittellinie eines jeden benachbarten Gruppenpaares kleiner als die Wellenlänge der Infrarotstrahlung ist;

Erzeugen einer Mehrzahl von elektrischen Leitern zum Verbinden von benachbarten Quantendetektorelementen in jeder der Gruppen, wobei die elektrischen Leiter gegenüber der Infrarotstrahlung nicht empfindlich sind, und

wobei jede Gruppe der Quantendetektorelemente zusammen mit den entsprechenden elektrischen Leitern entlang ihrer Länge elektrisch leitend ist;

Ausbilden einer Ebene, die bezüglich der Infrarotstrahlung reflektierend ist, wobei die planare Matrix und die reflektierende Ebene voneinander um einen Betrag beabstandet sind, der kleiner als die Wellenlänge der Infrarotstrahlung ist; und

paralleles elektrisches Verbinden einer Mehrzahl der Gruppen der Quantendetektorelemente, um einen Leitungspfad für die Detektionssignale bereitzustellen, die in den Quantendetektorelementen in Reaktion auf die Infrarotstrahlung erzeugt werden.

24. Verfahren nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrischen Leiter in einer Ebene angeordnet sind, die parallel zu aber beabstandet von, der Ebene der Quantendetektorelemente ist

25. Verfahren nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrischen Leiter in einer Ebene angeordnet sind, welche koplanar mit der Ebene der Quantendetektorelemente ist.

26. Verfahren nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, daß das Erzeugen einer Mehrzahl von

elektrischen Leitern in der Weise erfolgt, daß die elektrischen Leiter in einer Ebene angeordnet sind, die parallel zu aber beabstandet von der Ebene der Quantendetektorelemente ist.

27. Verfahren nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, daß das Erzeugen einer Mehrzahl von elektrischen Leitern in der Weise erfolgt, daß die elektrischen Leiter in einer Ebene angeordnet sind, welche koplanar mit der Ebene der Quantendetektorelemente ist.

28. Verfahren nach einem der Ansprüche 23 bis 25, gekennzeichnet durch einen Schritt des Ausbildens eines Heteroübergangs an jeder Schnittstelle zwischen den Quantendetektorelementen und den elektrischen Leitern.

29. Verfahren nach einem der Ansprüche 23 bis 26, gekennzeichnet durch einen Schritt des Bereitstellens von isolierendem Material, um die reflektierende Ebene von den Quantendetektorelementen zu trennen, wobei das isolierende Material in Kontakt mit den Quantendetektorelementen angeordnet wird.

30. Verfahren nach Anspruch 27, weiter gekennzeichnet durch einen Schritt des Ausbildens eines Sperrübergangs an jeder Schnittstelle zwischen den Quantendetektorelementensegmenten und dem isolierenden Material.

31. Verfahren nach einem der Ansprüche 23 bis 28, dadurch gekennzeichnet, daß der Schritt des Ausbildens einer reflektierenden Ebene den Schritt des Ausbildens einer Schicht aus Aluminium umfaßt.

