

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4002297号
(P4002297)

(45) 発行日 平成19年10月31日(2007.10.31)

(24) 登録日 平成19年8月24日(2007.8.24)

(51) Int. Cl.		F I	
GO 1 M 11/00	(2006.01)	GO 1 M 11/00	T
HO 1 L 33/00	(2006.01)	HO 1 L 33/00	Z
HO 4 N 5/33	(2006.01)	HO 4 N 5/33	

請求項の数 11 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願平9-514053	(73) 特許権者	501297550
(86) (22) 出願日	平成8年9月26日(1996.9.26)		キネティック リミテッド
(65) 公表番号	特表平11-513489		イギリス ロンドン エスタブリッシュ 1 イ
(43) 公表日	平成11年11月16日(1999.11.16)		ー 6 ピーディー バッキンガム ゲート
(86) 国際出願番号	PCT/GB1996/002374		8 5
(87) 国際公開番号	W01997/013282	(74) 代理人	100059959
(87) 国際公開日	平成9年4月10日(1997.4.10)		弁理士 中村 稔
審査請求日	平成15年9月19日(2003.9.19)	(74) 代理人	100067013
(31) 優先権主張番号	9519897.4		弁理士 大塚 文昭
(32) 優先日	平成7年9月29日(1995.9.29)	(74) 代理人	100082005
(33) 優先権主張国	英国 (GB)		弁理士 熊倉 禎男
		(74) 代理人	100065189
			弁理士 穴戸 嘉一
		(74) 代理人	100084009
			弁理士 小川 信夫

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 動的赤外場面投影器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

赤外線検出装置を試験するために動的赤外場面投影器として用いられる装置であって、
順方向バイアスの印加された状態で赤外線(14)を放出し、逆バイアスの印加された状態
で赤外線(14)を吸収できる赤外発光ダイオード(5)のアレイ(3)と、
各赤外発光ダイオード(5)によって赤外線(14)が放出され、吸収されるように正極
電流及び負極電流の両方を別々に各赤外発光ダイオードに供給するための駆動回路(C)
と、
を有することを特徴とする装置。

【請求項 2】

前記赤外発光ダイオード(5)は、波長域が3～5 μmの放出線を放出したり吸収するこ
とを特徴とする請求項1記載の装置。

【請求項 3】

前記赤外発光ダイオード(5)は、波長域が8～13 μmの放出線を放出したり吸収する
ことを特徴とする請求項1記載の装置。

【請求項 4】

前記赤外発光ダイオード(5)は、バンドギャップの狭い半導体材料で作られていること
を特徴とする請求項1～3のうちいずれか一つに記載の装置。

【請求項 5】

前記赤外発光ダイオード(5)は、水銀カドミウムテルル(Hg_{1-x}Cd_xTe)材料系を

10

20

基材としていることを特徴とする請求項 4 記載の装置。

【請求項 6】

前記赤外発光ダイオード (5) は、インジウムアルミニウムアンチモン ($\text{In}_{1-x}\text{Al}_x\text{Sb}$) 材料系を基材としていることを特徴とする請求項 4 記載の装置。

【請求項 7】

前記赤外発光ダイオード (5) は、水銀亜鉛テルル ($\text{Hg}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Te}$) 材料系を基材としていることを特徴とする請求項 4 記載の装置。

【請求項 8】

前記赤外発光ダイオード (5) は、インジウムタリウムアンチモン ($\text{In}_{1-x}\text{Tl}_x\text{Sb}$) 材料系を基材としていることを特徴とする請求項 4 記載の装置。

10

【請求項 9】

前記赤外発光ダイオード (5) の表面上に光コンセンレータのアレイを有することを特徴とする請求項 1 ~ 8 のうちいずれか一つに記載の装置。

【請求項 10】

前記光コンセンレータは、ウインストン錐体 (32) であることを特徴とする請求項 9 記載の装置。

【請求項 11】

前記光コンセンレータは、レンズアレイ (30) であることを特徴とする請求項 9 記載の装置。

【発明の詳細な説明】

20

本発明は、赤外線検出装置の試験に用いられる動的赤外場面投影器 (DIRSP) に関する。

赤外線検出装置は一般に、赤外場面 (infrared scene) が観察者に与えられる熱結像装置か、コンピュータにより焦点面からの情報に直接影響が及ぼされる目標検知追尾装置かのいずれかの範疇に属する。動的赤外線場面投影器 (DIRSP) は、サーマルピクチャーシンセサイザーとも呼ばれ、現在では、これら赤外焦点面検出器アレイ装置の動的試験に用いられている。

