

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4410071号
(P4410071)

(45) 発行日 平成22年2月3日(2010.2.3)

(24) 登録日 平成21年11月20日(2009.11.20)

(51) Int. Cl.		F I			
H O 1 L	27/14	(2006.01)	H O 1 L	27/14	K
G O 1 J	1/02	(2006.01)	G O 1 J	1/02	C

請求項の数 5 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2004-272208 (P2004-272208)
(22) 出願日	平成16年9月17日 (2004.9.17)
(65) 公開番号	特開2006-86465 (P2006-86465A)
(43) 公開日	平成18年3月30日 (2006.3.30)
審査請求日	平成17年8月31日 (2005.8.31)

(73) 特許権者	000003078 株式会社東芝 東京都港区芝浦一丁目1番1号
(74) 代理人	100109900 弁理士 堀口 浩
(72) 発明者	藤原 郁夫 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝 研究開発センター内
審査官	恩田 春香

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 赤外線固体撮像装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

内部に中空構造を有する半導体基板上部に形成され、入射赤外線を吸収し熱に変換するための赤外線吸収部と、

前記中空構造上部に形成され、前記赤外線吸収部で発生した熱による温度変化を電気信号に変換する p n 接合ダイオードから構成される熱電変換部と、

前記赤外線吸収部と前記熱電変換部の間に存在し、かつ前記熱電変換部への可視光の入射を遮断する、厚さが 0.5 ~ 0.6 μm である可視光遮断層と、
を具備する事を特徴とする赤外線固体撮像装置。

【請求項2】

前記熱電変換部は、p n 接合ダイオードを逆バイアス接続することを特徴とする請求項1記載の赤外線固体撮像装置。

【請求項3】

前記可視光遮断層は、少なくとも前記熱電変換部を遮蔽する構造であることを特徴とする請求項1又は2記載の赤外線固体撮像装置。

【請求項4】

内部に中空構造を有する半導体基板上に形成された第一の半導体層と、

前記第一の半導体層内に形成される第一導電型の第一不純物領域と、

前記第一不純物領域中に形成される第二導電型の第二不純物領域と、

前記第一の半導体層上部に形成され、前記第一不純物領域及び前記第二不純物領域をそ

10

20

れぞれ接続する配線層と、

前記配線層上に形成され、厚さが $0.5 \sim 0.6 \mu\text{m}$ である可視光遮断層と、

前記可視光遮断層上部に形成される、二層のそれぞれ材料の異なる絶縁層からなる赤外線吸収層と

を具備することを特徴とする赤外線固体撮像装置。

【請求項5】

前記第一不純物領域と前記第二不純物領域とでpn接合を形成し、このpn接合を逆バイアス状態で動作させることを特徴とする赤外線固体撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は、赤外線センサ等で用いられる赤外線固体撮像装置に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、室温に冷却する必要がない、非冷却型の赤外線固体撮像装置の開発が盛んになってきている。非冷却型赤外線固体撮像装置においては、波長 $10 \mu\text{m}$ 付近の入射赤外線を赤外線吸収構造により熱に変換した上で、この微弱な熱により生じる感熱部の温度変化を熱電変換部により電気的信号に変換し、この電気的信号を読み出すことで赤外線画像情報を得ている。

【0003】

20

上記非冷却赤外線固体撮像装置においては、冷却装置が必要ないことから小型化、オンチップ化が可能であり、民生応用を念頭においた低価格化の方向に進んでいる。このような背景で、従来のCMOS LSIとほとんどの製造工程を共有できるシリコンpn接合ダイオードを用いた非冷却赤外線固体撮像装置が注目を集めている。しかし、かかるシリコンpn接合ダイオード型では、赤外線固体撮像装置の感度指標である dV/dT が低く、よりS/N比を向上させる必要がある。