Es folgen 18 Blatt Zeichnungen

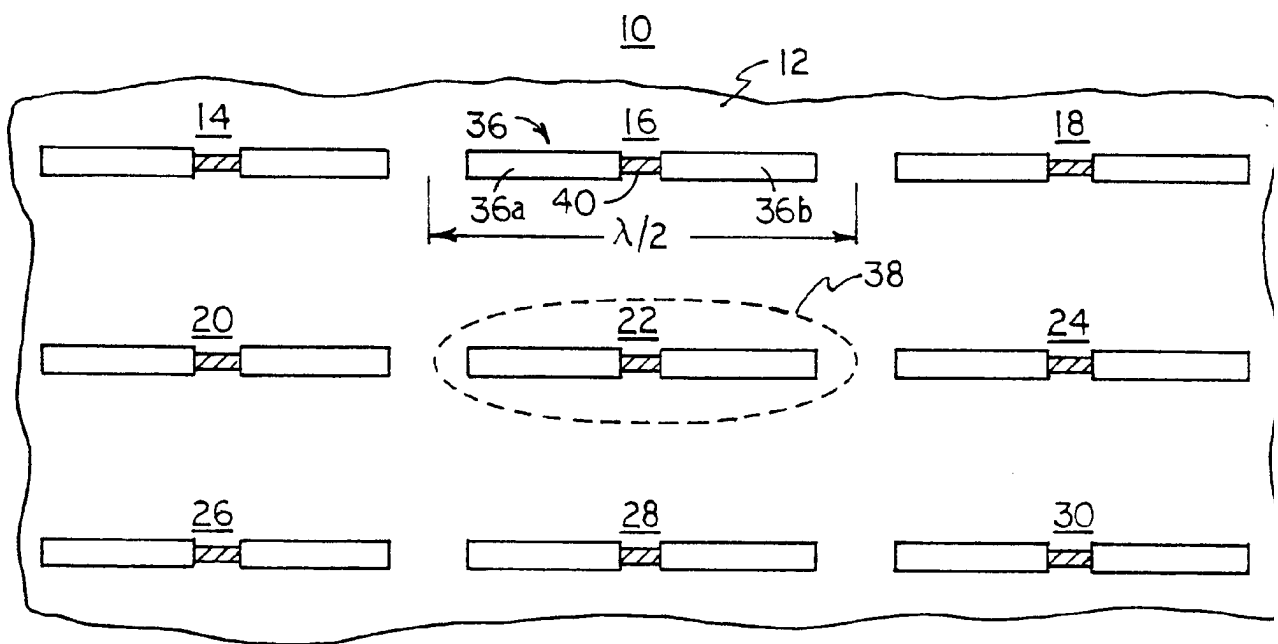


FIG. 1

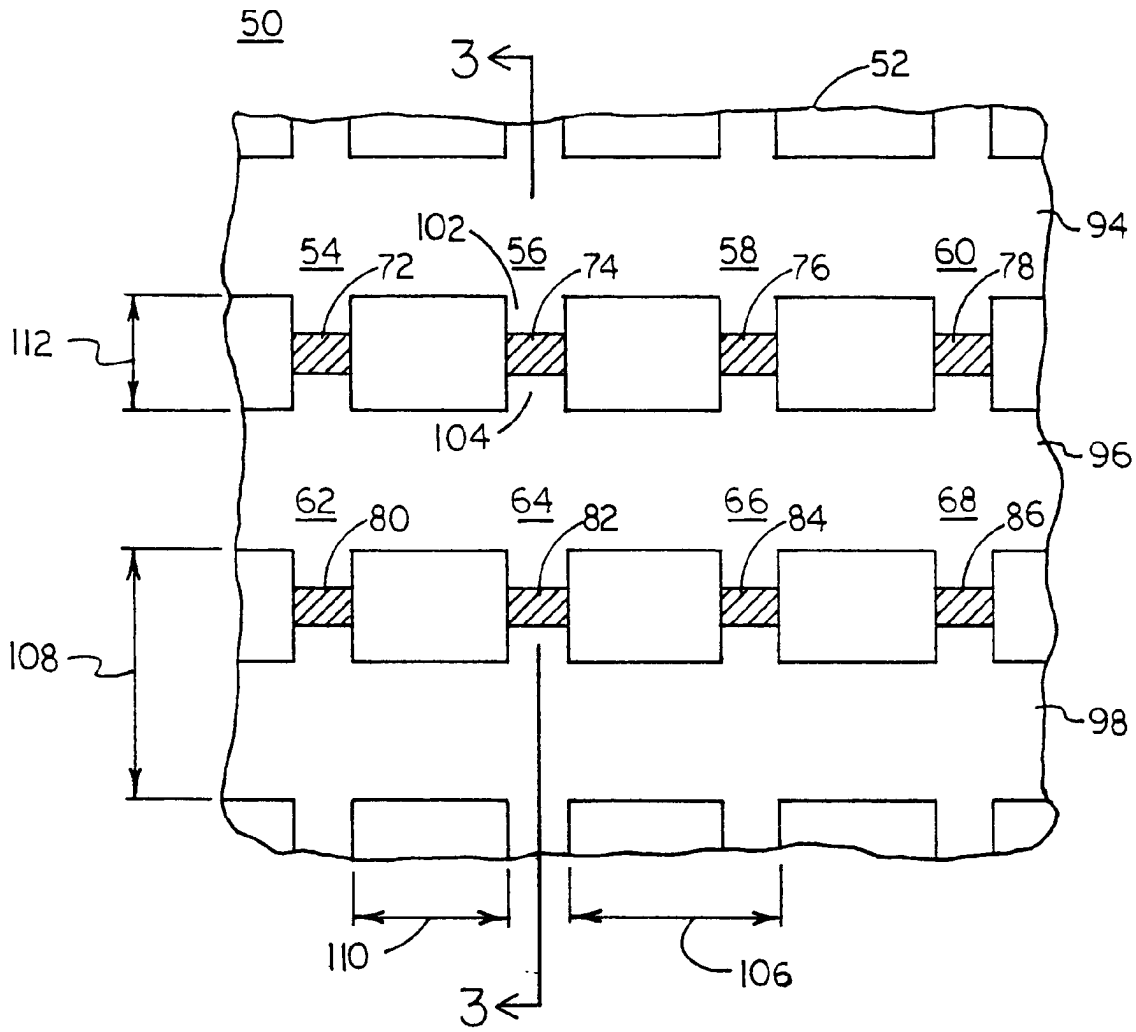


FIG. 2

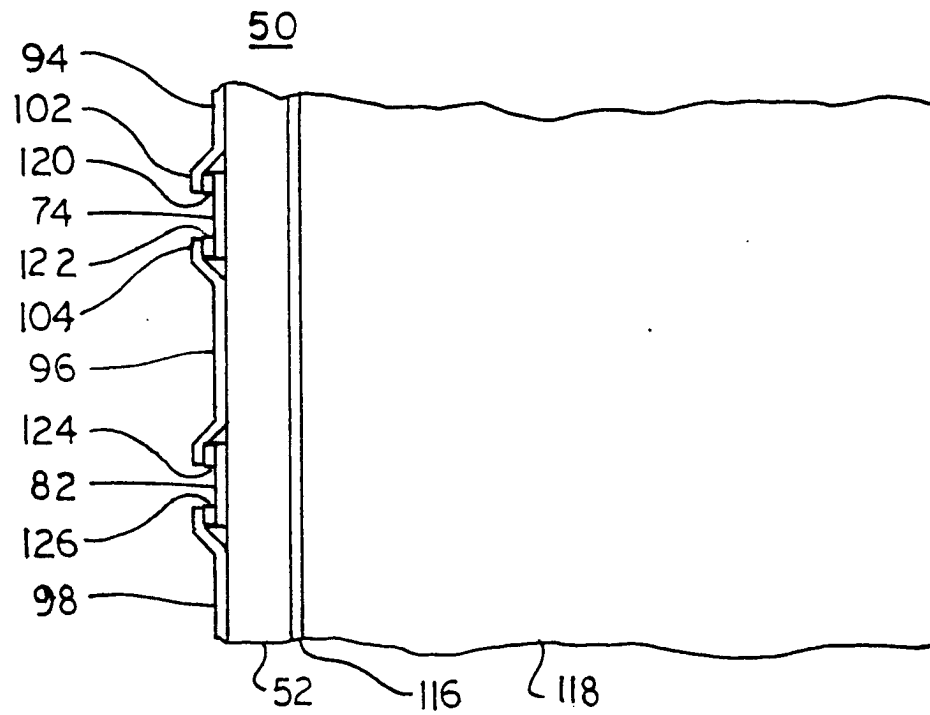


FIG. 3

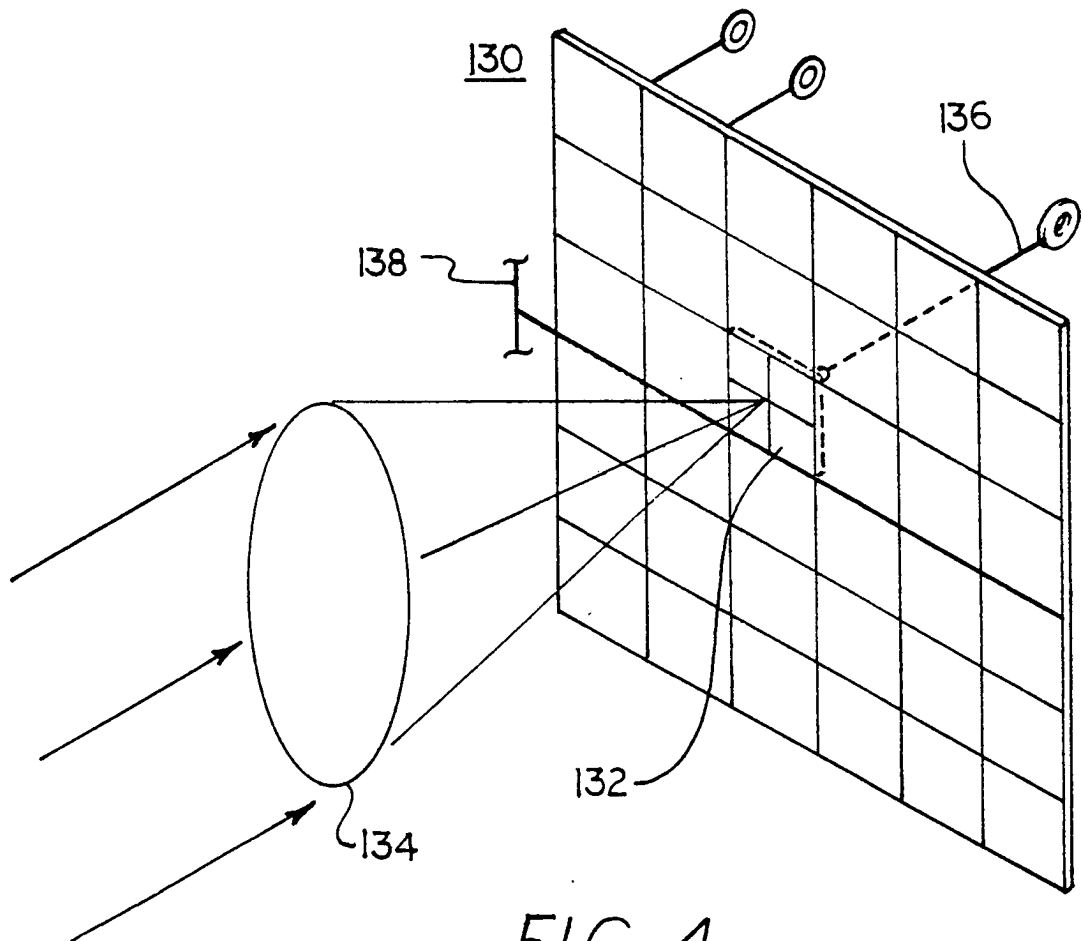


FIG. 4

260

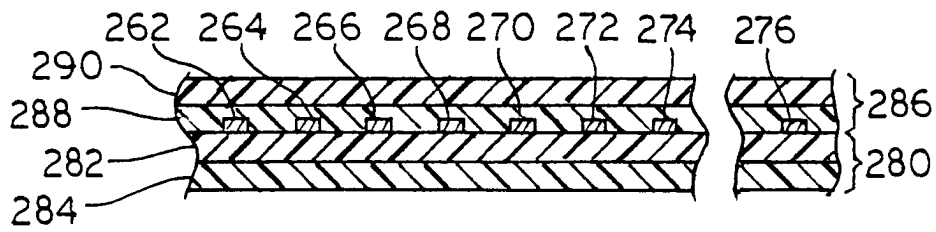