赤外線検出装置はどれも、静的試験を受けて種々の性能、例えば最小分解温度差 (MRTD)、雑音等価温度差 (NETD) 及び空間解像力 (MTF) を求めると共に赤外装置の性能劣化を適時モニターすることが必要不可欠である。かかる試験では、様々な温度差及び空間周波数で一又は二以上の熱的場面をシミュレートすることが必要である。この試験を実行する既存の一手段は、電気的に加熱された異なる温度の領域又はバーを含む疑似黒体源を利用している。バー相互間の温度差を変化させれば MRTD 又は NETD を定めることができ、これに対して MTF は、当該構造の見かけの大きさから定まる。代表的には、黒体源は大きさが数センチメートルの加熱バーから成るが、かかる加熱バーの周波数応答は低いのでこれを赤外線検出装置の動的試験に用いることはできない。

30

動的試験は、赤外線検出器、光学系、信号処理、ジンバル及び追従アルゴリズムを含むシステム全体の機能を試験する目的上、あらゆる赤外線検出装置に有用であるが、ミサイル検知追尾装置には特に役立つ。要件は、最高 1 kHz のフレームレートで変化させることができる二次元赤外場面をシミュレートし、これを投影することである。一般的には、350 までの温度範囲が必要である。

40

かかる要件を満足するような DIRSP システムは現存しない。開発途上にある従来型 DIRSP システムの一形式は、シリコン集積回路素子で駆動される抵抗加熱形ピクセル又は画素から成る二次元アレイを利用している。しかしながら、かかるシステムは、不都合なほどの相当な量の熱を放散するので、達成可能な最大フレームレートは約 100 Hz である。さらに、実の熱的場面は、「コールドスカイ (cold sky)」が検出器により直接に且つ場面内の金属物体からの反射として見えることに起因して周囲温度と比較して非常に低温の物体を含む場合が多い。抵抗器から成る投影器アレイは、高価で大規模の極低温設備を用いなければかかる低温をシミュレートすることができない。

本発明は、赤外線検出装置の試験のための動的赤外線場面投影器としてアレイ状に配置さ

50

れた赤外発光ダイオードを用いることを提案する。本発明の装置は特に、熱結像装置又は目標検知追尾装置の試験に用いられる。駆動回路により、ダイオードに順方向バイアスと逆バイアスの両方を印加して正のルミネッセンスと負のルミネッセンスの両方の放出が可能となる。発光ダイオードは、ヘテロ構造の装置（例えば米国特許第5,016,073号を参照のこと）であって、負のルミネッセンスを放出できる。本発明は、抵抗加熱方式の従来型システムに係る問題のうち幾つかを解決する。たとえばパワー消失度は低く、従って過度の冷却操作の必要度が小さく、しかも、エレクトロルミネッセンスの基本スイッチング速度は、非常に迅速なフレームレートが可能であるようなものである。さらに、周囲温度よりもかなり低い低場面温度を負のルミネッセンスの使用によりシミュレートできる。

10

本発明によれば、赤外線検出装置を試験するために動的赤外場面投影器として用いられる装置であって、正のルミネッセンスと負のルミネッセンスの両方を放出できるアレイ状に配置された赤外発光ダイオードと、正極電流及び負極電流をそれぞれ別々に各赤外発光ダイオードに供給して正及び負のルミネッセンスが各ダイオード構造から放出されるようにする手段とを有することを特徴とする。

好ましい実施形態では、ダイオード構造は、波長域が $3 \sim 5 \mu\text{m}$ 又は $8 \sim 13 \mu\text{m}$ の放出線を放出したり吸収する。

別の好ましい実施形態では、ダイオード構造は、バンドギャップの狭い半導体材料で作られている。

ダイオード構造は、水銀カドミウムテルル($\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$)材料系、インジウムアルミニウムアンチモン($\text{In}_{1-x}\text{Al}_x\text{Sb}$)材料系、水銀亜鉛テルル($\text{Hg}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Te}$)材料系、インジウムタリウムアンチモン($\text{In}_{1-x}\text{Tl}_x\text{Sb}$)材料系を基材とするのがよい。なお、上記において x は、組成である。

20

本発明の装置は、ダイオード構造の表面上に設けられたアレイ状に配置された光コンセントレータを有するのがよい。

本発明の装置は、ダイオード構造の表面上に設けられたアレイ状のウインストン錐体であるのがよい。

本発明の装置は、ダイオード構造の表面上に設けられたアレイ状のレンズであるのがよい。

今、本発明を次に説明する図面を参照して例示的に説明する。

30

図1は、設計上、従来公知の基本形熱結像装置を試験するシステムの略図である。

図2は、本発明で用いられるようなアレイ状に配置されたエレクトロルミネッセンスダイオードの略図である。

図3は、本発明において使用できる多層ダイオード構造の略図である。

図4は、本発明において使用できる多層ダイオード構造の略図である。

図5は、順方向バイアス及び逆バイアスを受けた状態で InSb 装置から放出された放射線のスペクトルを示すグラフ図である。

図6は、逆バイアスを受けた $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$ 装置に関する負のルミネッセンススペクトル及びスペクトル応答を示すグラフ図である。

