

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6740628号
(P6740628)

(45) 発行日 令和2年8月19日(2020.8.19)

(24) 登録日 令和2年7月29日(2020.7.29)

(51) Int.Cl.		F I			
HO 1 L	27/146	(2006.01)	HO 1 L	27/146	D
GO 2 B	3/00	(2006.01)	GO 2 B	3/00	A
GO 2 B	5/20	(2006.01)	GO 2 B	5/20	I O 1
GO 2 B	5/00	(2006.01)	GO 2 B	5/00	B

請求項の数 6 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2016-24757 (P2016-24757)	(73) 特許権者	000003193 凸版印刷株式会社 東京都台東区台東1丁目5番1号
(22) 出願日	平成28年2月12日(2016.2.12)	(72) 発明者	阿部 創平 東京都台東区台東1丁目5番1号 凸版印刷株式会社内
(65) 公開番号	特開2017-143211 (P2017-143211A)	(72) 発明者	大熊 隆正 東京都台東区台東1丁目5番1号 凸版印刷株式会社内
(43) 公開日	平成29年8月17日(2017.8.17)	(72) 発明者	駒津 基靖 東京都台東区台東1丁目5番1号 凸版印刷株式会社内
審査請求日	平成31年1月23日(2019.1.23)	審査官	田邊 顕人

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 固体撮像素子及びその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

シリコンウェハの光電変換素子を形成した面に、シリコン材に穴部が形成されて成る壁マトリクス体が、該穴部を前記光電変換素子に対向させて接着され、各々の前記光電変換素子が前記壁マトリクス体の穴部の側壁である遮光壁で区画され、該遮光壁のアスペクト比が2.5以上100以下に形成され、前記穴部に透明樹脂が充填され、前記透明樹脂と前記壁マトリクス体の上にカラーフィルタ層が形成され、該カラーフィルタ層の上にマイクロレンズが形成され、前記穴部と前記カラーフィルタ層の間に埋め込み酸化層が形成されていることを特徴とする固体撮像素子。

10

【請求項2】

請求項1記載の固体撮像素子であって、前記遮光壁の側壁面に1µm以下0.1µm以上のピッチの小ピッチの溝構造が形成されていることを特徴とする固体撮像素子。

【請求項3】

SOI基板は基板用シリコン層に埋め込み酸化層を介してシリコン層が積層されており、ウェハ状の前記SOI基板のシリコン層に穴部を形成することで該穴部間の側壁である遮光壁を形成した壁マトリクス体を形成する工程と、前記SOI基板を、前記壁マトリクス体の前記穴部を光電変換素子が形成されたシリコン

20

ウェハの該光電変換素子に対向させて透明接着剤で接着する工程と、
前記SOI基板の基板用シリコン層を前記SOI基板の埋め込み酸化層が露出するまで除去する工程と、
 前記壁マトリクス体と前記透明接着剤の層の上にカラーフィルタ層を形成する工程と、
該カラーフィルタ層の上にマイクロレンズアレイを形成する工程を有し、
前記壁マトリクス体を形成する工程において、前記遮光壁のアスペクト比を2.5以上100以下に形成することを特徴とする固体撮像素子の製造方法。

【請求項4】

請求項3記載の固体撮像素子の製造方法であって、前記SOI基板に前記壁マトリクス体を形成する工程において、前記シリコン層をボッシュ方式のエッチング加工処理することで前記穴部を形成し、前記遮光壁の側壁面に1 μ m以下0.1 μ m以上のピッチの小ピッチの溝構造を形成することを特徴とする固体撮像素子の製造方法。

10

【請求項5】

請求項3又は4に記載の固体撮像素子の製造方法であって、前記ウェハ状のSOI基板に前記壁マトリクス体を形成する工程において、前記ウェハ状のSOI基板の外周から3mm以上の幅の前記シリコン層をエッチングせずに残したウェハ外周枠部を形成することを特徴とする固体撮像素子の製造方法。

【請求項6】

請求項5記載の固体撮像素子の製造方法であって、前記SOI基板に壁マトリクス体を形成する工程が、前記ウェハ外周枠部に貼り合せ位置決め用パターンを金属で形成する工程を含むことを特徴とする固体撮像素子の製造方法。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、CCDやCMOSからなる光電変換素子を形成した固体撮像素子と、その製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、撮像装置は画像の記録、通信、放送の内容の拡大に伴って広く用いられるようになってきている。撮像装置として種々の形式のものが提案されているが、小型、軽量で高性能のものが安定して製造されるようになった固体撮像素子を用いた撮像装置が、普及してきている。

30

【0003】

その固体撮像素子においては、光電変換素子の感度を向上させるために、受光部の入射側に、樹脂又は光学ガラスからなるマイクロレンズを形成していた。

【0004】

しかし、マイクロレンズを通過した光が所定の光電変換素子に入射せず、異なった光電変換素子（例えば、隣接した光電変換素子）に入射するノイズ光になった場合、得られる画像にノイズを与えるクロストークを生じる。

【0005】

そのため、特許文献1や特許文献2では、所望する光電変換素子とは異なった光電変換素子にノイズ光が入射してクロストークを生じるのを防止するため、固体撮像素子の各光電変換素子を区画してノイズ光を遮る遮光壁を設ける技術が提案されている。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2012-204837号公報

【特許文献2】特開2010-225986号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

50

【0007】

しかし、特許文献1の技術では、黒色のフォトレジストや酸化シリコンのTEOS膜で遮光壁を形成していた。そのため、その遮光壁で十分に光吸収率を得るためには、その遮光壁の厚さを1 μ mから2 μ m程度の厚さに形成する必要があり、ピッチが1 μ m以下の微細な光電変換素子が配列した固体撮像素子には用いることができない問題があった。

【0008】

一方、特許文献2の技術では、光透過率が低いシリコンで遮光壁(凸部)を形成することで十分な光吸収率を持つ遮光壁でノイズ光を遮ってクロストークを抑制していた。しかし、特許文献2の技術では、光電変換素子の受光面をシリコン基板の裏面側に向けて形成した後に、そのシリコンウェハの裏面側を研磨して厚さを薄くした後に、裏面側からシリコンウェハをエッチングしてシリコンウェハに窓を形成し、その窓の外側のシリコンによる遮光壁を形成していた。

10

【0009】

特許文献2では、その様に能動素子の光電変換素子を形成したシリコン基板を研磨加工するため、その製造過程で、形成した能動素子の光電変換素子を破壊する事による不良品が発生し易い問題があり、また、その加工のストレスにより能動素子の光電変換素子の特性が劣化して製品の品質が低下する問題があった。