FIG. 8

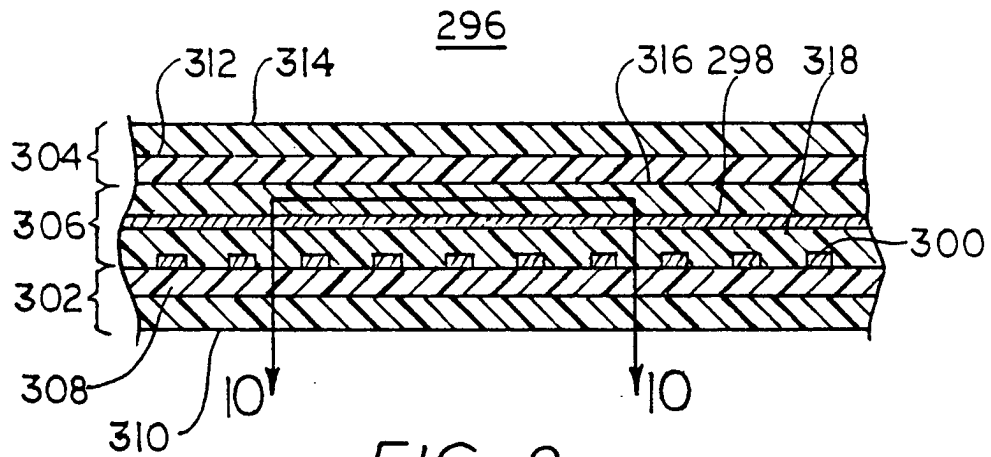


FIG. 9

296

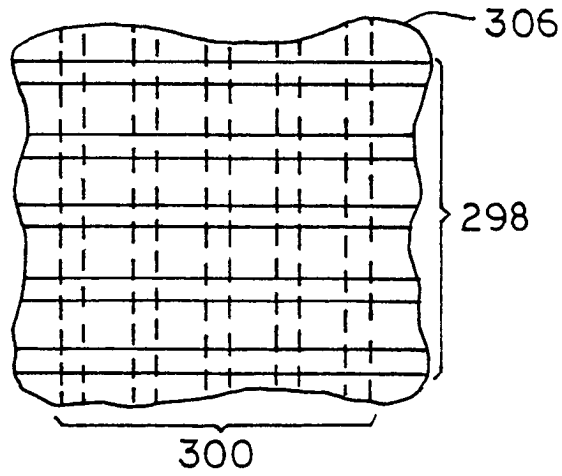


FIG. 10

320

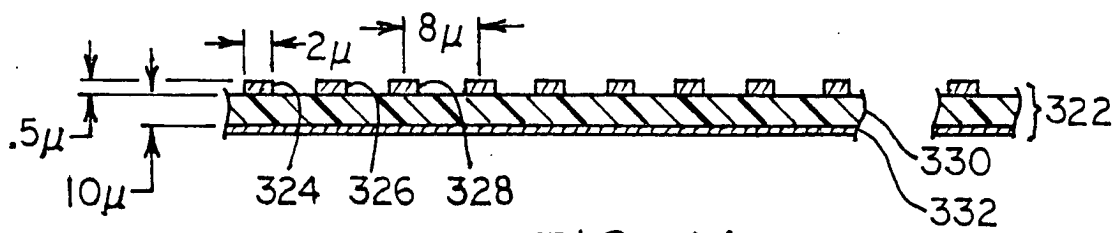


FIG. 11

330

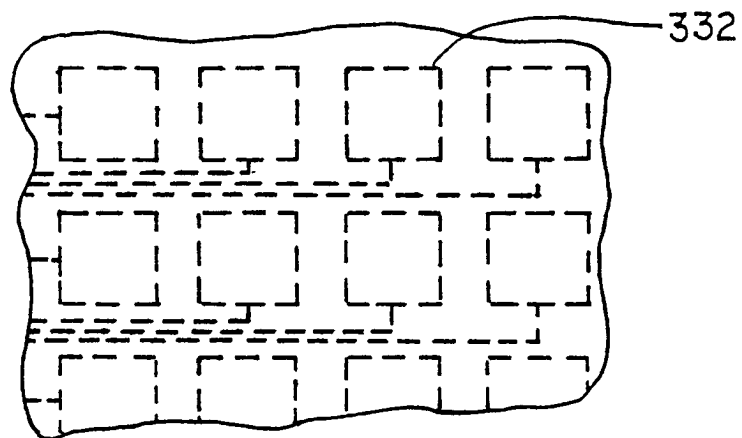
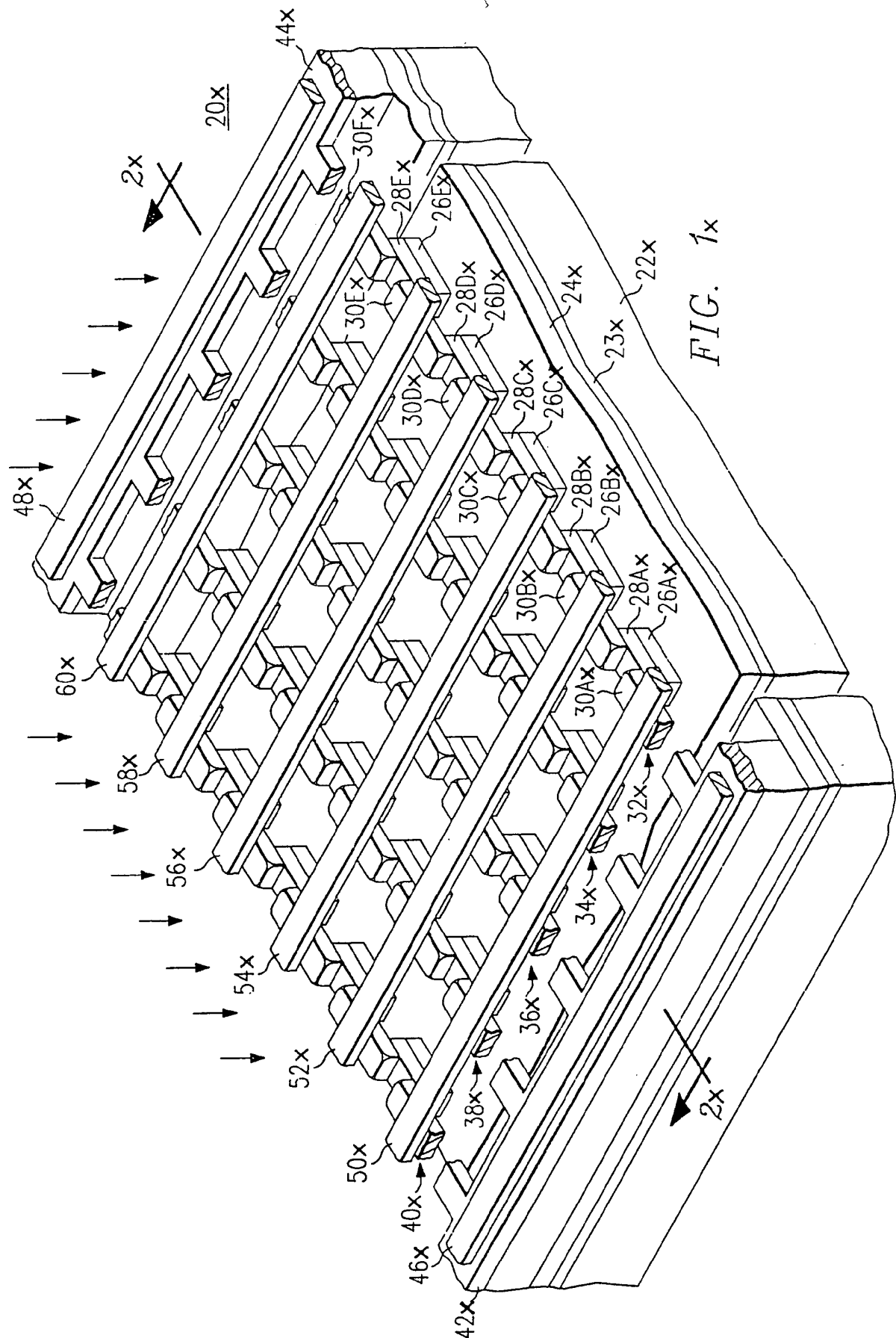