図7は、本発明の装置で使用できる代表的な浸漬光学系の略図である。

40

図8は、本発明の装置中に光コンセントレータとして使用できるウインストン錐体の代表的な配置例を示す略図である。

図9は、正負両極性の電流をダイオードアレイに供給するのに使用できる電子回路の線図である。

図10は、ダイオードアレイの行・列アドレス指定回路のブロック図である。

図1を参照すると、代表的な熱結像装置が、アレイ状に配置された赤外線検出器1及び関連のレンズ又はレンズ系2を有している。動的赤外場面投影器は、投影器アレイ3及び関連のレンズ又はレンズ系4を有している。投影器アレイ及び検出器アレイのための制御エレクトロニクスも示されている。赤外線検出器アレイ1は、例えば抵抗形放射エネルギー検出器又は光起電力検出器から成るアレイである。既存のシステムでは、投影器アレイ3は

50

、シリコン集積回路素子によって駆動される二次元の抵抗器アレイである。しかしながら、かかるシステムに関連して幾つかの問題がある。例えば、これらシステムは、低いフレームレート（ $\sim 100\text{ Hz}$ ）で動作できるにすぎず、また大がかりな極低温冷却操作を用いて低温シミュレーションを達成できるにすぎない。これらはまた、不都合なほどの相当な量の熱を放散する。

本発明では、投影器アレイ 3 は、正のルミネッセンスと負のルミネッセンスの両方を放出できるアレイ状の赤外発光ダイオード構造である。アレイ状の発光ダイオード（エレクトロルミネッセンスダイオードとも呼ばれる）の単純略図が図 2 に概略的に記載されている。発光ダイオードアレイは、任意の数のダイオード素子（又はピクセル）5 を有するのがよく、最適個数は、試験中の赤外線検出器アレイ中の素子の数で決まる。分かりやすくするため、5 行（6） \times 5 列（7）のアレイが示されているが、実際には、アレイはこれよりも多い。一般に、投影器アレイ中のピクセルの数は、試験中の検出器アレイ中のピクセルの数に最低限等しくあるべきであり、理想的には、エイリアシングを回避するために検出器アレイ中のピクセル数の 4 倍である（即ち、行 - 列の各方向において、それぞれ 2 倍）。例えば、もし赤外線検出装置が 256×256 アレイの InSb 検出器を備えていれば、これは好ましくは 512×512 の投影器アレイで動作されることになる。

エレクトロルミネッセンスダイオード構造を用いる動的赤外場面投影器は、二次元抵抗器アレイを用いる既存のシステムに比べて幾つかの利点を有している。例えば、本発明の装置からの負のルミネッセンスを用いることにより、既存のシステムで必要な過度の冷却操作を行わずに低温をシミュレートすることができる。また、かかるルミネッセンスアレイの採用により、既存のシステムで達成できる画像フレームレートよりも迅速な画像フレームレートを用いることができる。

図 3 及び図 4 は、それぞれ $\text{In}_{1-x}\text{Al}_x\text{Sb}$ 及び $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$ から成るダイオード構造の略図を示している。なお、上記において x は組成である。当初、ダイオード構造を適当な基板上にエピタキシャル成長させる。アレイは、標準的な技術、例えばメサエッチング又はイオンビーム加工を用いて基板上に形成される。これらの方法は、当業者にとっては従来技術である。

図 3 を参照すると、図示の装置は、 $\text{InSb} / \text{In}_{1-x}\text{Al}_x\text{Sb}$ 系を用いており、 $\text{P}^+ - \text{P}^- - \text{n}$ の 4 層構造を有しており、この構造中、 P^+ 層 8 は、 $\text{In}_{0.85}\text{Al}_{0.15}\text{Sb}$ 形態のものである。これは、例示に過ぎず、実際には多数の組成及びドーピングレベルの組合せのうちの一つを有する。この構造は、 InSb 基板 9 上に分子線エピタキシーによって成長させたものであるのがよく、この手法は、当業者にとっては周知技術である（ティール・アシュレイ氏等の *Semicond. Sci. Tech.* 8 S386 (1993) 参照）。