【0004】

pn接合ダイオードの雑音成分としては、シリコン基板表面のラフネスや表面準位に起因する $1/f$ ノイズ、バイアス電流量に依存する熱ノイズ、pn接合を通過する電流量のばらつきに起因するショットノイズがある。この内、 $1/f$ ノイズに関しては、シリコンバルクを電流経路とする縦型pn接合構造とすることで、回避することができ、S/N比の向上が望める。

30

【0005】

また、上記非冷却型赤外線固体撮像装置においては、入射赤外線を熱に変換する感熱部(赤外線吸収構造)とその熱を電気的信号に変換する熱電変換部からなる赤外線検出部を熱的に周囲から分離し、熱電変換効率を向上することが、赤外線感度向上の上で必須となる。

【0006】

そこで、赤外線固体撮像装置は真空パッケージに実装されると共に、赤外線検出部周辺のシリコン基板、及び、素子分離酸化膜をエッチング除去し空洞化することにより、支持基板への熱の拡散を抑える方法が取られている。

40

【0007】

この時、赤外線検出部から支持基板への熱輸送は、赤外線検出部を支持基板内部の中空構造上に支持する支持構造を介した熱伝導によるものが支配的であり、低熱伝導率の材料からなる脚状の支持構造を、設計上可能な範囲で、より細く、より長くレイアウトすることが行われているが、画素サイズが $40 \mu\text{m} \times 40 \mu\text{m}$ 程度に微細化されつつある中で、これ以上の大幅な感度向上を実現することは難しくなっている。

【0008】

従来、シリコンpn接合ダイオードを用いた赤外線撮像装置としては、pn接合の順方向特性の温度依存性をしてきたが、 dV/dT が十分高く取れなかった。

50

【 0 0 0 9 】

そこで従来例として、 dV/dT の大きいpn接合逆バイアスを用いた赤外線撮像装置が提案されている(特許文献1参照)。

【特許文献1】特開平3-212979号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 1 0 】

ところが、従来例においては、pn接合に逆バイアスを印加する為、少しでも可視光がpn接合ダイオードに入射すると、フォトダイオードとして動作し、赤外線センサとしての機能が失われてしまう問題点があった。

10

【 0 0 1 1 】

本発明は上記実情に鑑みてなされたものであり、より高い感度を有するシリコンpn接合ダイオード型の赤外線固体撮像装置を提供することを目的とするものである。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 2 】

上記の課題を解決するために本発明の赤外線固体撮像装置は、内部に中空構造を有する半導体基板上部に形成され、入射赤外線を吸収し熱に変換するための赤外線吸収部と、前記中空構造上部に形成され、前記赤外線吸収部で発生した熱による温度変化を電気信号に変換するpn接合ダイオードから構成される熱電変換部と、前記赤外線吸収部と前記熱電変換部の間に存在し、かつ前記熱電変換部への可視光の入射を遮断する可視光遮断層とを具備する事を特徴とする。

20

【発明の効果】

【 0 0 1 3 】

本発明の赤外線固体撮像装置においては、赤外線吸収部と熱電変換部との間に、熱電変換部を遮蔽するように可視光遮断層が形成されている構造となっている。この構造により、熱電変換部のpn接合ダイオードが逆バイアス接続されている場合にフォトダイオードとして動作することが抑制されるため、熱電変換部が誤動作することがない。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 1 4 】

以下、図面を参照しつつ本発明の実施の形態について説明する。

30

【 0 0 1 5 】

【実施例1】

まず、本発明の実施例1である赤外線固体撮像装置について、図1、2を用いて説明する。

【 0 0 1 6 】

図1は赤外線固体撮像装置の上面図であり、図2は図1のA-A'における断面図である。図2において、シリコン基板201上に埋め込みシリコン酸化層202、SOI層203が順次積層されている。シリコン基板201には中空構造であるダイアフラム228が形成されており、赤外線を吸収することで発生した熱がシリコン基板201に逃げるのを防止する役割を果たす。SOI層203中には、トレンチ構造中に酸化シリコンが埋め込まれた、素子分離酸化膜204が形成されている。