【0010】

また、特許文献2では、各光電変換素子を区画してクロストークを抑制する遮光壁の水平方向の厚さが薄くなると、遮光壁の水平方向の厚さに対する遮光壁の垂直方向の高さの比であるアスペクト比が高くなり、遮光壁を形成することが困難になる問題があるので、遮光壁の垂直方向の高さを低くし、その遮光壁の上に透明樹脂で十分な厚さの平坦化層を形成していた。

20

【0011】

その平坦化層の厚さが厚いため、遮光壁の外側で隣接するマイクロレンズからのノイズ光が、その平坦化層を通して光電変換素子に達してクロストークを発生する問題があった。

【0012】

そのため、本発明の課題は、上記問題を解決し、光電変換素子を区画する遮光壁を、光吸収率の高いシリコン材で形成し、かつ、その遮光壁の高さを高くアスペクト比を大きく形成した固体撮像素子及びその製造方法を得ることである。

30

【課題を解決するための手段】

【0013】

上記課題を解決するために本発明は、シリコンウェハの光電変換素子を形成した面に、シリコン材に穴部が形成されて成る壁マトリクス体が、該穴部を前記光電変換素子に対向させて接着され、各々の前記光電変換素子が前記壁マトリクス体の穴部の側壁である遮光壁で区画され、該遮光壁のアスペクト比が2.5以上100以下に形成され、前記穴部に透明樹脂が充填され、前記透明樹脂と前記壁マトリクス体の上にカラーフィルタ層が形成され、該カラーフィルタ層の上にマイクロレンズが形成されていることを特徴とする固体撮像素子である。

40

【0014】

本発明は、この構成により、壁マトリクス体のシリコン材の遮光壁が、厚さが0.2 μ m以下の薄い遮光壁であっても、光吸収率が高いシリコン材の遮光壁がノイズ光を十分に遮光できる効果がある。また、その遮光壁の高さを十分に高くし遮光壁の上に厚い平坦化層を設けない様にしたので、壁マトリクス体のシリコン材の遮光壁がノイズ光を十分に遮光することができる効果がある。

【0015】

また、本発明は、上記の固体撮像素子であって、前記遮光壁の側壁面に1 μ m以下0.1 μ m以上のピッチの小ピッチの溝構造が形成されていることを特徴とする固体撮像素子である。

50

【0016】

本発明は、この壁マトリクス体の穴部の壁面に1 μ m以下の小ピッチの溝構造を形成することで、壁マトリクス体に入射するノイズ光が効果的に散乱され吸収されて除去される効果がある。

【0017】

また、本発明は、ウェハ状のSOI基板のシリコン層に穴部を形成することで該穴部間の側壁である遮光壁を形成した壁マトリクス体を形成し、該壁マトリクス体の前記遮光壁のアスペクト比を2.5以上100以下に形成する工程と、前記SOI基板を、前記壁マトリクス体の前記穴部を光電変換素子が形成されたシリコンウェハの該光電変換素子に対向させて透明接着剤で接着する工程と、前記SOI基板の基板用シリコン層を除去する工程と、前記壁マトリクス体と前記透明接着剤の層の上にカラーフィルタ層を形成する工程と、該カラーフィルタ層の上にマイクロレンズアレイを形成する工程を有することを特徴とする固体撮像素子の製造方法である。

10

【0018】

また、本発明は、上記の固体撮像素子の製造方法であって、前記SOI基板に前記壁マトリクス体を形成する工程が、前記シリコン層をボッシュ方式のエッチング加工処理することで前記穴部を形成し、前記遮光壁の側壁面に1 μ m以下0.1 μ m以上のピッチの小ピッチの溝構造を形成することを特徴とする固体撮像素子の製造方法である。

【0019】

また、本発明は、上記の固体撮像素子の製造方法であって、前記ウェハ状のSOI基板に前記壁マトリクス体を形成する工程が、前記ウェハ状のSOI基板の外周から3mm以上の幅の前記シリコン層をエッチングせずに残したウェハ外周枠部を形成することを特徴とする固体撮像素子の製造方法である。

20

【0020】

また、本発明は、上記の固体撮像素子の製造方法であって、前記SOI基板に壁マトリクス体を形成する工程が、前記ウェハ外周枠部に貼り合せ位置決め用パターンを金属で形成する工程を含むことを特徴とする固体撮像素子の製造方法である。

【0021】

また、本発明は、光電変換素子を形成したシリコンウェハの該光電変換素子を形成した面に壁マトリクス体用シリコンウェハを接着する工程と、該壁マトリクス体用シリコンウェハに前記光電変換素子に位置を合わせた穴部を形成して成る壁マトリクス体を形成し、該穴部間のシリコン材の遮光壁を、アスペクト比を2.5以上100以下に形成する工程と、該穴部に透明樹脂を充填する工程と、該透明樹脂の上にカラーフィルタ層を形成する工程と、該カラーフィルタ層の上にマイクロレンズアレイを形成する工程を有することを特徴とする固体撮像素子の製造方法である。

30

【0022】

また、本発明は、上記の固体撮像素子の製造方法であって、前記壁マトリクス体用シリコンウェハに壁マトリクス体を形成する工程が、ボッシュ方式のエッチング加工処理により、前記遮光壁の側壁面に1 μ m以下0.1 μ m以上のピッチの小ピッチの溝構造を形成することを特徴とする固体撮像素子の製造方法である。

40

【発明の効果】

【0023】

本発明は、シリコン半導体の光電変換素子に対応する穴部を形成したシリコン材の壁マトリクス体をシリコン半導体に接着して、シリコン半導体の各光電変換素子をその壁マトリクス体の遮光壁で区画し、また、その遮光壁の水平方向の厚さを薄くすることで、遮光壁の水平方向の厚さに対する垂直方向の高さの比であるアスペクト比を2.5以上100以下にした固体撮像素子を製造する。

【0024】

本発明は、この構成により、壁マトリクス体のシリコン材の遮光壁の水平方向の厚さが0.2 μ m以下の薄い遮光壁であっても、シリコン材の光吸収率が高いため遮光壁がノイ

50

ズ光を十分に遮光することができる効果がある。また、その遮光壁の垂直方向の高さを十分に高くすることで遮光壁の上に厚い平坦化層を設ける必要性を無くしたので、壁マトリクス体のシリコン材の遮光壁がノイズ光を十分に遮光することができる効果がある。

【0025】

また、壁マトリクス体の穴部の壁面である遮光壁の側壁面に1 μ m以下の小ピッチの溝構造を形成することで、壁マトリクス体に入射するノイズ光が効果的に散乱され吸収されて除去される効果がある。