P^+ 層 10 の目的は、 $\text{In}_{0.85}\text{Al}_{0.15}\text{Sb}$ 領域 8 に対する低抵抗低注入接点を提供することにある。 n^+ 領域 11 の厚さは $1\text{ }\mu\text{m}$ であり、この領域には、シリコン（ Si ）が $2 \times 10^{18}\text{ cm}^{-3}$ の電気レベルまでドーピングされている。 P^+ （10）領域及び P^+ （8）領域には、ベリリウム（ Be ）が $2 \times 10^{18}\text{ cm}^{-3}$ のレベルまでドーピングされ、これら領域の厚さはそれぞれ、 $1\text{ }\mu\text{m}$ 及び $200\text{ }\mu\text{m}$ である。 $\text{In}_{1-x}\text{Al}_x\text{Sb}$ キャリヤ 8 の組成 x は 0.15 である。中央の領域 12 の厚さは $1.3\text{ }\mu\text{m}$ であり、これには故意にドーピングを行っていない。直径が $300\text{ }\mu\text{m}$ の円形ダイオードが、メサエッチングによって P^+ 領域 10 に形成されている。スパッタされたクロム / 金接点 13 が、各メサ構造の頂部及び P^+ 領域 10 に被着されている。また、メサ構造から放出された赤外線 14 が示されている。この構造の表面を例えば $0.7\text{ }\mu\text{m}$ の酸化錫の反射防止膜（図示せず）で被覆するのがよい。

図 4 を参照すると、本装置は、 $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$ 系を利用しており、 $\text{P}^+ - \text{P}^- - \text{n}^+$ の 3 層構造を有している。この構造は、 GaAs 基板上に相互拡散多層膜法を用いて金属有機気相エピタキシーによって成長させたものであるのがよい（エス・ジェイ・シー・アーヴィン氏等の *Materials Letters* 2, 305 (1984) 参照）。この方法は、当業者にとっては従来技術である。この例では、 $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$ 装置は、活性領域 15 中では $x = 0.184$ の組成、 P^+ 領域 16 中では $x = 0.35$ の組成、 n^+ 領域 17 中では $x = 0.23$ の組成になっている。 P^+ 層及び P^+ 層には、砒素がそれぞれ $7 \times 10^{15}\text{ cm}^{-3}$ 及び 1×1

10

20

30

40

50

0.17 cm^{-3} のレベルまでドーブされ、 n^+ 領域にはヨウ素が $3 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ のレベルまでドーブされている。ダイオード構造は、円形溝をエッチングすることによって材料のモノリス内に構成されていて、それにより p^+ 領域への共通接点18を備えた所要数の素子の直線状アレイを形成する。次に、厚さが約 $0.3 \mu\text{m}$ の硫化亜鉛（図示せず）で完全なメサ素子のパッシベーションを行ない、これをクロム／金で金属化する。代表的なメサ直径は $4.5 \mu\text{m}$ であろう。アレイをサファイア支持体21上の金リードアウトパターン20上へ接合するインジウムバンプによってメサへの電気接点19を達成するのがよい。この方法は、当業者にとっては従来技術である。

熱結像カメラの動作波長範囲は、ルミネッセンスダイオードアレイで使用される適当な材料構造を決定する。 $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$ 又は $\text{In}_{1-x}\text{Al}_x\text{Sb}$ 材料を利用するダイオード構造は、波長域が $3 \sim 5 \mu\text{m}$ の赤外線を放出する。また、 $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$ 材料を利用する装置は、波長域が $8 \sim 13 \mu\text{m}$ の赤外線を放出する。変形例として、ダイオード構造を、他のバンドギャップの狭い半導体、例えば $\text{Hg}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Te}$ 又は $\text{In}_{1-x}\text{Tl}_x\text{Sb}$ で作ってもよい。

負のルミネッセンスの現象を説明するため、順方向バイアス22及び逆バイアス23の両方が印加された状態の InSb 装置からの放出放射線のスペクトルが図5に示されている。ルミネッセンススペクトル24中の最小値は、 $6.0 \mu\text{m}$ のところで生じ、正のルミネッセンススペクトル25中のピークは、 $5.8 \mu\text{m}$ のところに生じている。破線26は、正味の帯間放射再結合のための理論的計算結果を示している。

図6は、逆バイアスが印加された状態の $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$ 装置の負のルミネッセンス放出スペクトル27を示している。単一のピーク28が、約 $8.5 \mu\text{m}$ の波長のところに見られ、長い波長テールが $10 \mu\text{m}$ を越えるところまで延びている。図6は又、検出器（逆モードで動作する）として用いられる場合の装置29のスペクトル応答を示している。

赤外線検出装置で必要な場合が多い比較的大きなアレイは、比較的高い電流を有している。例えば、効率的な負のルミネッセンスのための適当な層厚さを備えた InSb 装置は、 $15 \sim 20 \text{ A cm}^{-2}$ の逆飽和電流密度を有している。この数値を最小限に抑えると共に高いルミネッセンス出力を維持することが望ましい。これはコンセントレータの使用によって達成できる。