40

【 0 0 1 7 】

素子分離酸化膜204に挟まれたSOI層203の部分(熱電変換素子領域)の底部には、不純物濃度が $4 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$ である p^+ 電極領域207が形成される。 p^+ 電極領域207の上部には、導電型がp型で不純物濃度が $1.5 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$ であるpn接合ダイオード領域205が形成されており、この領域に熱電変換によって発生した電荷が蓄積する。そしてpn接合ダイオード領域205内であって、SOI層203表面の領域には、不純物濃度が $5 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$ である n^+ 電極領域206が形成され、この n^+ 電極領域206表面からpn接合ダイオード領域205と n^+ 電極領域206とで構成するpn接

50

合ダイオードの一方の電極が引き出される。さらに、 p^+ 電極領域207に接続するように、不純物濃度が $4 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$ である p^+ 領域209が形成されている。この p^+ 領域209上には、不純物濃度が $2 \times 10^{14} \text{ cm}^{-2}$ である p^+ コンタクト拡散層領域208が形成され、この p^+ コンタクト拡散層領域208の表面から上記pn接合ダイオードの他方の電極が引き出される。

【0018】

上記熱電変換素子領域が設けられていないSOI層203表面(これを「周辺領域」とする)には、ゲート210、側壁212とで構成された周辺回路212が形成されており、この周辺回路により、上記熱電変換素子領域で発生した電荷が読み出され、信号処理される。

10

【0019】

SOI層203上には、シリコン酸化膜からなる第一の層間絶縁膜221が形成される。第一の層間絶縁膜221中には、タングステン等の部材からなり、 n^+ 電極領域206に接続された第一コンタクト電極222-1、 p^+ コンタクト拡散層領域208に接続された第二コンタクト電極222-2が形成されている。

【0020】

第一の層間絶縁膜221上には第二の層間絶縁膜224が形成され、その上部にはアルミニウムからなり、厚さが $0.5 \sim 0.6 \mu\text{m}$ である可視光遮断層225が形成される。この可視光遮断層225はアルミニウム単層であってもよいが、可視光を完全に遮断するためには、例えば5nmのTiN、60nmのTi、 $0.5 \mu\text{m}$ のAl、20nmのTiN、及び10nmのTiの積層構造であってもよい。可視光遮断層225上には、シリコン酸化膜226、シリコン窒化膜227がこの順で積層され、これらで赤外線吸収層228を構成する。

20

【0021】

図2の赤外線固体撮像装置によれば、赤外線吸収層228と熱電変換素子領域との間に厚さが $0.5 \sim 0.6 \mu\text{m}$ である可視光遮断層225が形成されており、この層が熱電変換素子領域に可視光が入射するのを防止する役割を果たす。従来では、熱電変換素子領域に可視光が入射することで、熱電変換素子がフォトダイオード的な動作をし、pn接合ダイオード領域205に蓄積していた電荷が赤外線固体撮像装置固有の読み出しクロック以外のタイミングで n^+ 電極領域206に向けて流出することによる、ダイオードの温度変化による電流上昇分が帳消しになっていた。そこで、本実施例では、pn接合ダイオードを構成する熱電変換素子領域の直上に可視光遮断層としてAlを挿入し、可視光、赤外線共に反射し、赤外線のみ上部の吸収膜にて吸収、熱に変換することにより、赤外線成分のみを信号として取り出す事ができる。

30

【0022】

次に、本発明の実施例1の赤外線固体撮像装置の製造方法につき、図3乃至図10を用いて説明する。

【0023】

まず、図3に示すように、半導体基板として単結晶シリコン支持基板201上に埋め込みシリコン酸化膜層202、単結晶シリコン層203が順次積層された、いわゆるSOI基板200を準備する。