FIG. 12



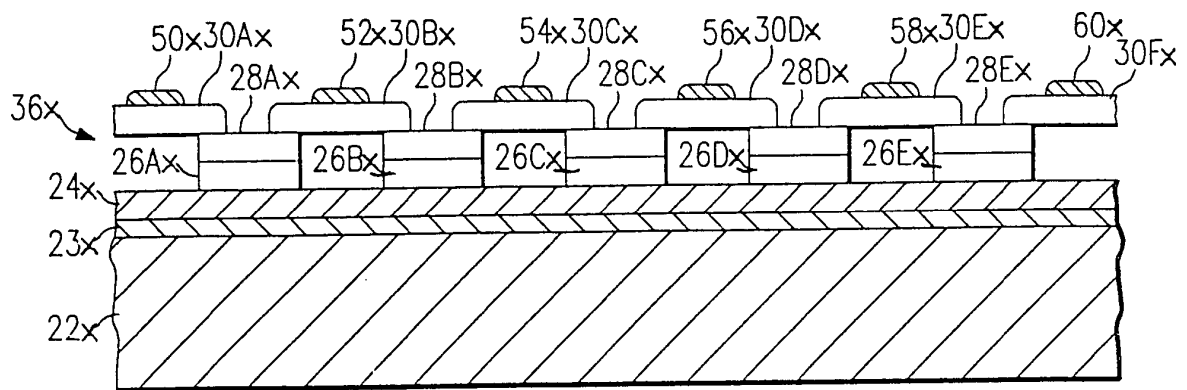


FIG. 2x

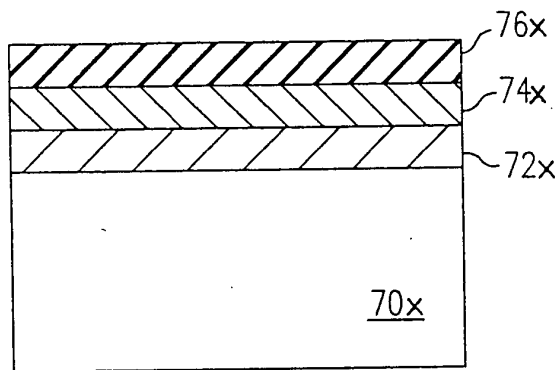


FIG. 3Ax

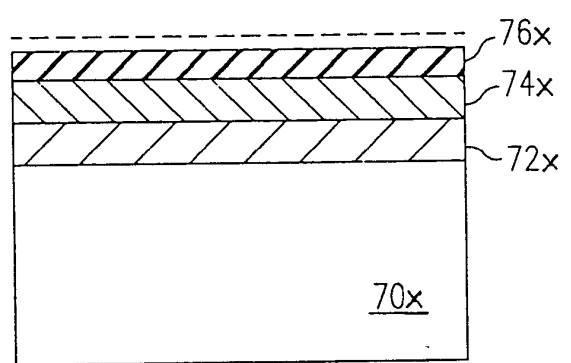


FIG. 3Bx

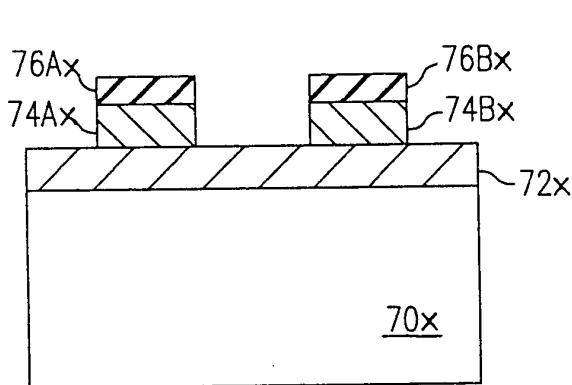


FIG. 3Cx

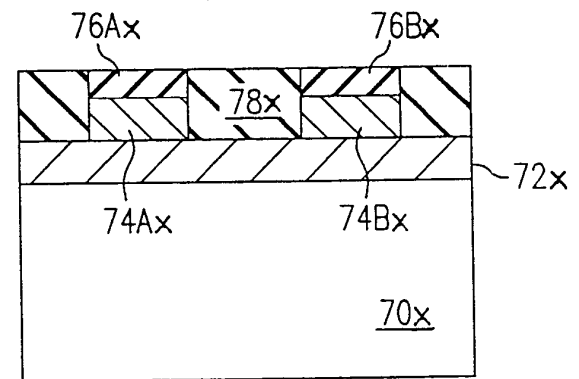


FIG. 3Dx

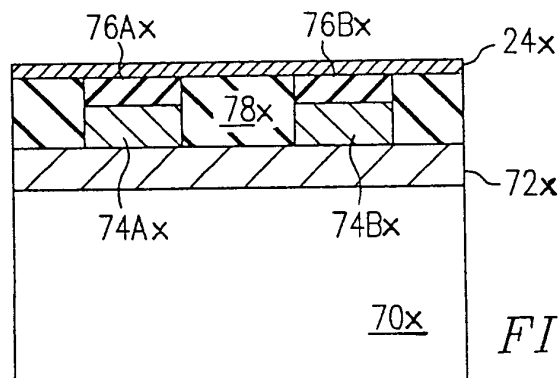


FIG. 3Ex

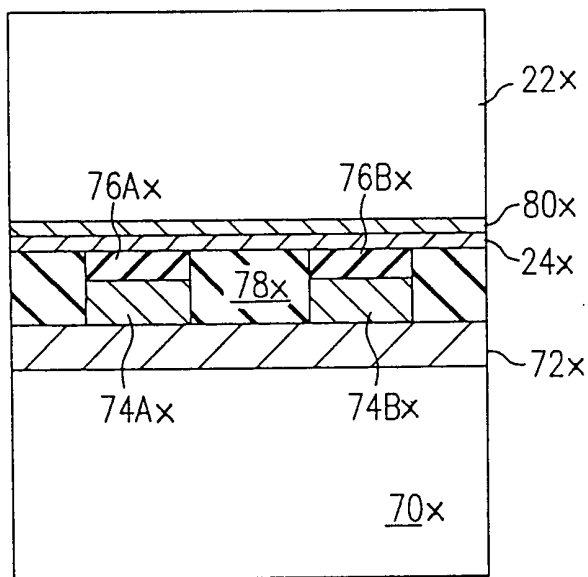


FIG. 3F_x

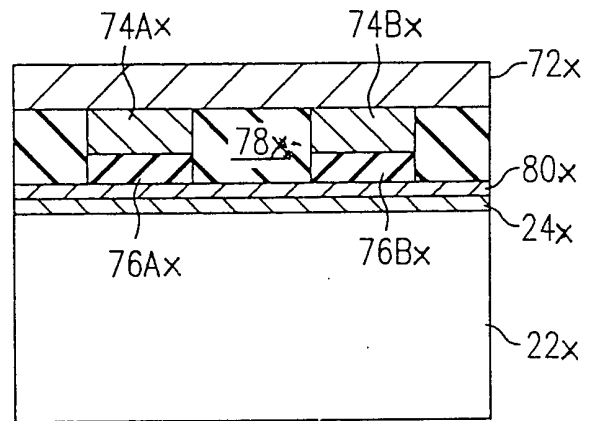


FIG. 3G_x

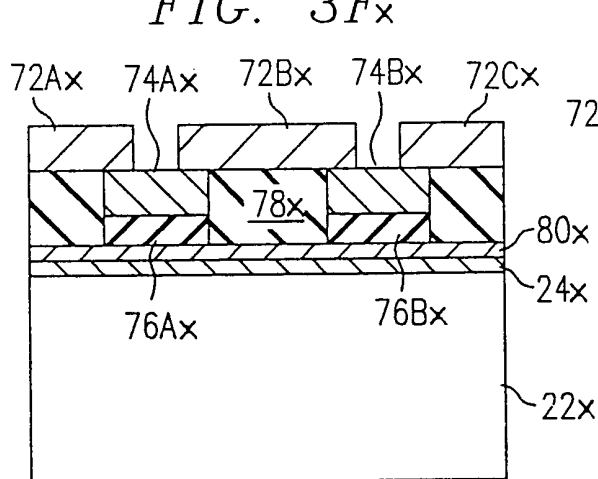


FIG. 3H_x

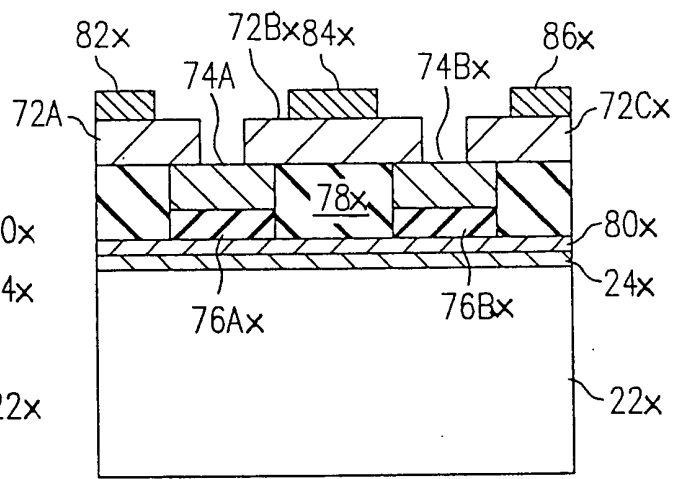


FIG. 3I_x

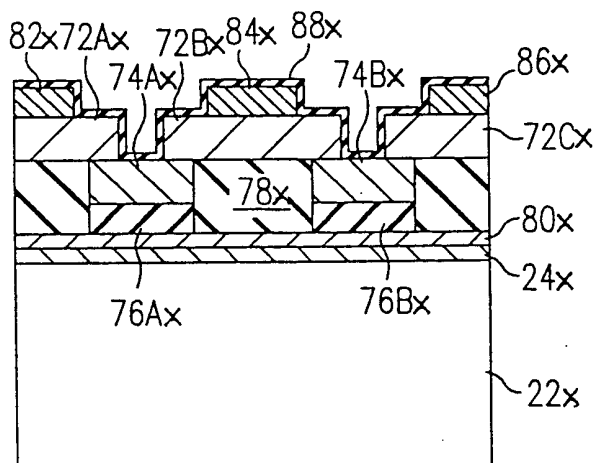


FIG. 3J_x

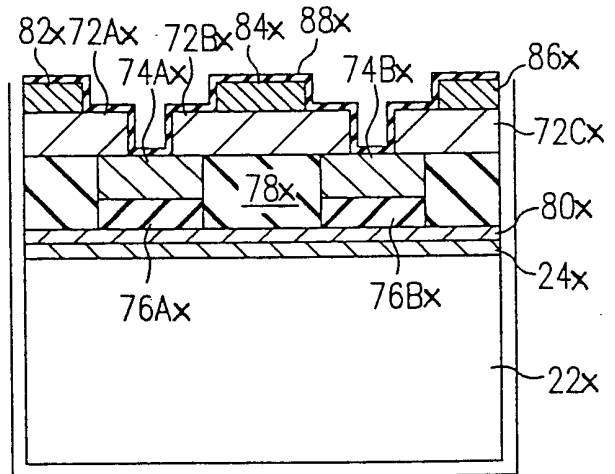
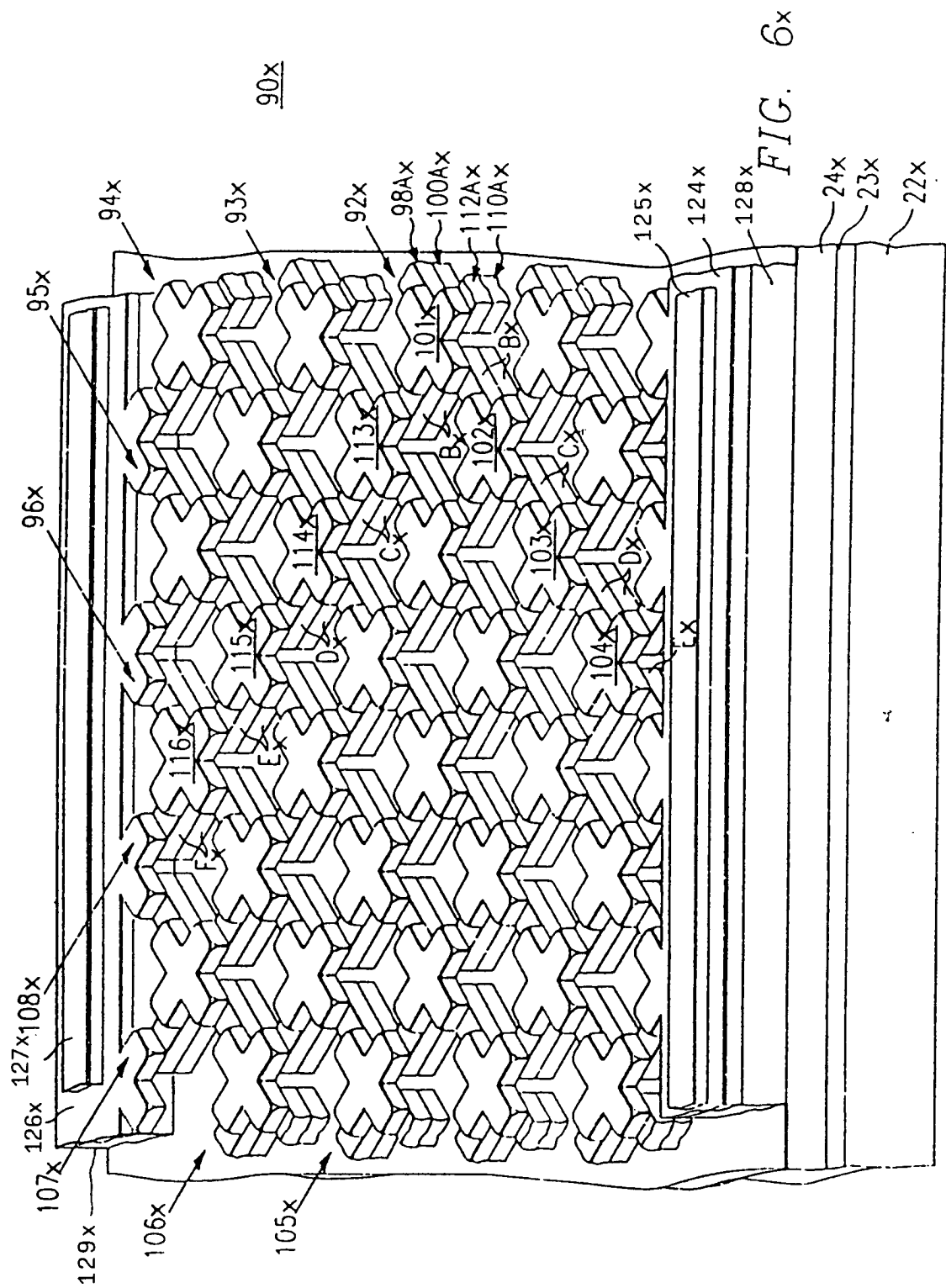