例えば、図7を参照すると、曲率半径が $120 \mu\text{m}$ のレンズ30が、イオンビーム加工によって縮退的にドーブした InSb の状態で形成されている。この目的のためのイオンビーム加工法は、当業者にとっては従来技術である。レンズを多数の材料から形成するのがよい。例えば、 $\text{In}_{1-x}\text{Al}_x\text{Sb}$ 構造を利用する装置については、レンズは好ましくは InSb から作られ、 $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$ 構造を利用する装置については、レンズは好ましくは CdTe 又は CdZnTe から形成される。

この例では、ダイオードアレイ素子5（発光領域）の直径は $20 \mu\text{m}$ である。出力放射線14はレンズ30によって集束されて $f/2$ 錐体（ここで f はFナンバーである）の状態になる。各レンズの曲率半径は、各ダイオード素子5から放出された放射線がダイオードへ反射して戻らず、試験中の検出器アレイに順方向に伝達されるようなものである。放射線放出の源となる領域を小さく維持することによって、ダイオード構造中の電流は減少し、これに対し、レンズ系は、負のルミネッセンス効率が高くなるようにする（負のルミネッセンス効率は、ダイオード5によって吸収される装置の前面に当たる赤外放射線の比率である）。ダイオードアレイはシリコン多重化回路31によって駆動され、かかるシリコン多重化回路の一例を以下に説明する。

図8を参照すると、望ましい効率及び電流密度も又、ウィンストン錐体32を用いることによって達成できる。この例では、直径が $20 \mu\text{m}$ のダイオード5から放出された放射線14は、錐体33の壁のところで全反射し、その後、最終的には装置の表面34aに到達する。この表面34aは、錐体のアレイに被着された反射防止膜34の表面であるのがよい。錐体の形状は、この表面34aに入射する放出放射線14が、反射しないで透過するような角度をなすように設計されている。この構成を用いると、放出領域の表面積は小さく維持され、したがって小電流が流れるようになり、高い負のルミネッセンス効率が達成

10

20

30

40

50

される。約 2 A cm^{-2} の平均電流密度に等価な電流をこの構成によって達成できる。

InSb 装置については、錐体は InSb 基板中に形成され、その錐体の形成はイオンビーム加工によって行なわれる。変形例として、化学エッチングを用いても、表面をこのように製造することができ、この方法は、当業者にとっては従来技術である。

電流を赤外発光ダイオードアレイに供給するのに使用可能な電子回路の一例が、図 9 に示されている。正のルミネッセンスと負のルミネッセンスの両方を利用するためには、両極性の電流を各ダイオード素子又はピクセル 5 に供給するための手段を設けることが必要不可欠である。特定のピクセル内において正のルミネッセンスの放出が必要であるか、或いは負のルミネッセンスの放出が必要であるかに応じて、正の電流又は負の電流のいずれかをいつでも各ダイオード 5 に供給する。これは、この回路又はダイオードアレイを駆動するの

10

のに用いられる他の任意の回路の必須の特徴である。回路“C”は、シリコンアドレス指定回路の各ピクセルのところに構成されている。この回路は、デジタル行アドレス選択ライン 40 及びデジタル列アドレス選択ライン 41 を有し、したがって各ピクセルが個々にアドレス指定されるようになる。2つの電界効果トランジスタ(FET) 42a, 42b が各ピクセル 5 と連携していて、一方は行の選択に、他方は列の選択に用いられる。外部アナログ電圧が別の入力ライン 43 を通って供給され、これには、2レベル金属相互接続が必要になるであろう。アナログラインは電圧を一度に、完全な列の一つに供給する。

この回路はまた、Nチャネルエンハンスメント形 FET 44、Pチャネルエンハンスメント形 FET 45、キャパシタ 46、限流目的のための抵抗素子 47 を有している。実際には、このキャパシタは、FET 44, 45 のゲートキャパシタンスであるのがよい。赤外発光ダイオード 5 も又、アドレス指定回路に関連して示されている。2つの FET の特性は、当業者には周知であり、またセ(Sze)氏による「半導体デバイスの物理学(Physics of Semiconductors Device)」(第2版(ジョン・ワイリー・アンド・サンズ社, 1981))の記載から明らかである。