40

【0024】

次に、図4に示すように、STI(Shallow-Trench-Isolation)構造により素子分離を行う。すなわち、フォトリソグラフィ技術により素子分離領域を規定し、素子分離領域の単結晶シリコン層203を、RIE(Reactive-Ion-Etching)によりエッチング除去した後に、素子分離酸化膜204をCVD(Che-mical-Vapor-Deposition)により埋め込み、CMP(Che-mical-Mechanical-Polishing)で平坦化する。このとき、図1における支持構造234の部分も素子分離領域として定義され、素子分離酸化膜204が埋め込まれる。

50

【 0 0 2 5 】

素子分離酸化膜 2 0 4 形成後、図 5 に示すように、熱電変換素子となる p n 接合ダイオードを形成する手段として、まずフォトリソグラフィ技術により p 型拡散層領域を規定し、イオン注入により、例えばホウ素を 75 keV 、 $1.5 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$ で注入し、p n 接合ダイオード領域 2 0 5 を形成する。次に、同様にして、SOI 層 2 0 3 の浅い領域に n^+ 拡散層領域を規定し、例えば As を 40 keV 、 $5 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$ で注入し、 n^+ 電極領域 2 0 6 を形成する。次に、同様にして、SOI 層 2 0 3 の深い領域に p^+ 電極領域 2 0 7 を、例えば B を 7 keV 、 $4 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$ で注入して形成し、基板表面に形成した p^+ コンタクト拡散層領域 2 0 8 と、これと p^+ 電極領域 2 0 7 を接続する為に、基板深さ方向に伸張した p^+ 領域 2 0 9 を形成する。これらの形成条件（イオン注入条件）として、例えば、 p^+ コンタクト拡散層領域 2 0 8 は、B を 130 keV 、 $2 \times 10^{14} \text{ cm}^{-2}$ であり、 p^+ 領域 2 0 9 は、B を 100 keV 、 $2.5 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$ 及び 75 keV 、 $6 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$ 及び 40 keV 、 $1.5 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$ 及び 7 keV 、 $4 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$ である。

10

【 0 0 2 6 】

次に、図 6 に示すように、ポリシリコン層 2 1 0 を形成した後に、フォトリソグラフィと R I E によって支持構造 2 3 4 を加工する。本工程では周辺回路に使用する M O S トランジスタのゲート電極 2 1 0 も同時に形成される。その後シリコン窒化膜を C V D により基板全面に形成し、R I E によりエッチバックする事により、ゲート電極および支持配線による段差部に側壁 2 1 1 形成する。この状態で、ゲート電極 2 1 0、側壁 2 1 1 をマスクとしてイオン注入により、自己整合的にソースドレイン不純物領域を形成する。

20

【 0 0 2 7 】

次に、図 7 に示すように、SOI 層 2 0 3 全体にシリコン窒化膜を C V D により堆積し、熱電変換素子領域における p n 接合ダイオードの n^+ 電極領域 2 0 6、 p^+ コンタクト領域 2 0 8 以外の領域にフォトマスクを形成し、シリコン窒化膜の R I E を行い、シリサイドブロック膜 2 1 7 を形成する。これにより、p n 接合ダイオードの n^+ 電極領域 2 0 6、 p^+ 領域コンタクト 2 0 8 がシリサイドにより導通してしまうのを防ぐ。その後、ゲート電極、支持配線、側壁 2 1 2 およびシリサイドブロック膜 2 1 7 をマスクとして、ゲート絶縁膜を希弗酸等によりエッチングし、M O S トランジスタ 2 1 3 のゲート電極 2 1 1、ソースドレイン領域、及び、p n 接合ダイオードの n^+ 電極領域 2 0 6、 p^+ コンタクト領域 2 0 8 のシリコン層を露出させる。次に、シリサイド形成のためのチタン膜 2 1 8 を全面に堆積する。この状態から、適当なアニール処理を行うことで、M O S トランジスタ 2 1 3 のゲート電極 2 1 1、ソースドレイン領域、p n 接合ダイオードの n^+ 電極領域 2 0 6、 p^+ コンタクト領域 2 0 8、および支持配線の露出シリコンは、チタン膜 2 1 8 と反応し、チタンシリサイド層 2 1 9 が形成される。チタンシリサイド層 2 1 9 形成後は硫酸と過酸化水素の混合液によって、シリサイド反応しない領域のチタン膜 2 1 8 を除去する。