FIG. 3K_x



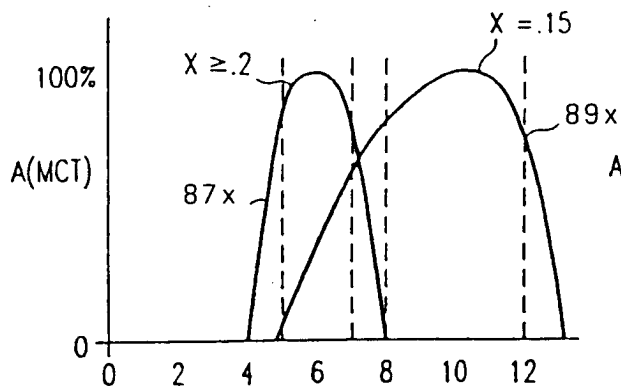


FIG. 4_x

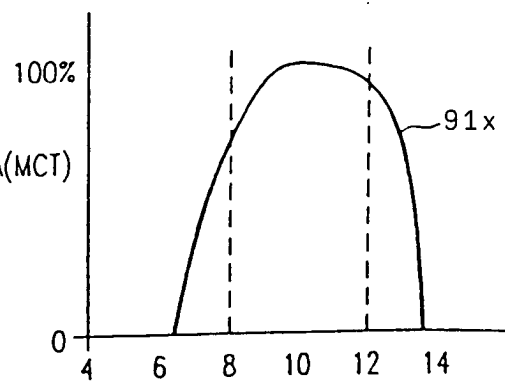


FIG. 5_x

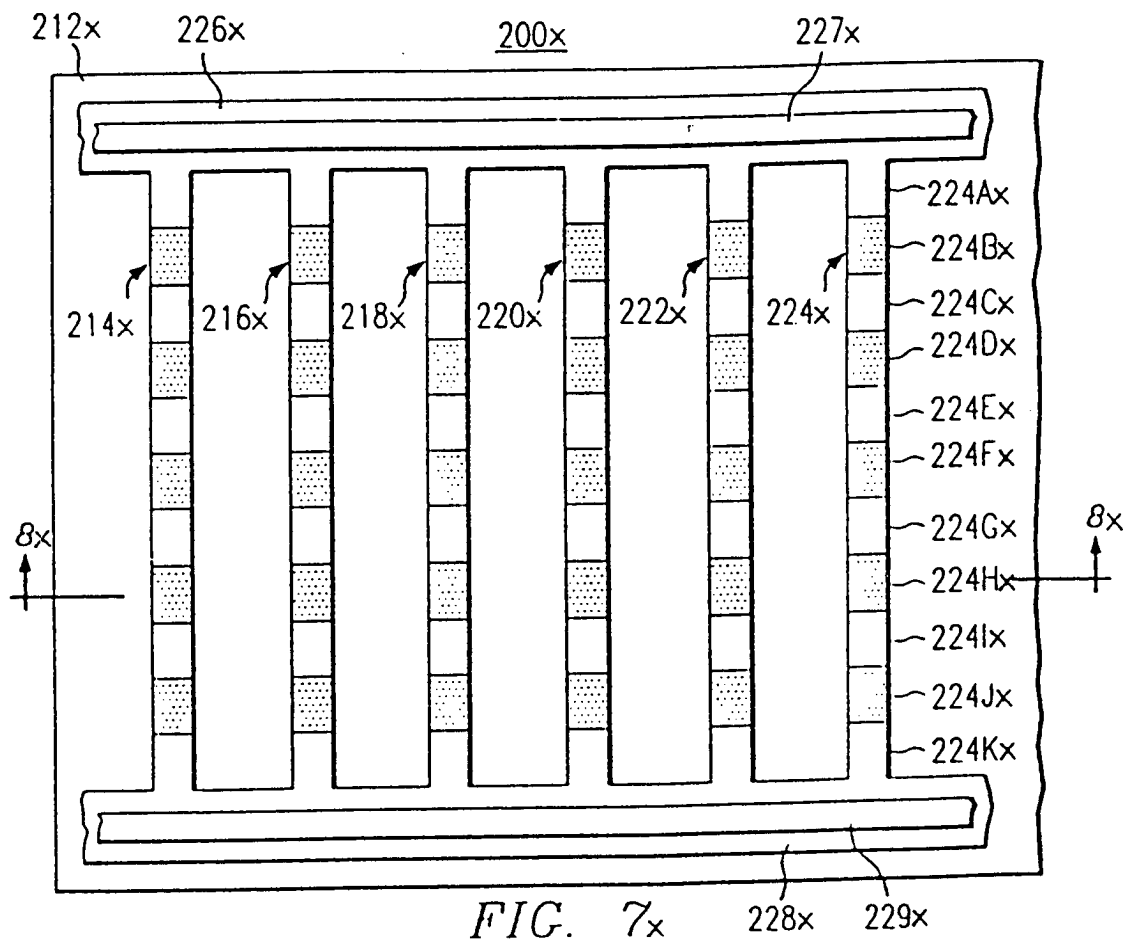


FIG. 7_x

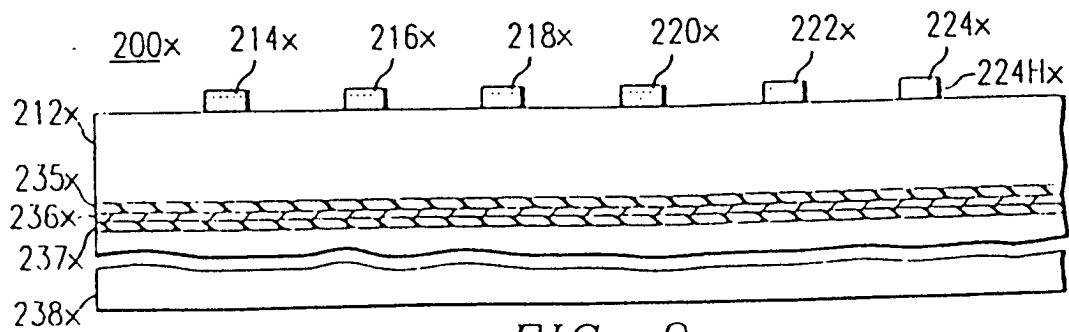
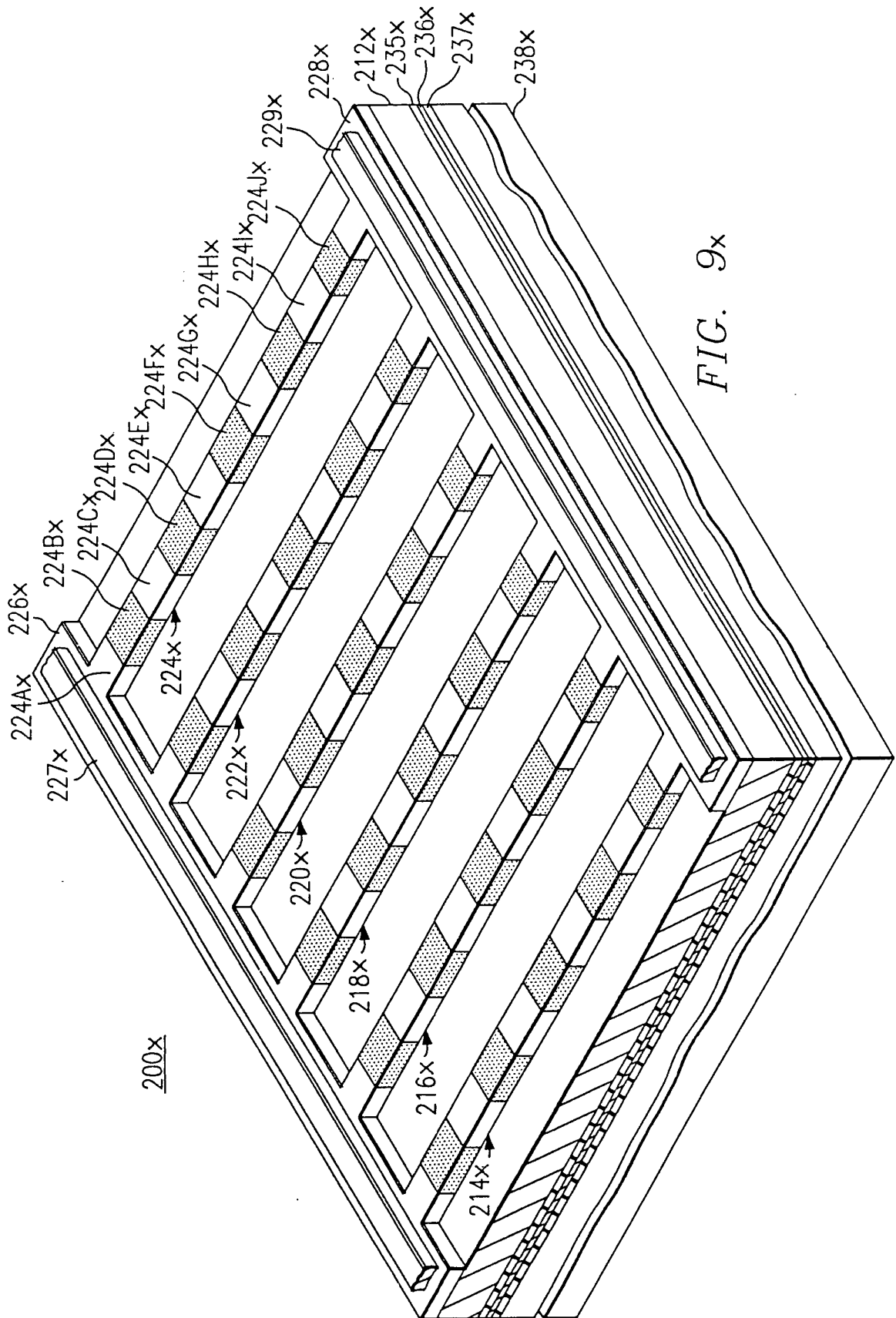
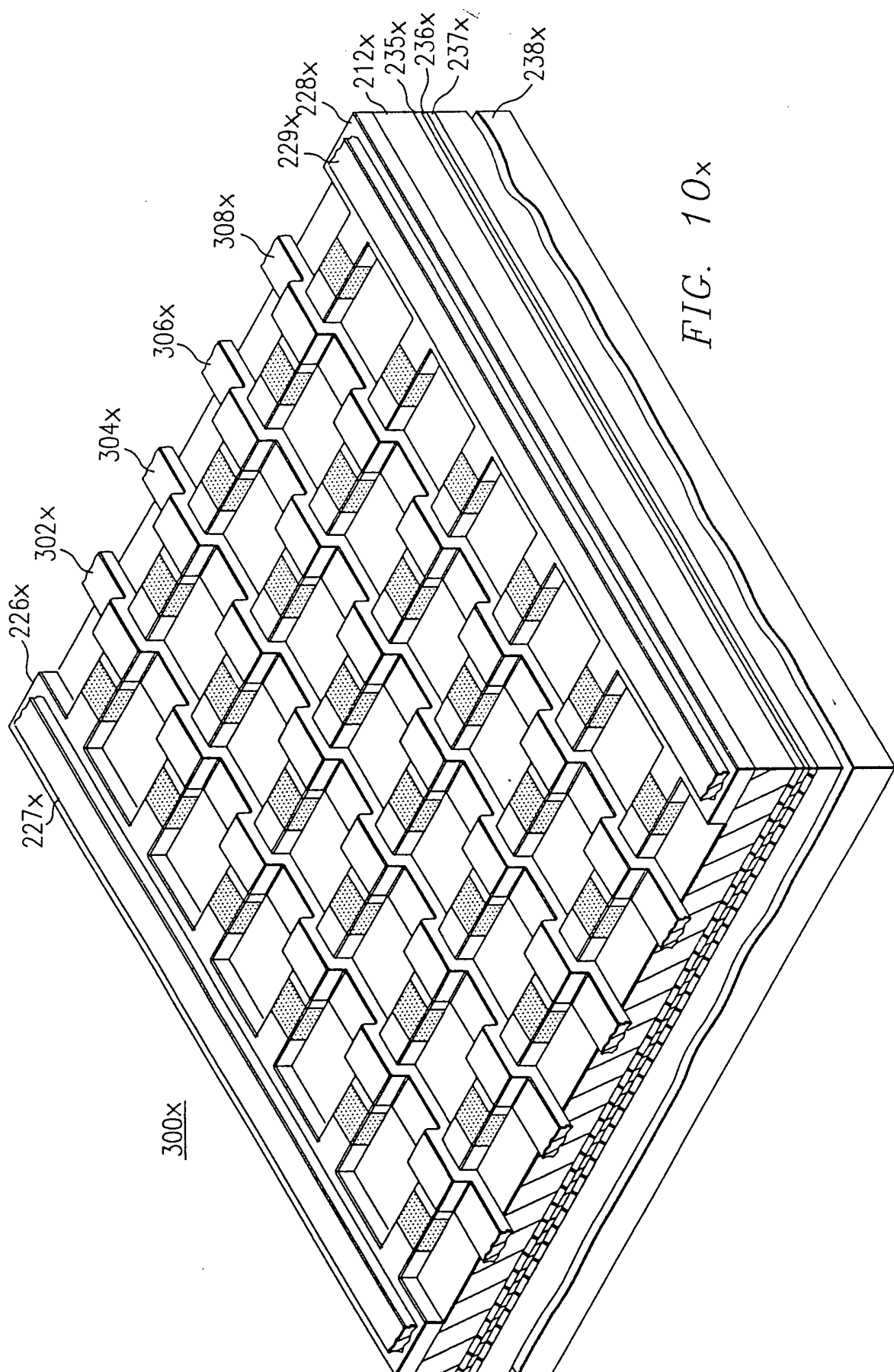