【図面の簡単な説明】

【0026】

【図1】(a)第1の実施形態のシリコンウェハ上に形成されている固体撮像素子の概略構成を表す平面図である。(b)同、側断面図である。

10

【図2】(a)第1の実施形態のシリコンウェハに接着するSOI基板上の壁マトリクス体の概略構成を表す平面図である。(b)同、側断面図である。

【図3】第1の実施形態の固体撮像素子の側断面模式図である。

【図4】第1の実施形態の固体撮像素子の製造工程を示す側断面図である(その1)。

【図5】第1の実施形態の固体撮像素子の製造工程を示す側断面図である(その2)。

【図6】第1の実施形態の固体撮像素子の製造工程を示す側断面図である(その3)。

【図7】第2の実施形態の固体撮像素子の側断面模式図である。

【図8】第2の実施形態の固体撮像素子の製造工程を示す側断面図である(その1)。

【図9】第2の実施形態の固体撮像素子の製造工程を示す側断面図である(その2)。

20

【図10】第2の実施形態の固体撮像素子の製造工程を示す側断面図である(その3)。

【発明を実施するための形態】

【0027】

以下、本発明の実施形態を、図面を参照して説明する。

【0028】

<第1の実施形態>

本発明の第1の実施形態の固体撮像素子を図1から図6を参照して説明する。図1(b)に、本発明の固体撮像素子がシリコンウェハ20上に、壁マトリクス体14とマイクロレンズアレイ50を設置されて形成されている状態を模式的に示す側断面図を示し、図1(a)に、その平面図を示す。

30

【0029】

図2(a)に、シリコンウェハ20上の固体撮像素子群の一部である、SOI基板10上に形成されている壁マトリクス体14を模式的に示す平面図を示し、図2(b)に、その側断面図を示す。また、図3に、本実施形態の固体撮像素子の模式的側断面図を示す。なお、図3以降の模式的側断面図は、固体撮像素子群がシリコンウェハ20上に左右に連なる形態の一部分を拡大して示したものである。

【0030】

本実施形態の固体撮像素子は、図1、図3の様に、片方の面側に複数の光電変換素子21が、2 μ m以下のピッチで配列されているシリコンウェハ20を用いる。

【0031】

40

また、図2の様に、複数の光電変換素子21(センサアレイ)を形成したシリコンウェハ20と同等の大きさのSOI基板10を用い、そのSOI基板10のシリコン層10aに、光電変換素子21に対応させた穴部13を形成した壁マトリクス体14を作成する。

【0032】

SOI基板10には、基板用シリコン層10bの厚さが300 μ m~800 μ mで、シリコン層10aの厚さが0.5 μ m~20 μ mで、埋め込み酸化層11の厚さが0.1 μ m~20 μ mのSOI基板10を用いることができる。

【0033】

シリコン層10aに形成する穴部13の開口の形状は、矩形開口や円形に近い穴を形成することができる。ここで、受光面積を大きくするために光電変換素子21を矩形状に形

50

成し、それに合わせて穴部 13 も矩形開口に形成することが望ましい。

【0034】

穴部 13 の深さは、埋め込み酸化層 11 に達するシリコン層 10a の厚さの $0.5 \mu\text{m}$ ~ $20 \mu\text{m}$ に形成する。穴部 13 は、光電変換素子 21 のピッチで形成する。シリコンウェハ 20 上の光電変換素子 21 が $1 \mu\text{m}$ 程度のピッチで配列されている場合は穴部 13 も $1 \mu\text{m}$ 程度のピッチで形成し、シリコン層 10a の厚さが $0.5 \mu\text{m}$ ~ $15 \mu\text{m}$ の場合は、穴部 13 の深さが $0.5 \mu\text{m}$ ~ $15 \mu\text{m}$ に形成する。

【0035】

壁マトリクス体 14 の穴部 13 間のシリコン材の遮光壁の厚さを光電変換素子 21 のピッチの 5 分の 1 にする場合は、そのシリコン材の遮光壁の水平方向の厚さは $0.2 \mu\text{m}$ である。その場合に、そのシリコン材の遮光壁は水平方向の厚さが $0.2 \mu\text{m}$ で垂直方向の高さが 0.5 から $5 \mu\text{m}$ になり、その水平方向の厚さに対する垂直方向の高さの比であるアスペクト比は $2.5 \sim 25$ になる。

10

【0036】

この SOI 基板 10 の壁マトリクス体 14 の穴部 13 は、詳しくは図 3 の様に、ボッシュ方式のエッチング加工処理によって形成する。それにより、壁マトリクス体 14 の穴部 13 の壁面（すなわち、遮光壁の側壁面）に $1 \mu\text{m}$ 以下 $0.1 \mu\text{m}$ 以上の小ピッチの溝構造 15 を形成する。

【0037】

ボッシュ方式のエッチング加工処理を用いれば、壁マトリクス体 14 のシリコン材の遮光壁として、最大で 100 までの大きなアスペクト比の遮光壁を形成することができる。そのため、シリコン材の遮光壁のアスペクト比は 2.5 以上 100 以下までの大きなアスペクト比の遮光壁を形成することができる。

20

【0038】

なお、このエッチング加工の際に、SOI 基板 10 のウェハの外周から少なくとも 3m の領域のウェハ外周枠部 16 のシリコン層 10a をエッチングせずに残す。また、そのウェハ外周枠部 16 のシリコン層 10a には貼り合せ位置決め用パターン 17 を金属パターン等で形成する。

【0039】

図 3 の様に、シリコンウェハ 20 の光電変換素子 21 を形成した面に、透明接着剤層 30 を用いて壁マトリクス体 14 を、貼り合せ位置決め用パターン 17 を参照して位置を合わせて貼り合わせる。

30

【0040】

壁マトリクス体 14 を形成した SOI 基板 10 をシリコンウェハ 20 に貼り合わせた後で、SOI 基板 10 の基板用シリコン層 10b を除去して SOI 基板 10 の埋め込み酸化層 11 を露出させる。そして、その露出した埋め込み酸化層 11 の上に、光電変換素子 21 に対応するカラーフィルタ層 40 のパターンを形成する。そのカラーフィルタ層 40 の上に光電変換素子 21 に対応するマイクロレンズ 50 を形成する。

【0041】

そのマイクロレンズ 50 は、図 3 の様に、入射光 L1 を集束させて光電変換素子 21 に導く。一方、隣接するマイクロレンズ 50 から入射するノイズ光 L2 は、壁マトリクス体 14 のシリコン材の遮光壁によって遮蔽することで、光電変換素子 21 に入射しないようにする。