30

【 0 0 2 8 】

次に、図 8 に示すように、SOI 層 2 0 3 全面にシリコン窒化膜 2 2 0、シリコン酸化膜を材料とする第一の層間絶縁膜 2 2 1 を C V D により堆積し、C M P により平坦化を行う。

40

【 0 0 2 9 】

次に、図 9 に示すように、第一の層間絶縁膜 2 2 1 にコンタクトホール 2 2 2 を R I E により形成し、C V D によりタングステンを SOI 層 2 0 3 全面に堆積し、C M P を行う事で、コンタクトホールの埋め込みを行い、第一コンタクト電極 2 2 2 - 1、第二コンタクト電極 2 2 2 - 2 を形成する。

【 0 0 3 0 】

次に、図 1 0 に示すように、アルミニウム合金を全面にスパッタ法により堆積し、フォトリソグラフィ技術と R I E によりパターニングし、第一コンタクト電極 2 2 2 - 1、第二コンタクト電極 2 2 2 - 2 を接続する金属配線 2 2 3 を形成する。金属配線 2 2 3 形

50

成後、第二の層間絶縁膜 224 としてシリコン酸化膜を堆積した後、可視光遮断層 225 として Al 膜を堆積し、熱電変換素子領域全面を覆うように形成する。可視光遮断層 225 としては、可視光に対して透過性の無いものなら Al に限るものではなく、例えば Ag、Al、Au、Rh、Cu、Ti やこれらの積層構造でも良い。また、可視光遮断層 225 として、LSI で用いられる配線層を流用すれば、プロセスを簡略化できる。この時の可視光遮断層 225 の構造としては、Al の上下の少なくとも一方に Ti や TiN、或いはこれらの積層膜を配置した構造、または Cu の上下の少なくとも一方に Ta、Ta₂N₃、或いはこれらの積層膜を配置した構造が良い。その後、赤外線吸収層 235 としてシリコン酸化膜 226 とシリコン窒化膜 227 を堆積する。この時、赤外線吸収を十分に行うために、シリコン酸化膜 226 とシリコン窒化膜 227 の合計は 0.5 μm 以上とする事が望ましい。

10

【0031】

そして、ダイアフラム 228 形成の為のエッチングホール 229 を RIE により形成し、シリコン基板 201 を露出させる。

【0032】

次に、TMAH (Tetra - Methyl - Ammonium - Hydroxide) によるシリコンに対する異方性ウエットエッチングにより、シリコン基板 201 内部にダイアフラム 228 を形成する。

【0033】

以上の工程により、図 2 に示す赤外線固体撮像装置が完成する。

20

【0034】

なお、上述した各実施例は、この発明の技術的思想を具体化するための装置や方法を例示するものであって、この発明の技術的思想は、構成部品の材質、形状、構造、配置等を実施例に開示されたものみに特定するものではない。本発明はその要旨を逸脱しない範囲で、種々変形して実施することができるものである。