20

簡単な 5×5 アレイ(図2参照)についての行-列アドレス指定回路のブロック図が図10に記載されている。回路“C”(図9参照)は、アレイの各ピクセル 5 のところに構成されており、行アドレスライン、列アドレスラインはそれぞれ符号 47, 48 で示されている。各フレームサイクルごとに、行-列アドレス指定手順は、最初の FET スイッチを選択し、そして電荷がキャパシタ 46 上に存在することができるようこれを閉じる。キャパシタ上の電荷は、次のリセットが開始されるまでダイオード 5 を通る電流を制御する。閾値よりも高い電圧がキャパシタ 46 に印加されると、Nチャネルエンハンスメント形 FET 44 はオン状態となり、そして負のルミネッセンスを生じさせる極性で電流をダイオード 5 中へ流す。閾値よりも低い電圧がキャパシタ 46 に印加されると、Nチャネルエンハンスメントモードがオフになると共に Pチャネルエンハンスメント型 FET 45 がオンになり、正のルミネッセンスを生じさせる極性で電流をダイオード 5 中へ流すことになる。ダイオード上の電荷の中間レベルにより、中間レベルのルミネッセンス又は「グレースケール」を用いることができる。

30

事実、エレクトロルミネッセンスダイオードの基本スイッチング速度は、1 MHz を超える。したがって、かかるシステムで達成できるフレームレートは、各ピクセルの熱時定数によってではなく、マルチプレクサ駆動回路の周波数によって決定される。

40

Fig.1. 従来技術

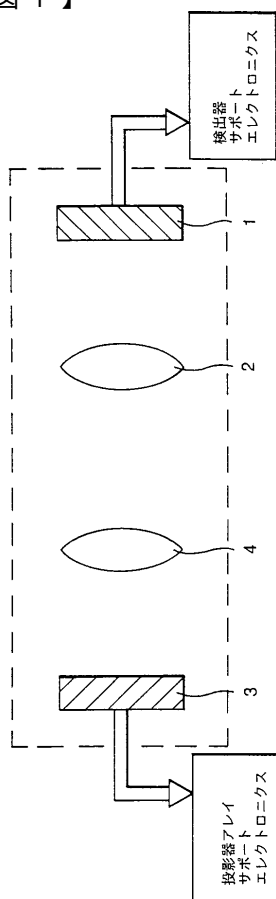


Fig.2.

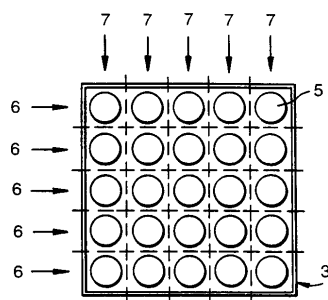


Fig.3.

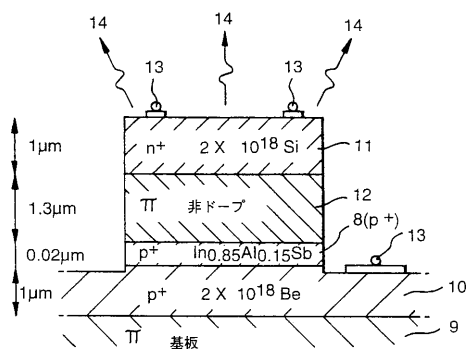


Fig.4.

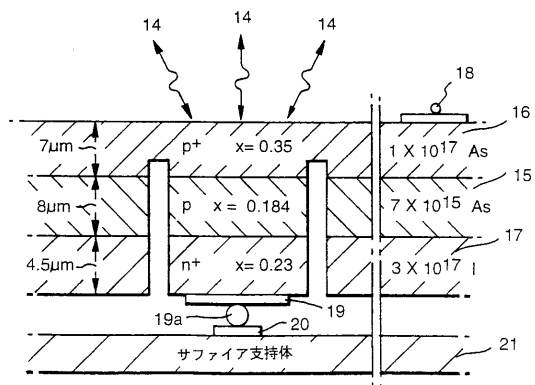
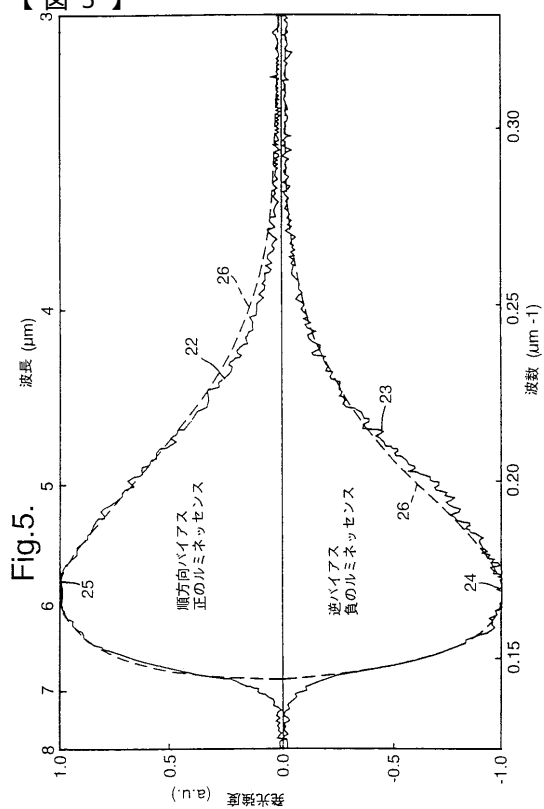
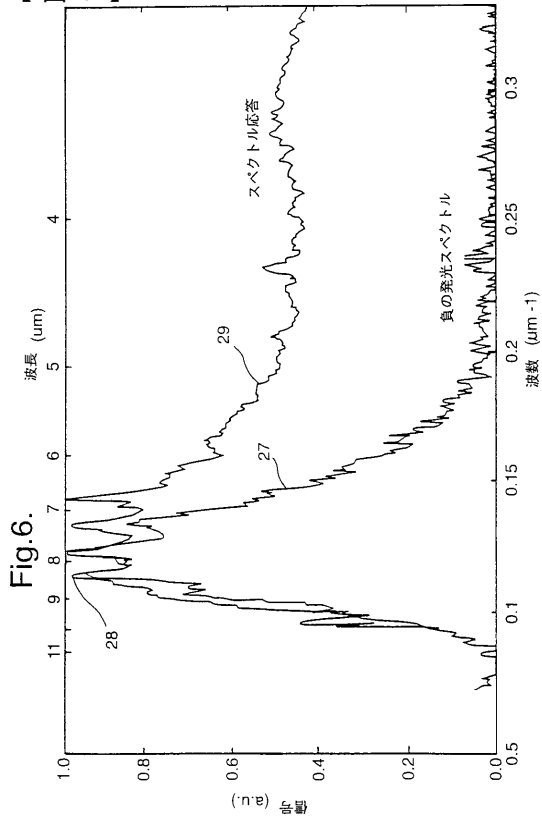