40

【0042】

壁マトリクス体 14 のシリコン材の遮光壁は、その水平方向の厚さが $0.2 \mu\text{m}$ であっても、シリコン材の光吸収率が高いため、ノイズ光 L2 を十分に遮光できる。そして、その遮光壁は、アスペクト比が $2.5 \sim 100$ の遮光壁にし、遮光壁の垂直方向の高さを十分に高くし遮光壁の上に厚い平坦化層を設けない様にしたので、壁マトリクス体 14 のシリコン材の遮光壁がノイズ光 L2 を十分に遮光することができる効果がある。

【0043】

50

また、壁マトリクス体 14 の穴部 13 の壁面に形成されている $1\ \mu\text{m}$ 以下の小ピッチの溝構造 15 により、壁マトリクス体 14 に入射するノイズ光 L2 が効果的に散乱され吸収されて除去される効果がある。

【0044】

こうして、シリコンで形成した壁マトリクス体 14 を、シリコンウェハ 20 の光電変換素子 21 を形成した面に貼り付けて、各光電変換素子 21 に壁マトリクス体 14 の穴部 13 を位置合わせして、光電変換素子 21 同士を壁マトリクス体 14 の遮光壁で仕切る。

【0045】

それにより、隣接する光電変換素子 21 上のマイクロレンズ 50 から侵入するノイズ光 L2 は壁マトリクス体 14 の遮光壁とその側壁面の小ピッチの溝構造 15 で遮って散乱させて吸収させて光電変換素子 21 に入射させないようにできる効果がある。

10

【0046】

(製造方法)

第 1 の実施形態の固体撮像素子の製造工程を図 4 から図 6 を参照して説明する。

【0047】

(工程 1) 壁マトリクス体 14 の製造

まず、図 4 (a) の様な SOI (Silicon On Insulator) 基板 10 を用意する。すなわち、基板用シリコン層 10b 上に、埋め込み酸化層 11 を介して、シリコン層 10a が形成された SOI 基板 10 を用意する。その SOI 基板 10 のシリコン層 10a の表面に、 $2\ \mu\text{m}$ 程度の膜厚のシリコン酸化膜からなる熱酸化膜 12 をエッチングマスク用に形成する。

20

【0048】

(工程 2)

次に、その熱酸化膜 12 の面上にフォトリソパターンを形成し、そのフォトリソパターンをエッチングマスクとして、例えば CHF₃ を用いたドライエッチングにより熱酸化膜 12 をエッチングする。それにより、図 4 (b) の様にシリコンウェハ 20 の光電変換素子 21 に対応したマトリクス状の開口を有する熱酸化膜パターン 12a を形成する。

【0049】

(工程 3)

熱酸化膜パターン 12a 上に残っていたフォトリソパターンを除去後に、熱酸化膜パターン 12a をマスクとして、SOI 基板 10 のシリコン層 10a を、ボッシュ方式のエッチングにより、すなわち、エッチングとエッチング耐性を有する保護膜の形成を交互に行いシリコン層 10a を選択エッチングする。それにより、図 4 (c) の様に、シリコン層 10a に、埋め込み酸化層 11 に達する穴部 13 を形成する。

30

【0050】

これにより、シリコンウェハ 20 の光電変換素子 21 の位置に対応する位置に穴部 13 を形成して成る壁マトリクス体 14 を製造する。なお、SOI 基板 10 から壁マトリクス体 14 を形成する際に、SOI 基板 10 のウェハの外周から少なくとも $3\ \text{mm}$ のシリコン層 10a の領域をエッチングせずに残すことで、そのシリコン層 10a の領域にウェハ外周枠部 16 を形成する。

40

【0051】

また、そのシリコン層 10a のウェハ外周枠部 16 の上面、あるいは下面に金属パターンで貼り合せ位置決め用パターン 17 を形成する。その位置決め用パターン 17 は、穴部 13 を形成する以前に形成することができ、あるいは、穴部 13 を形成した後で形成することもできる。

【0052】

なお、シリコンウェハ 20 の光電変換素子 21 群で構成する固体撮像素子の領域の外に、SOI 基板 10 のウェハ外周枠部 16 と合わせる領域を残しておく。

【0053】

50

壁マトリクス体 14 の穴部 13 は、ボッシュ方式のエッチング加工処理により、エッチングとエッチング耐性を有する保護膜の形成を交互に行うことにより、シリコン層 10a に、エッチング進行方向に垂直な方向のサイドエッチングを抑えて、アスペクト比の高い断面形状の穴部 13 を形成することができる。

【0054】

すなわち、このボッシュ方式のエッチングにより、開口が矩形に近い（断面形状が矩形に近い）高アスペクト比の穴部 13 を形成することができる。また、ボッシュ方式のエッチングにより、その穴部 13 の壁面に小ピッチの溝構造 15 を有する壁マトリクス体 14 を製造することができる。

【0055】

シリコン層 10a の穴部 13 とその外側の壁マトリクス体 14 を形成するボッシュ方式のエッチング加工処理は、具体的には、以下の様に行う。例えば、以下の条件のプラズマエッチング処理 10 秒とプラズマデポジション処理 5 秒のサイクルを繰り返してエッチング加工をする。

【0056】

（プラズマエッチング処理）

（1）圧力：50～60mTorr

（2）SF₆ ガス流量：400～450scc/min

（3）O₂ ガス流量：35～40scc/min

（4）プラズマエッチング装置の電力：1500～2000W

【0057】

（プラズマデポジション処理）

（1）圧力：20～30mTorr

（2）C₄F₈ ガス流量：150～200scc/min

（3）プラズマエッチング装置の電力：1200～1700W

【0058】

この条件のボッシュプロセスによって埋め込み酸化層 11 に達する穴部 13 をエッチングすることで、図 4（c）の様に、穴部 13 内の壁面に、すなわち、壁マトリクス体 14 の遮光壁の側壁面に、1μm以下の小ピッチの、例えば600nm程度の小ピッチの溝構造 15 による段差が形成される。SF₆ ガスによる横方向へのサイドエッチング量を多くすると、形成される小ピッチの溝構造 15 の段差が大きくなる。

【0059】

この壁マトリクス体 14 の遮光壁が、個々の光電変換素子 21 の領域を仕切り、隣接する光電変換素子 21 の領域からのノイズ光 L2 を遮蔽する。

【0060】

ノイズ光 L2 を遮蔽する際に、壁マトリクス体 14 の遮光壁の側壁面に形成された小ピッチの溝構造 15 の段差が光を散乱し吸収して、光の反射を防止する効果がある。

【0061】

（工程 4）シリコンウェハ 20 への壁マトリクス体 14 の接着

次に、図 5（d）の様に、光電変換素子 21 を形成したシリコンウェハ 20 の全体に十分な厚さの透明接着剤層 30 を塗布する。透明接着剤層 30 は、後に形成するカラーフィルタ層 40 の下地面の平坦化を行う効果もある。