【図面の簡単な説明】

【0035】

【図 1】本発明の実施例 1 の赤外線固体撮像装置の上面図である。

【図 2】図 1 の A - A' における断面図である。

【図 3】本発明の実施例 1 の赤外線固体撮像装置の製造工程図である。

30

【図 4】本発明の実施例 1 の赤外線固体撮像装置の製造工程図である。

【図 5】本発明の実施例 1 の赤外線固体撮像装置の製造工程図である。

【図 6】本発明の実施例 1 の赤外線固体撮像装置の製造工程図である。

【図 7】本発明の実施例 1 の赤外線固体撮像装置の製造工程図である。

【図 8】本発明の実施例 1 の赤外線固体撮像装置の製造工程図である。

【図 9】本発明の実施例 1 の赤外線固体撮像装置の製造工程図である。

【図 10】本発明の実施例 1 の赤外線固体撮像装置の製造工程図である。

【符号の説明】

【0036】

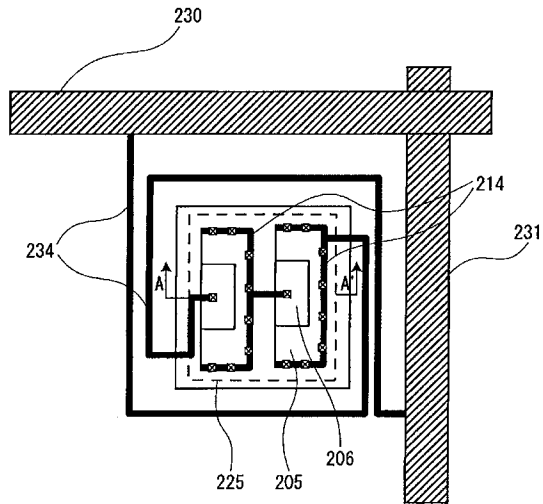
200	...	SOI 基板	40
201	...	シリコン基板	
202	...	埋め込みシリコン酸化層	
203	...	SOI 層	
204	...	素子分離酸化膜	
205	...	p-n 接合ダイオード領域	
206	...	n ⁺ 電極領域	
207	...	p ⁺ 電極領域	
208	...	p ⁺ コンタクト拡散層領域	
209	...	p ⁺ 領域	
210	...	ゲート電極	50

- 2 1 1 ... 側壁
- 2 1 3 ... M O S トランジスタ
- 2 1 7 ... シリサイドブロック膜
- 2 1 8 ... チタン膜
- 2 1 9 ... チタンシリサイド層
- 2 2 0、2 2 7 ... シリコン窒化膜
- 2 2 1 ... 第一の層間絶縁膜
- 2 2 2 ... コンタクトホール
- 2 2 2 - 1 ... 第一コンタクト電極
- 2 2 2 - 2 ... 第二コンタクト電極
- 2 2 3 ... 金属配線
- 2 2 4 ... 第二の層間絶縁膜
- 2 2 5 ... 可視光遮断層
- 2 2 6 ... シリコン酸化膜
- 2 2 8 ... ダイアフラム
- 2 2 9 ... エッチングホール
- 2 3 0 ... 入力信号線
- 2 3 1 ... 出力信号線
- 2 3 4 ... 支持構造
- 2 3 5 ... 赤外線吸収層