FIG. 8_x





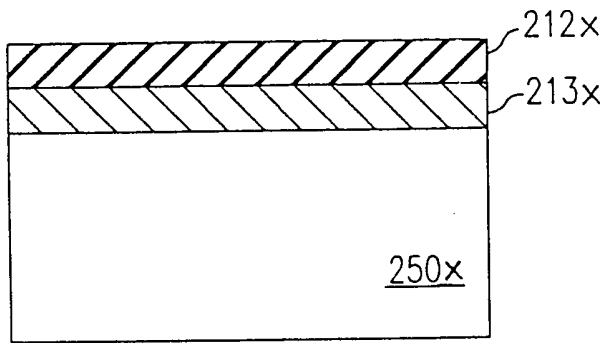


FIG. 11Ax

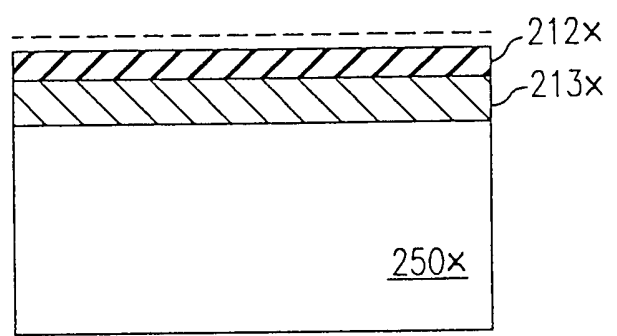


FIG. 11Bx

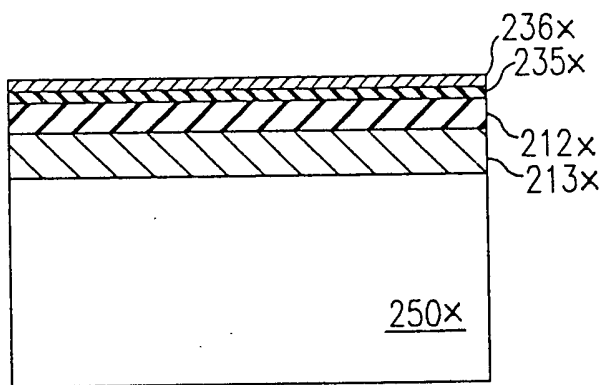


FIG. 11Cx

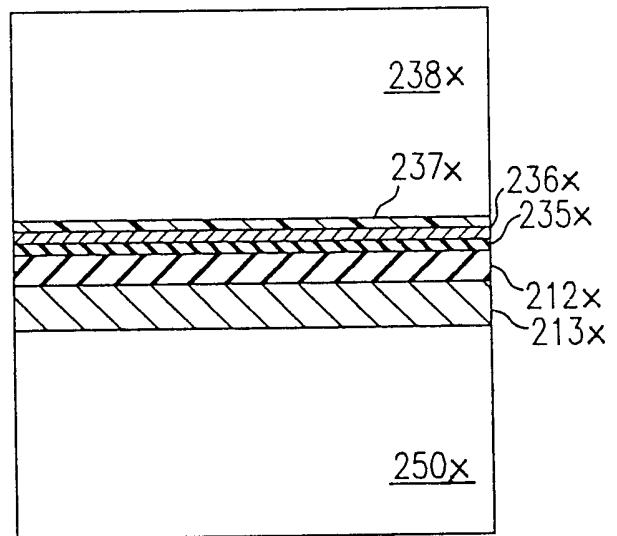


FIG. 11Dx

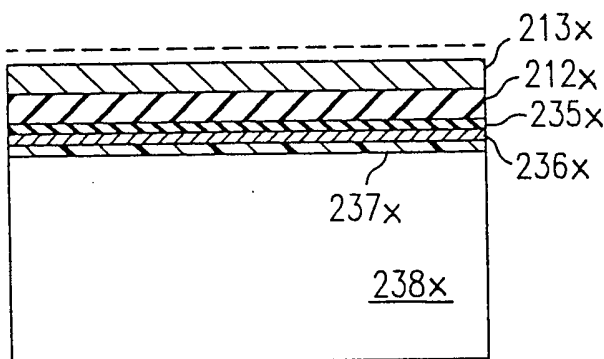


FIG. 11Ex

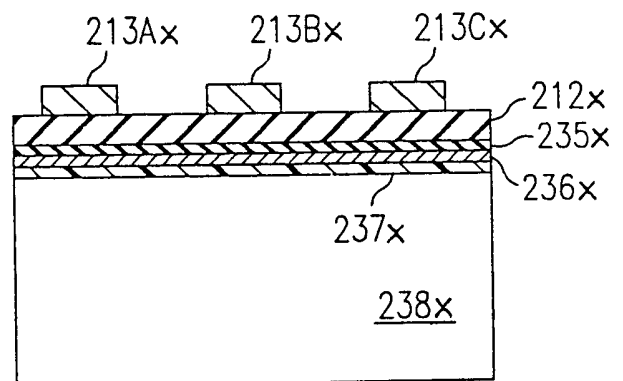


FIG. 11Fx