【0062】

（工程 5）

次に、図 5（e）の様に、透明接着剤層 30 を塗布したシリコンウェハ 20 上に、SOI 基板 10 のウェハ外周枠部 16 上の貼り合せ位置決め用パターン 17 を参照して壁マトリクス体 14 の位置を合わせて、シリコンウェハ 20 上の透明接着剤層 30 に壁マトリクス体 14 を押し当てて貼り合わせ、SOI 基板 10 の基板用シリコン層 10b を外側に向ける。

【0063】

10

20

30

40

50

SOI基板10の壁マトリクス体14をシリコンウェハ20に貼り合わせる処理においては、貼り合わせの位置を合わせるための位置観測用のカメラは、シリコンウェハ20及びSOI基板10のシリコン層を透過する波長の赤外線を検出する赤外線顕微鏡カメラを用いる。撮影に用いる光は例えば波長が $1.1\mu\text{m} \sim 2\mu\text{m}$ 程度の赤外光を用いる。その波長帯ではシリコンが透明であり、かつ、光源が容易に入手できるためである。

【0064】

その赤外線顕微鏡カメラを用いて、ウェハ外周枠部16上の貼り合せ位置決め用パターン17を観測して貼り合わせの位置合わせを行う為に、貼り合せ位置決め用パターン17はSOI基板10の表裏いずれの面に形成していても良い。観測用の赤外線は、SOI基板10及びシリコンウェハ20のシリコン層を自由に透過するからである。

10

【0065】

こうして、赤外線顕微鏡カメラを用いて貼り合せ位置決め用パターン17を観測することで、SOI基板10の壁マトリクス体14のシリコンウェハ20への貼り合わせを高い位置精度で行うことができる効果がある。

【0066】

SOI基板10のウェハの外周から少なくとも3mmの領域に壁マトリクス体14のウェハ外周枠部16を設けることで、SOI基板10の壁マトリクス体14をシリコンウェハ20に貼り合わせる際の荷重ストレスによる壁マトリクス体14の、高いアスペクト比で形成されている遮光壁の損傷不具合が低減できる。

20

【0067】

すなわち、SOI基板10の壁マトリクス体14のシリコンウェハ20への貼り合わせの荷重の大部分を、壁マトリクス体14のウェハ外周枠部16が、シリコンウェハ20に接して支えることで、高アスペクト比で形成した壁マトリクス体14の高いアスペクト比で形成されている遮光壁に貼り合わせの荷重が集中することを防ぐことができる効果がある。

【0068】

例えば、SOI基板10の面と光電変換素子21を形成したシリコンウェハ20の面が、異物や貼り合わせ装置の定盤の傾きなどの影響により傾いた位置関係にあっても、SOI基板10の壁マトリクス体14のウェハ外周枠部16が先にシリコンウェハ20に接して荷重の大部分を支えることで、SOI基板10の面とシリコンウェハ20の面の傾きを補正して、壁マトリクス体14の遮光壁に貼り合わせの荷重が集中することを防ぐことができる。

30

【0069】

また、このウェハ外周枠部16に貼り合せ位置決め用パターン17を設けることができるので、その貼り合せ位置決め用パターン17を観察することで、SOI基板10の壁マトリクス体14のシリコンウェハ20への貼り合わせを高い位置精度で行うことができる効果がある。

【0070】

また、SOI基板10のウェハの外周から少なくとも3mmの幅を持つウェハ外周枠部16を設け、シリコンウェハ20の外周にも同じ幅のウェハ外周枠部を設けることで、SOI基板10やシリコンウェハ20のウェハ外周枠部は、レジストで保護せずに機械的に(ドライエッチング装置のウェハ外周保護機構などを使用して)保護することができる。

40

【0071】

そうすることで、SOI基板10やシリコンウェハ20を保持するウェハカセットやロボットハンドに、ウェハ外周枠部を保護するレジストが付着することが無くなるので、SOI基板10やシリコンウェハ20のハンドリングが容易になる効果がある。

【0072】

(工程6)

次に、図6(f)の様に、シリコンウェハ20に貼り合わせた壁マトリクス体14のSOI基板10の基板用シリコン層10bをドライエッチング又は研削研磨処理により除去

50

し、SOI基板10の中間層の透明な埋め込み酸化層11を露出させる。

【0073】

(変形例1)

変形例1として、SOI基板10の基板用シリコン層10bを除去する際に埋め込み酸化層11も合わせて除去しても良い。

【0074】

(工程7)

次に、図6(g)の様に、シリコンウェハ20に貼り合わされたSOI基板10の埋め込み酸化層11の上に、所定の色毎の着色感光性樹脂をパターン露光し現像するフォトリソグラフィ法を繰り返すことで光電変換素子21に対応させたカラーフィルタ層40の着色感光性樹脂のパターンを形成する。

10

【0075】

(工程8)マイクロレンズの形成

次に、フォトリソグラフィ法で、光電変換素子21に対応する位置に樹脂パターンを形成した後に、熱リフロー法で溶融樹脂の表面張力を利用して図6(h)の様に、各光電変換素子21に対応させてレンズ形状にしたマイクロレンズ50を形成する。

【0076】

こうして製造した固体撮像素子において、光電変換素子21毎に穴部13が配置されたシリコン材の壁マトリクス体14が透明接着剤層30で接着され、その壁マトリクス体14の上にカラーフィルタ層40が形成され、その上にマイクロレンズ50を形成される。そして、その壁マトリクス体14の穴部13の側壁部分である遮光壁が、隣の領域のマイクロレンズ50から光電変換素子21に入射する不要なノイズ光L2を遮断する効果がある。

20

【0077】

また、隣の領域のマイクロレンズ50からのノイズ光L2が壁マトリクス体14の穴部13の側壁部分である遮光壁に、水平面に近い角度の斜めに入射して遮光壁で反射してから光電変換素子21に入射しようとする場合が考えられる。その場合にそのノイズ光L2は穴部13を囲う遮光壁での反射を繰り返す必要があり、ノイズ光L2が遮光壁で反射する毎に、遮光壁の側壁面に形成された小ピッチの溝構造15により散乱・吸収されて速やかに減衰するので、光電変換素子21に入るノイズ光L2は微弱になる。

30

【0078】

(工程9)

次に、マイクロレンズ50が形成されたシリコンウェハ20を個々の固体撮像素子に裁断する。

【0079】

このように本実施形態では、壁マトリクス体14で光電変換素子21の領域を区画しているため、その上に形成するマイクロレンズ50の位置精度の向上をはかることができる。それと共に、壁マトリクス体14の垂直方向の高さの厚さを持つ透明接着剤層30により、光電変換素子21からマイクロレンズ50までの距離を大きくし、マイクロレンズ50の厚みを大きくする事と等価になる効果が得られる。