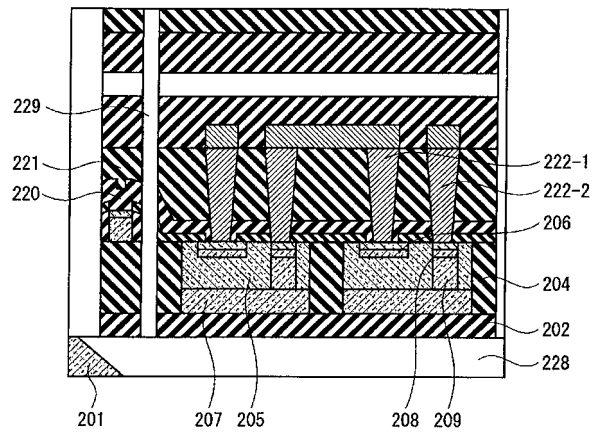
10

20

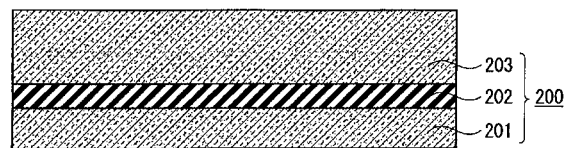
【 図 1 】



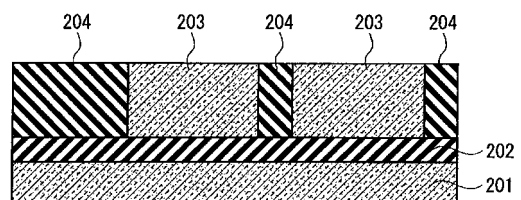
【 図 2 】



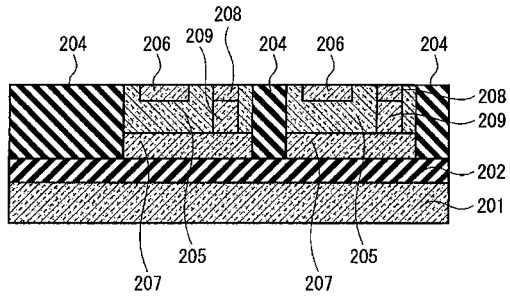
【 図 3 】



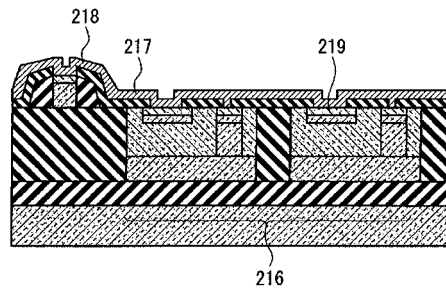
【 図 4 】



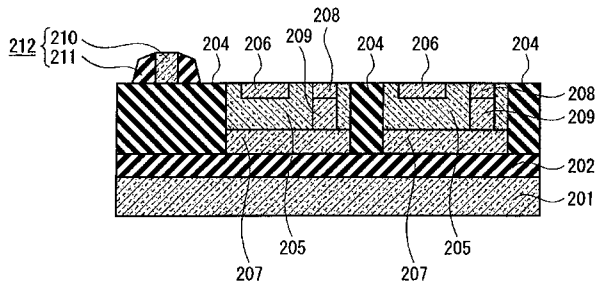
【図 5】



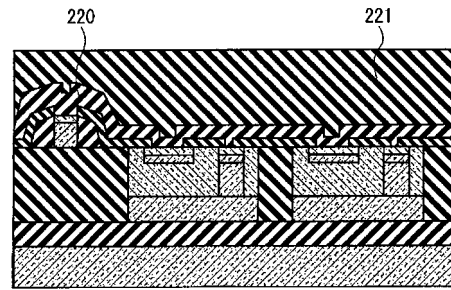
【図 7】



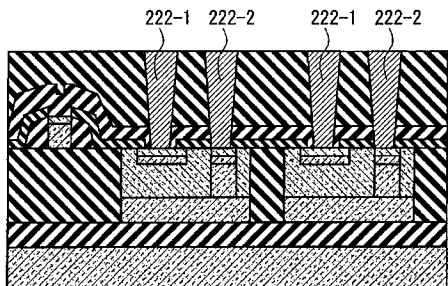
【図 6】



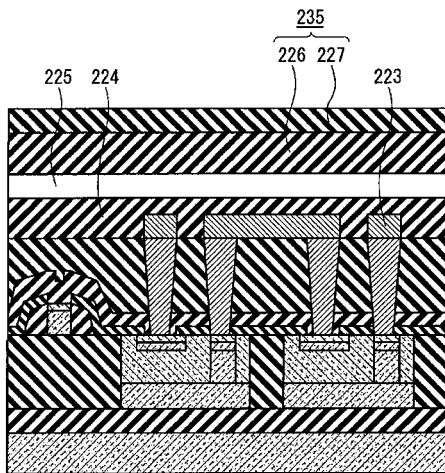
【図 8】



【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平03 - 212979 (JP, A)
特開2002 - 286552 (JP, A)
特開2003 - 100919 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 27/14
G01J 1/02