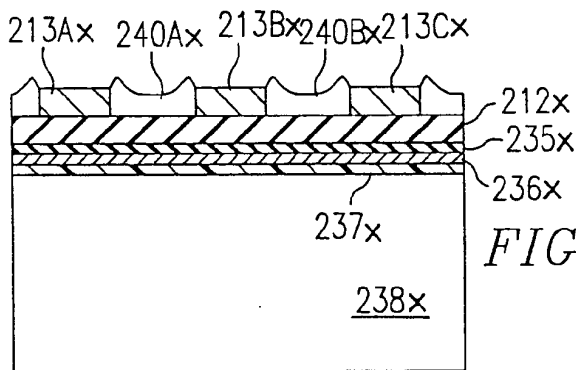
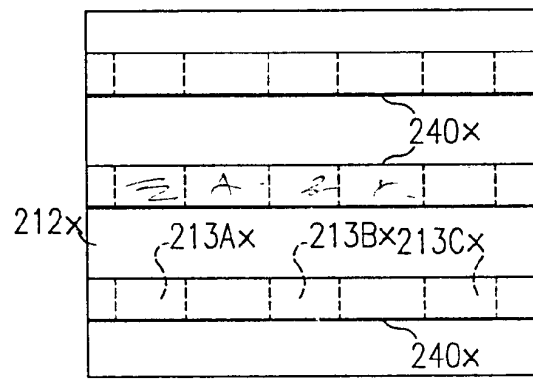
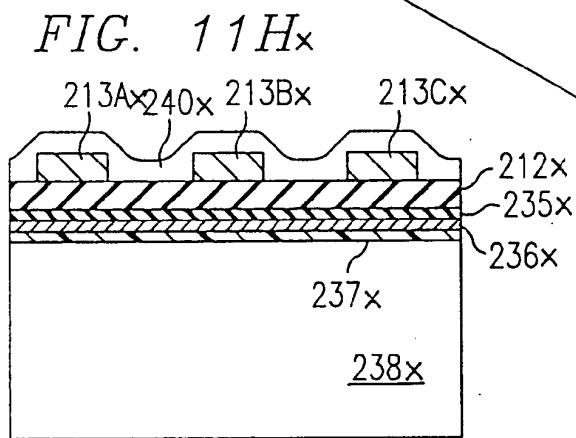
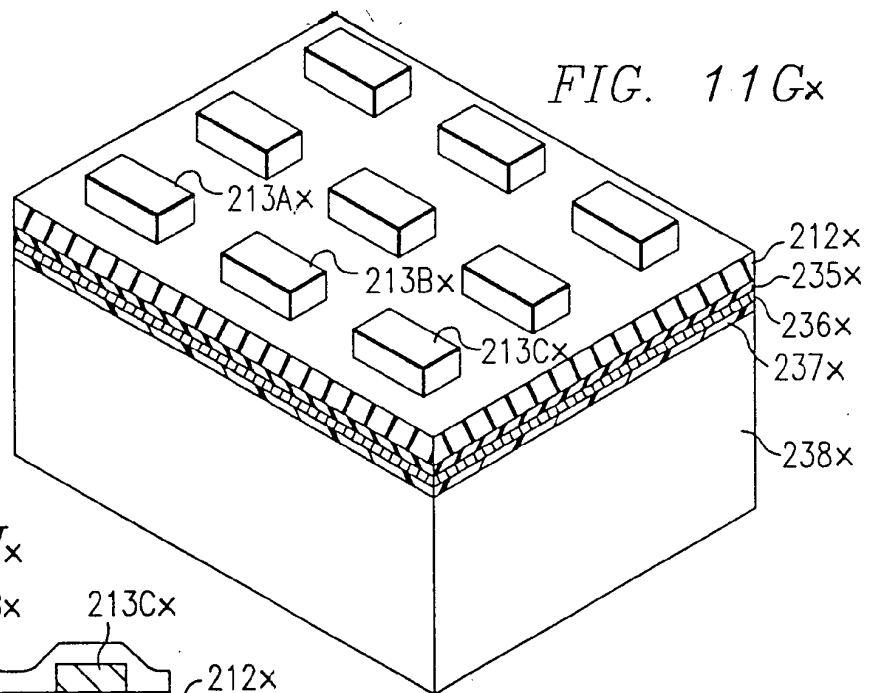


FIG. 11I_x

FIG. 11J_x

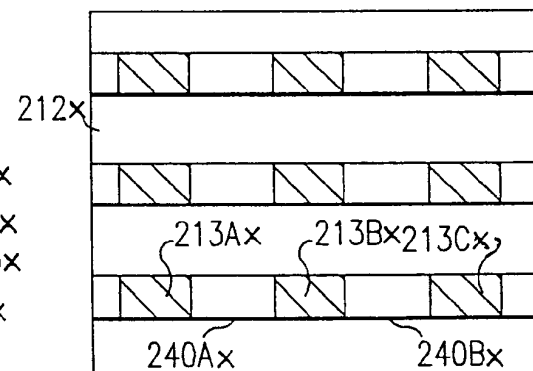
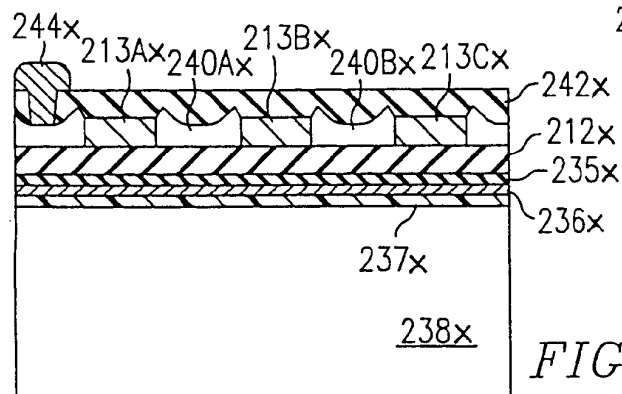
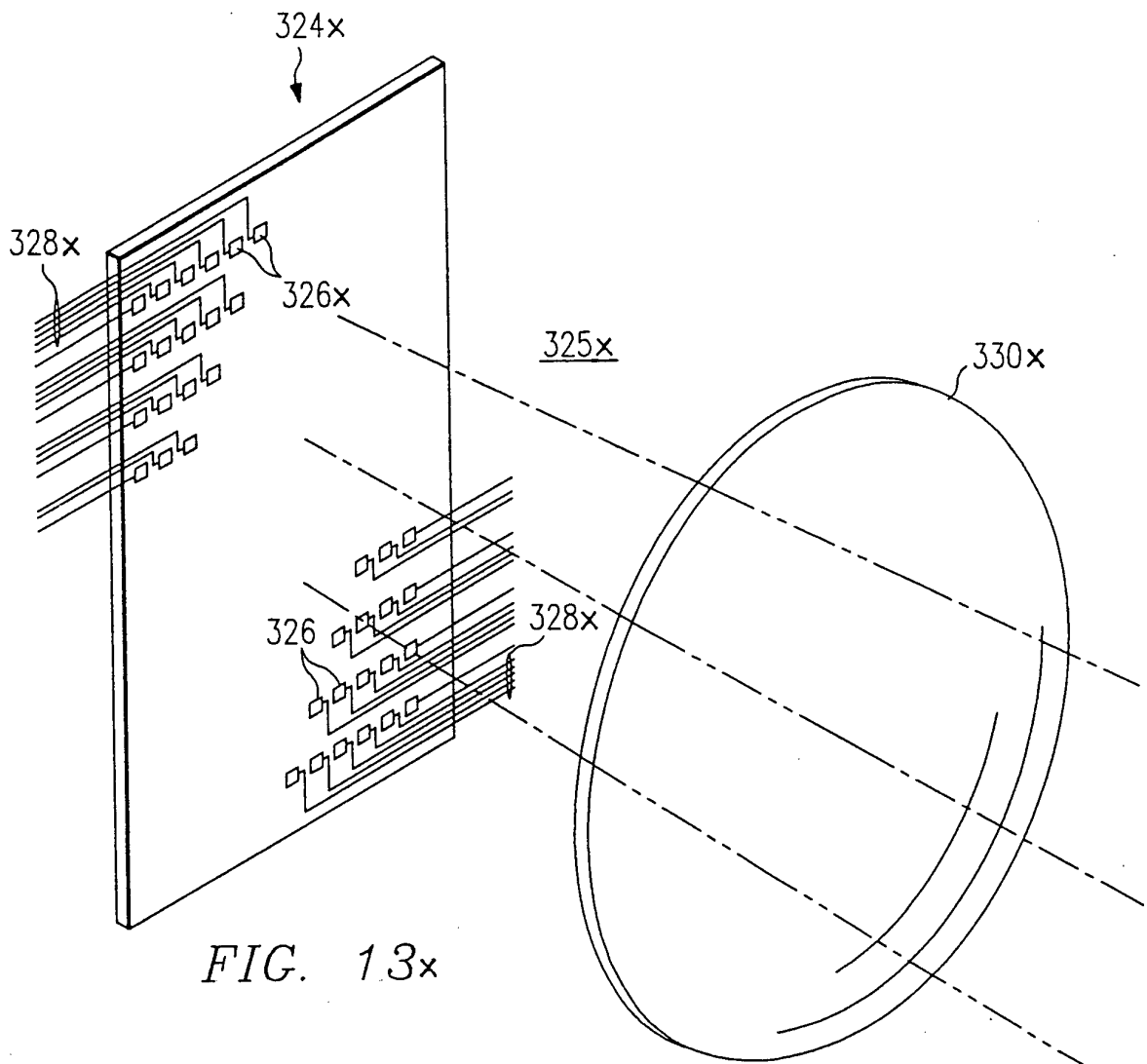
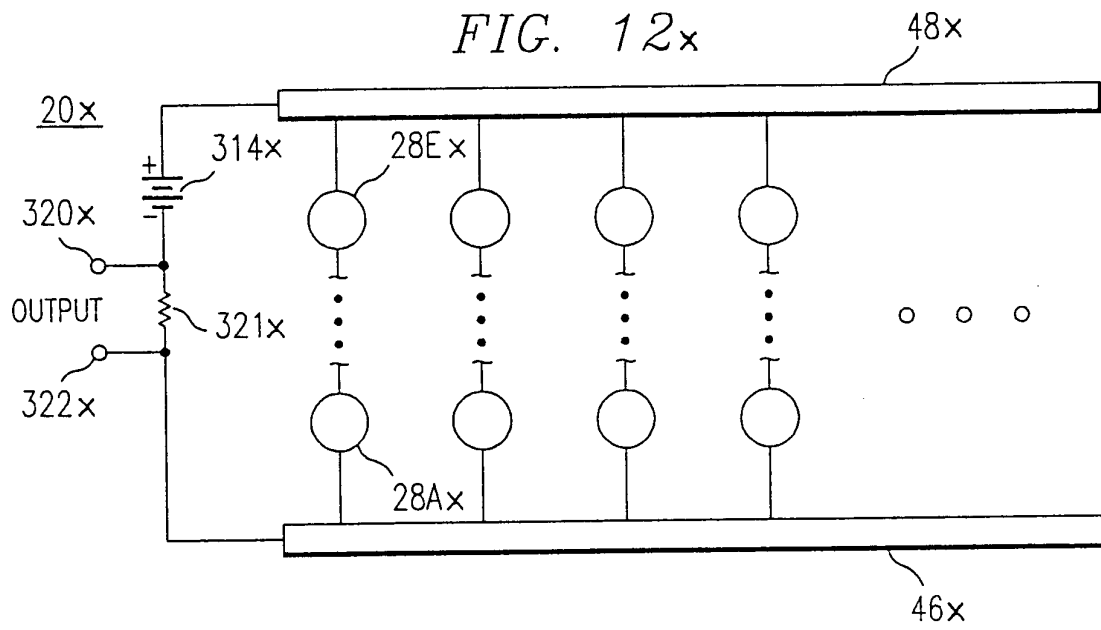