40

【0080】

また、本実施形態では壁マトリクス体14にSOI基板10のシリコン層10aを用いているので、次のような効果も得られる。即ち、光電変換素子21群を形成したウェハ20と同種の形成材料を用いているので、ウェハ20上に貼り合わせた場合に、温度変化に伴う反り変形を抑制することが可能である。SOI基板10のシリコン層10aは加工性に優れており、壁マトリクス体14の垂直方向の高さはシリコン層10aの厚さで定まるが、その厚さの制御性も良いため、高精度に壁マトリクス体14を作製することができる。

【0081】

<第2の実施形態>

50

図7に本発明の第2の実施形態の固体撮像素子の部分側断面図を表す。第2の実施形態は、シリコンウェハ20の光電変換素子21を形成した面に、所定の厚さの壁マトリクス体用シリコンウェハ60を透明接着剤31で貼り合わせる。

【0082】

そして、シリコンウェハ20に貼り合わせた壁マトリクス体用シリコンウェハ60に、個々の光電変換素子21に対応させた穴部13をエッチング加工することで壁マトリクス体14を形成する。

【0083】

第2の実施形態も、第1の実施形態と同様に、穴部13をエッチング加工する際に、壁マトリクス体14の穴部13の側壁である遮光壁の側壁面に小ピッチの溝構造15の段差を形成する。また、シリコンウェハ20上に形成した壁マトリクス体14の外側の壁マトリクス体用シリコンウェハ60の外周から少なくとも3mmの領域はエッチングせずに残して成るウェハ外周枠部16を形成する。

10

【0084】

次に、壁マトリクス体14の間の穴部13に透明樹脂70を充填する。その透明樹脂70の上面及び壁マトリクス体14の上に光電変換素子21の受光部の各々に対応して設けられたカラーフィルタ層40と、その上のマイクロレンズ50を設ける。

【0085】

そのマイクロレンズ50が入射光L1を集束させて光電変換素子21に導く。一方、隣接するマイクロレンズ50からの入射光をシリコンからなる遮光壁が遮蔽して光電変換素子21に入射しないようにする。

20

【0086】

(製造方法)

第2の実施形態の固体撮像素子の製造工程を図8から図10を参照して説明する。

【0087】

(工程1)シリコンウェハ20への壁マトリクス体用シリコンウェハ60の接着

図8(a)の様に光電変換素子21を形成したシリコンウェハ20を用意し、図8(b)の様に、シリコンウェハ20の光電変換素子21の面に、所定の厚さの壁マトリクス体用シリコンウェハ60を透明接着剤31で貼り合わせる。

【0088】

30

(変形例2)

変形例2として、壁マトリクス体用シリコンウェハ60の、透明接着剤31でシリコンウェハ20へ接着する面に予め熱酸化膜を形成しておき、その熱酸化膜を、穴部13を形成するボッシュ方式のエッチングのエッチングストップパとして利用することもできる。

【0089】

(工程2)壁マトリクス体14の製造

次に、図8(c)のように、壁マトリクス体用シリコンウェハ60の表面に、エッチングマスクとなるシリコン酸化膜からなる熱酸化膜12を2μm程度の膜厚で形成する。

【0090】

(工程3)

40

次に、壁マトリクス体用シリコンウェハ60の表面の熱酸化膜12の面上にフォトレジストパターンを形成し、そのフォトレジストパターンをエッチングマスクとして、例えばCHF₃を用いたドライエッチングにより、レンズ形成領域に対応するマトリクス状の矩形開口を有するパターンの熱酸化膜パターン12aを形成する。そして、フォトレジストパターンを除去して、図9(d)の様に、熱酸化膜パターン12aのマスクを形成する。

【0091】

(工程4)

次に、図9(e)の様に、熱酸化膜パターン12aをマスクとして、壁マトリクス体用シリコンウェハ60を、第1の実施形態と同様の加工条件のボッシュ方式のエッチングにより、すなわち、エッチングとエッチング耐性を有する保護膜の形成を交互に行う処理に

50

より選択エッチングして透明接着剤 31 の層に達する穴部 13 を形成した壁マトリクス体 14 を形成する。

【0092】

それにより、図 9 (e) のように、壁マトリクス体 14 の穴部 13 の側壁である遮光壁の壁面に、 $1\ \mu\text{m}$ 以下の小ピッチの、例えば $600\ \text{nm}$ 程度の小ピッチの溝構造 15 による段差が形成される。

【0093】

なお、壁マトリクス体 14 を形成する際に、ウェハ外周枠部 16 のシリコン層 10 a をエッチングせずに残す。

【0094】

(工程 5)

次に、図 10 (f) の様に、壁マトリクス体 14 の穴部 13 に透明樹脂 70 を充填する。透明樹脂 70 の層は、後に形成するカラーフィルタ層 40 の下地面の平坦化を行う効果もある。

【0095】

(工程 6) カラーフィルタ層 40 の形成

次に、図 10 (g) の様に、透明樹脂 70 の層の上にカラーフィルタ層 40 を、着色感光性樹脂を所定の色に応じて選択し、パターン露光、現像を行い、残存した着色感光性樹脂膜を各色層とするフォトリソグラフィ法を繰り返すことにより、形成する。

【0096】

(工程 7) マイクロレンズ 50 の形成

次に、図 10 (h) の様に、フォトリソグラフィ法で、光電変換素子 21 およびカラーフィルタ層 40 の各画素に対応する位置に樹脂パターンを形成した後に、熱リフロー法で熔融樹脂の表面張力を利用してレンズ形状としたマイクロレンズ 50 を形成する。

【0097】

(工程 8)

次に、マイクロレンズ 50 が形成されたシリコンウェハ 20 を個々の固体撮像素子に裁断する。

【0098】

第 2 の実施形態は、以上の製造方法の様に、シリコンウェハ 20 に貼り合わせた壁マトリクス体用シリコンウェハ 60 を加工して壁マトリクス体 14 を製造するため、壁マトリクス体 14 を製造した後にシリコンウェハ 20 に貼り合わせる場合の壁マトリクス体 14 の損傷が無い。それにより、固体撮像素子の製造品質を高くできる効果がある。

【0099】

本発明は、以上の実施形態で説明した様に、シリコン層にボッシュ方式のエッチングで穴部 13 を形成することで穴部 13 間の側壁である遮光壁を形成した壁マトリクス体 14 を形成する。そして、その遮光壁の水平方向の厚さを薄くし遮光壁の水平方向の厚さに対する垂直方向の高さの比であるアスペクト比を 2.5 以上 100 以下に形成する。