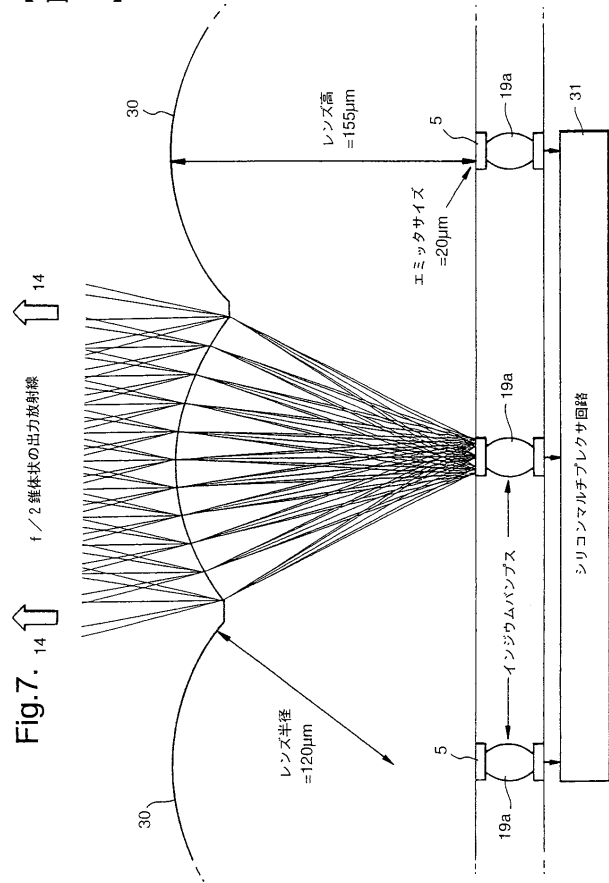
Fig. 5.