FIG. 11L_x

FIG. 11K_x



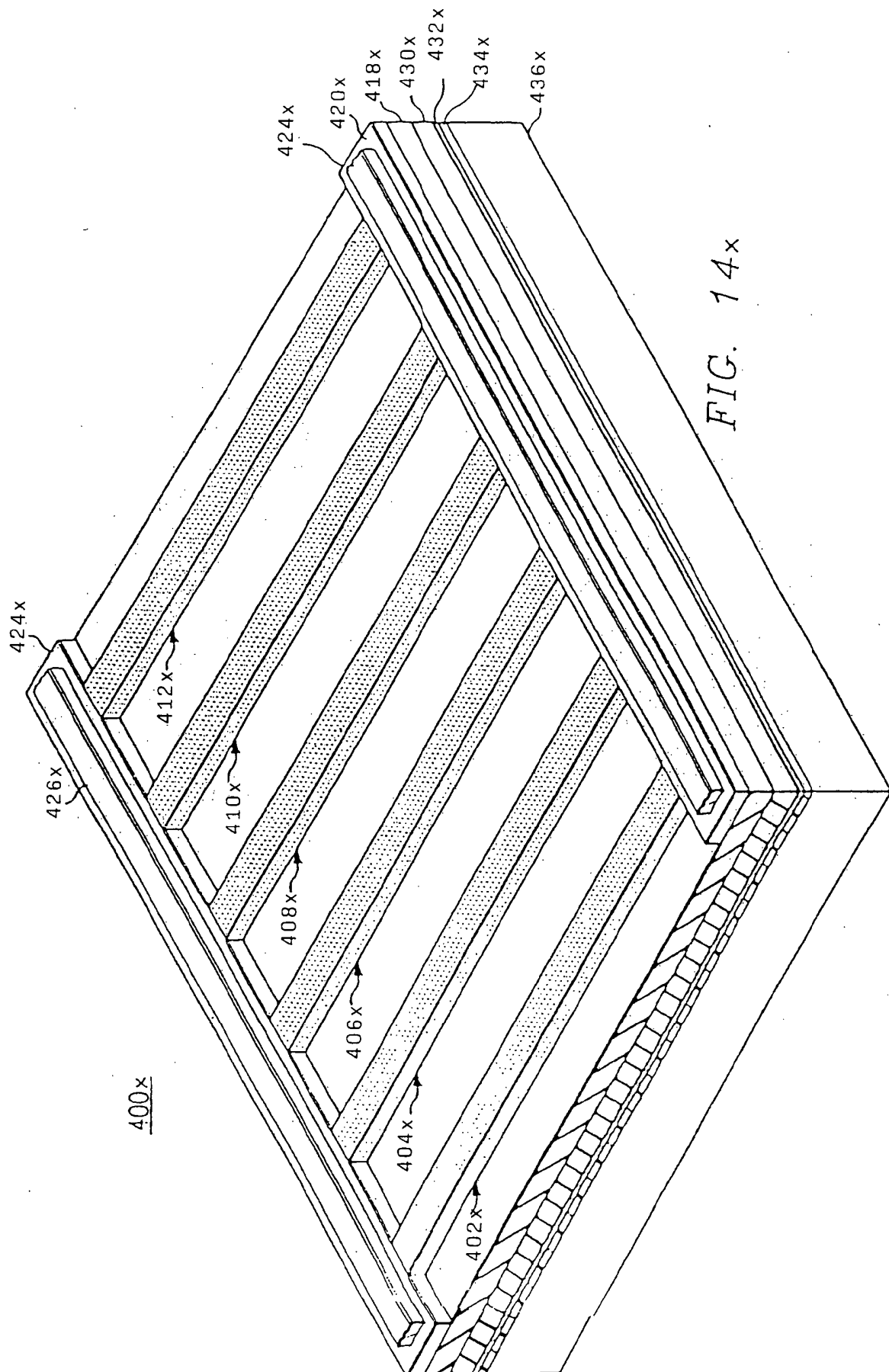


FIG. 14x

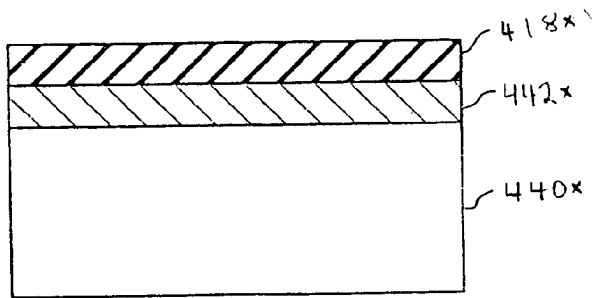


FIG. 15A_x

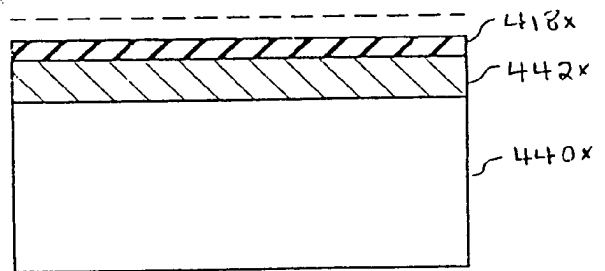


FIG. 15B_x

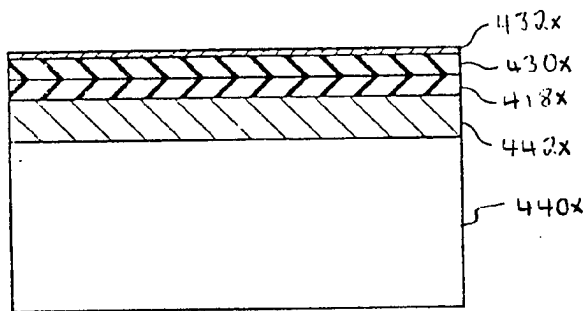


FIG. 15C_x

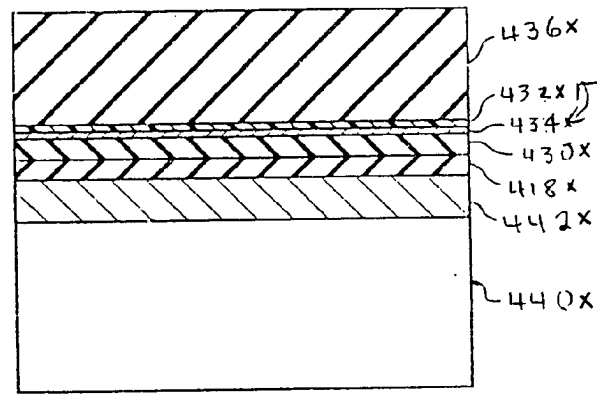


FIG. 15D_x

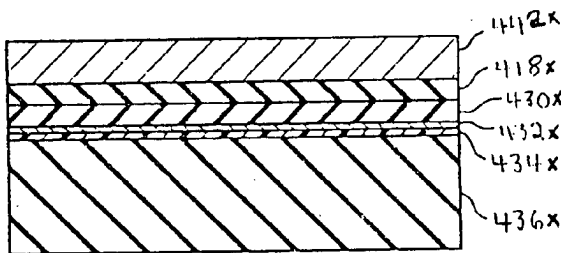


FIG. 15E_x

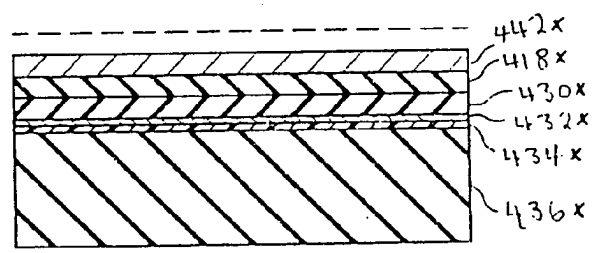


FIG. 15F_x

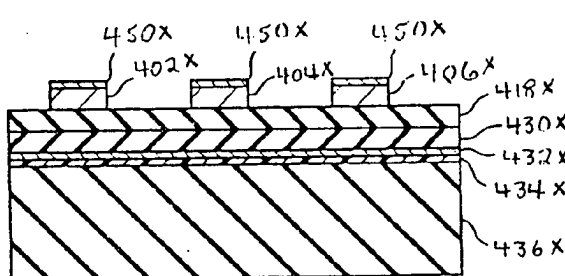


FIG. 15G_x

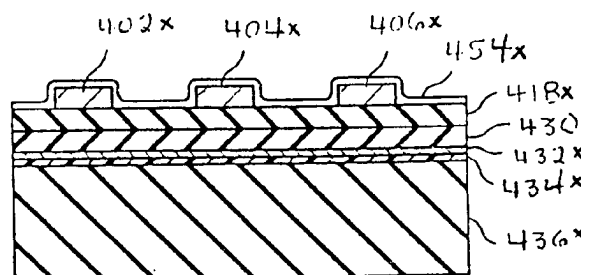


FIG. 15H_x