【0100】

そして、その壁マトリクス体 14 を、その穴部 13 をシリコンウェハ 20 の光電変換素子 21 に対向させて接着し、各々の光電変換素子 21 を壁マトリクス体 14 の穴部 13 の側壁である遮光壁で区画する。

【0101】

そして、その壁マトリクス体 14 と、その穴部 13 を充填した透明樹脂 70 の上にカラーフィルタ層 40 を形成し、その上にマイクロレンズ 50 を形成して固体撮像素子を製造する。

【0102】

特に、その遮光壁の側壁面には、ボッシュ方式のエッチングで形成した、 $1\ \mu\text{m}$ 以下のピッチの小ピッチの溝構造 15 を形成することを特徴とする。

【符号の説明】

10

20

30

40

50

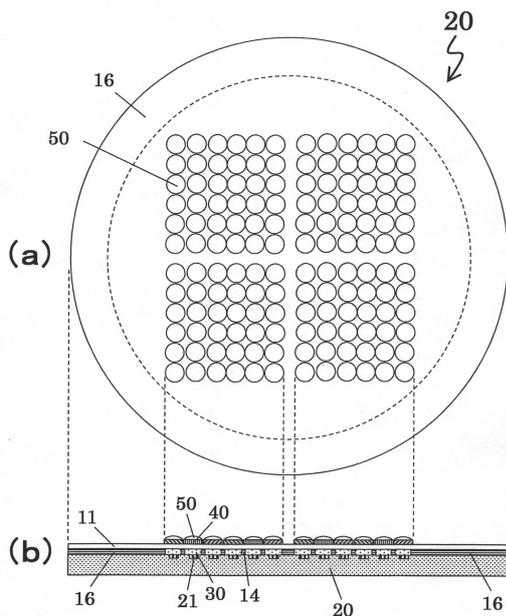
【 0 1 0 3 】

- 1 0 . . . S O I 基板
- 1 0 a . . . シリコン層
- 1 0 b . . . 基板用シリコン層
- 1 1 . . . 埋め込み酸化層
- 1 2 . . . 熱酸化膜
- 1 2 a . . . 熱酸化膜パターン
- 1 3 . . . 穴部
- 1 4 . . . 壁マトリクス体
- 1 5 . . . 小ピッチの溝構造
- 1 6 . . . ウェハ外周枠部
- 1 7 . . . 貼り合せ位置決め用パターン
- 2 0 . . . シリコンウェハ
- 2 1 . . . 光電変換素子 (センサアレイ)
- 3 0 . . . 透明接着剤層
- 3 1 . . . 透明接着剤
- 4 0 . . . カラーフィルタ層
- 5 0 . . . マイクロレンズ
- 6 0 . . . 壁マトリクス体用シリコンウェハ
- 7 0 . . . 透明樹脂
- L 1 . . . 正規な入射光
- L 2 . . . ノイズ光