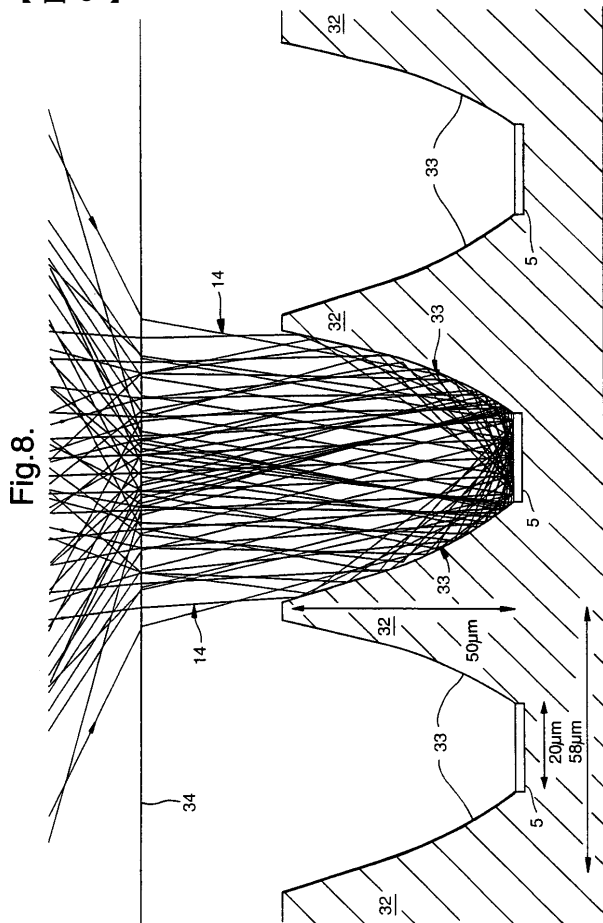
【図 6】



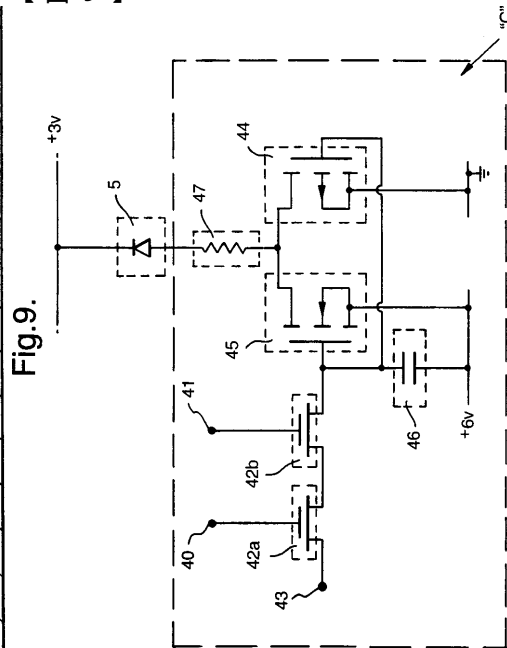
【図 7】



【図 8】

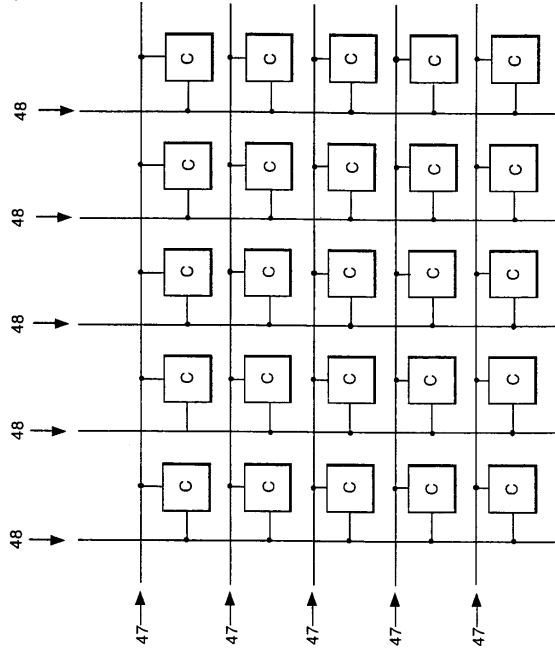


【図 9】



【 図 1 0 】

Fig.10.



フロントページの続き

- (74)代理人 100086771
弁理士 西島 孝喜
- (74)代理人 100084663
弁理士 箱田 篤
- (72)発明者 アシュレイ ティモシー
イギリス国 ウースターシャー ダブリューアール14 3ピーエス モルヴァーン セント ア
ンドリュース ロード(番地なし)ディフェンス リサーチ エージェンシー
- (72)発明者 エリオット チャールズ トーマス
イギリス国 ウースターシャー ダブリューアール14 3ピーエス モルヴァーン セント ア
ンドリュース ロード(番地なし)ディフェンス リサーチ エージェンシー
- (72)発明者 ゴードン ニール トムソン
イギリス国 ウースターシャー ダブリューアール14 3ピーエス モルヴァーン セント ア
ンドリュース ロード(番地なし)ディフェンス リサーチ エージェンシー

審査官 田邊 英治

- (56)参考文献 特開平07-170457(JP,A)
米国特許第5016073(US,A)
特開昭61-026269(JP,A)
米国特許第5214292(US,A)
ASHLEY T ET, Room temperature narrow gap semiconductor diodes as sources and detecto
rs in the 5-10 μ m wavelength region, JOURNAL OF CRYSTAL GROWTH, NL, 1996年 2
月, vol.159, no. 1-4, pages 1100-1103
DMITRIEV E I ET AL, Dynamic infrared scene simulators, JOURNAL OF OPTICAL TECHNOL
OGY, 米国, 1994年, vol. 61, no, pages 711-719

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01J 1/00 - 1/60
G01J 5/00 - 5/62
G01M 11/00 - 11/08
H04N 13/00 - 17/06
H04N 5/30 - 5/335