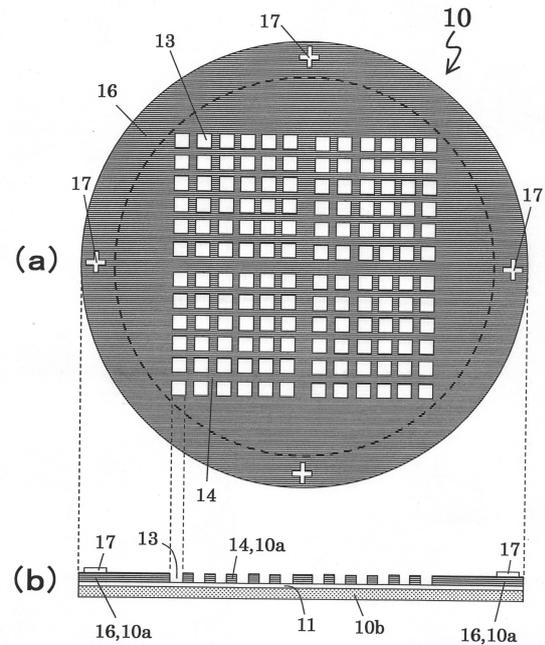
10

20

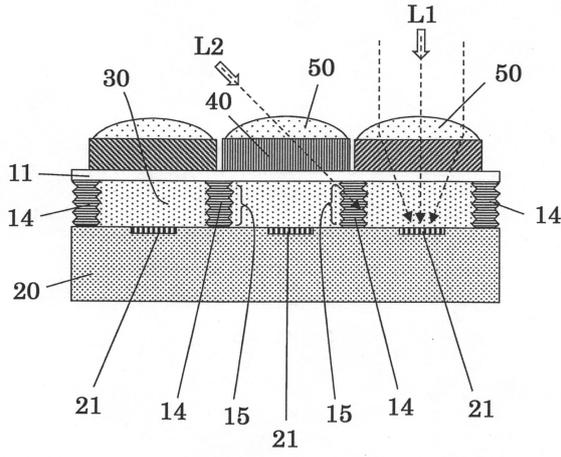
【 図 1 】



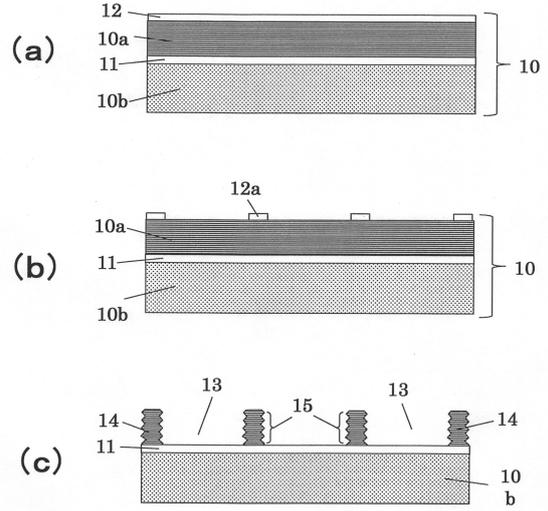
【 図 2 】



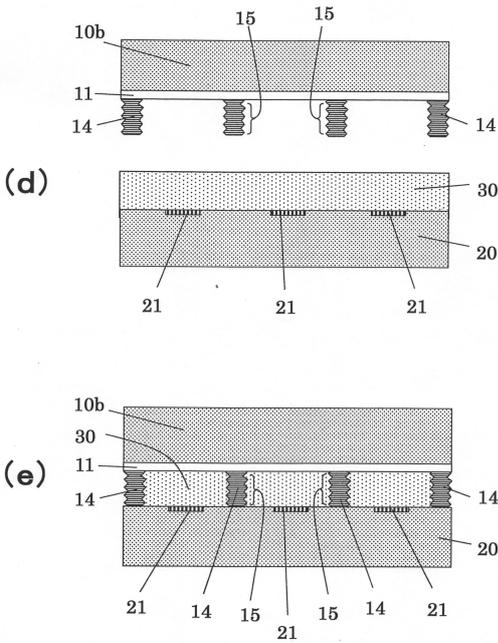
【図3】



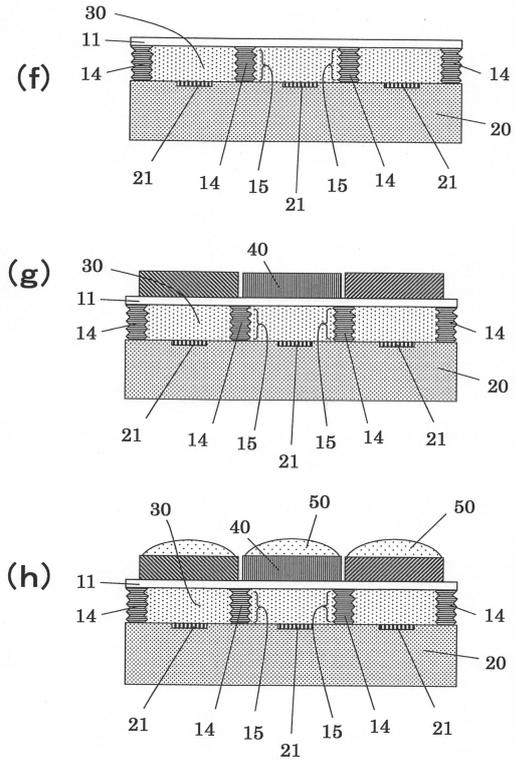
【図4】



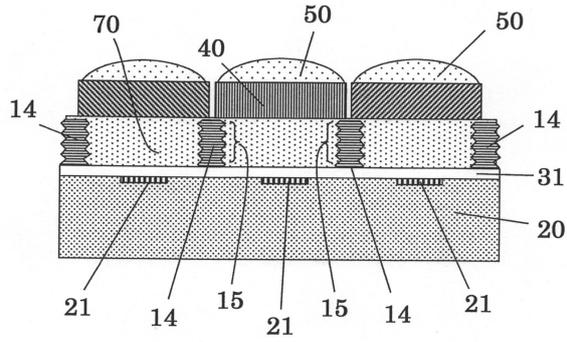
【図5】



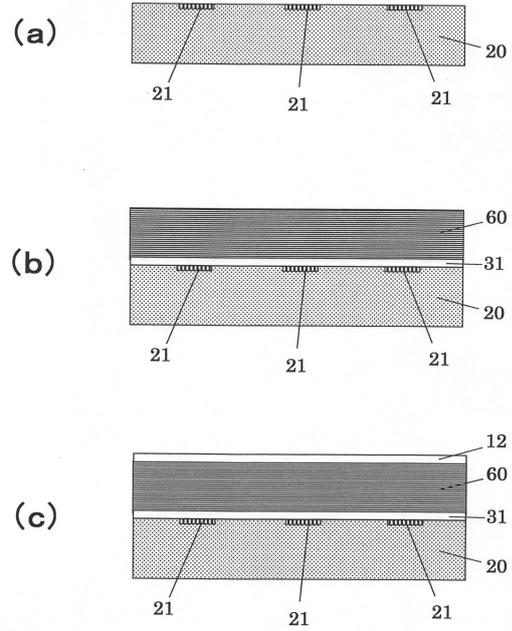
【図6】



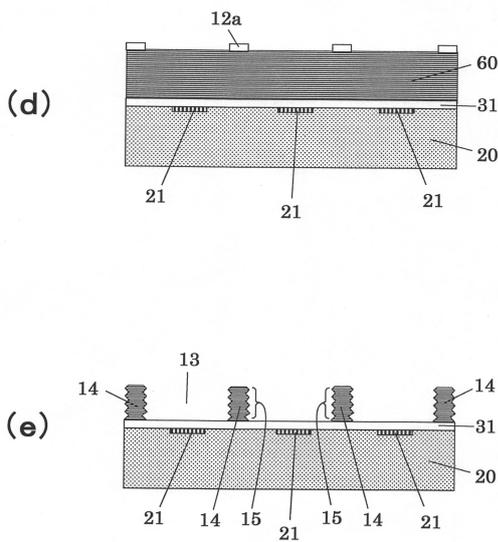
【図7】



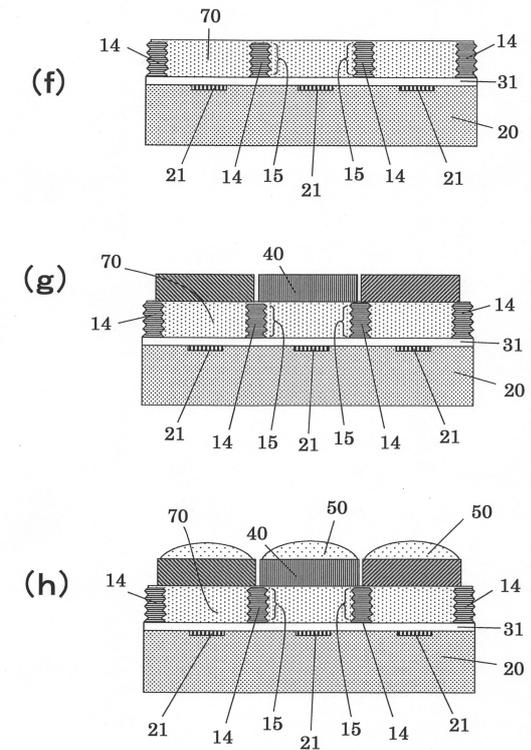
【図8】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

- (56)参考文献 国際公開第2006/101064(WO, A1)
特開2014-215447(JP, A)
特開2008-047587(JP, A)
特開2010-225986(JP, A)
特開2011-014899(JP, A)
特開2002-118052(JP, A)
国際公開第2013/179764(WO, A1)
特開2012-049289(JP, A)
特開平06-252450(JP, A)
特開2010-225944(JP, A)
登録実用新案第3129846(JP, U)
特開2011-176715(JP, A)
特表2002-539605(JP, A)
特開2005-072662(JP, A)
特表2014-521992(JP, A)
特表2014-521226(JP, A)
特開2008-089728(JP, A)
特開2007-334279(JP, A)
特開2004-340737(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 27/146
G02B 3/00
G02B 5/00
G02B 5/20