

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2006-216632

(P2006-216632A)

(43) 公開日 平成18年8月17日(2006.8.17)

| (51) Int.CI.                  | F 1          | テーマコード (参考) |
|-------------------------------|--------------|-------------|
| <b>H01L 27/12</b> (2006.01)   | H01L 27/12   | R 4 G 077   |
| <b>H01L 21/02</b> (2006.01)   | C 30 B 29/06 | 5 F 045     |
| <b>C 30 B 29/06</b> (2006.01) | H01L 21/20   | 5 F 052     |
| <b>H01L 21/20</b> (2006.01)   | H01L 21/205  |             |
| <b>H01L 21/205</b> (2006.01)  |              |             |

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 9 頁)

|           |                            |            |  |
|-----------|----------------------------|------------|--|
| (21) 出願番号 | 特願2005-25868 (P2005-25868) | (71) 出願人   | 000005234<br>富士電機ホールディングス株式会社<br>神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号                  |
| (22) 出願日  | 平成17年2月2日 (2005.2.2)       | (74) 代理人   | 100088339<br>弁理士 篠部 正治   |
|           |                            | (72) 発明者   | 藤掛 伸二<br>神奈川県横須賀市長坂二丁目2番1号 富士電機アドバンストテクノロジー株式会社内                     |
|           |                            | (72) 発明者   | 望月 邦雄<br>神奈川県横須賀市長坂二丁目2番1号 富士電機アドバンストテクノロジー株式会社内                     |
|           |                            | F ターム (参考) | 4G077 AA03 BA04 DB05 ED04 EF01<br>HA06 TA04 TB03 TK08 TK13<br>最終頁に続く |

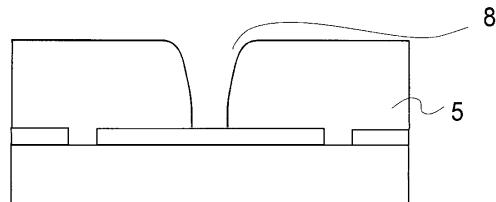
(54) 【発明の名称】 S O I ウエハの製造方法

## (57) 【要約】

【課題】シリコンエピタキシャル成長層における、表面ラフネスの解消と上下層の成長速度差に基づいて形成されるオーバーハンギング形状の解消とを図ることにより、S O I ウエハ製造工程において問題となっていたボイドや結晶欠陥の発生を抑えることのできるS O I ウエハの製造方法の提供。

【解決手段】シリコン基板表面に開口部を有する絶縁層を形成する絶縁層形成工程と、シリコンエピタキシャル層を形成する第一成膜工程と、前記シリコンエピタキシャル層の端部を、上に開いた傾斜角の形状にするための気相エッチング工程と、前記シリコンエピタキシャル層を相互接触させて全面に成膜する第二成膜工程と、前記全面成膜されたシリコンエピタキシャル層を表面研磨して平坦化する平坦化工程とを含むS O I ウエハの製造方法とする。

【選択図】 図1 - 4



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

シリコン基板表面に開口部を有する絶縁層を形成する絶縁層形成工程と、前記開口部に露出する前記シリコン基板表面からシリコンエピタキシャル層を形成する第一成膜工程と、前記シリコンエピタキシャル層が前記酸化膜上で相互に接触する前の段階における前記シリコンエピタキシャル層の端部を、上に開いた傾斜角の形状にするための気相エッチング工程と、前記シリコンエピタキシャル層を相互接觸させて前記シリコン基板上の全面に成膜する第二成膜工程と、前記全面成膜されたシリコンエピタキシャル層を表面研磨して平坦化する平坦化工程とを含むことを特徴とする S O I ウエハの製造方法。

**【請求項 2】**

前記開口部が島状または格子状であることを特徴とする請求項 1 記載の S O I ウエハの製造方法。

**【請求項 3】**

前記第一成膜工程と前記気相エッチング工程が複数回行われることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の S O I ウエハの製造方法。

**【請求項 4】**

前記気相エッチング工程で、隣接するシリコンエピタキシャル層の端部を上に開いた傾斜角の形状にするために成膜ガスとエッチングガスとを同時に流すことを特徴とする請求項 1 記載の S O I ウエハの製造方法。

**【請求項 5】**

前記気相エッチング工程における成膜ガス流量を徐々に減らし、気相エッチングガスの流量を徐々に増加させるように制御することを特徴とする請求項 4 記載の S O I ウエハの製造方法。

**【請求項 6】**

前記成膜ガスがクロルシランガスを主ガスとして含むことを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか一項に記載の S O I ウエハの製造方法。

**【請求項 7】**

前記気相エッチングガスが H C l ガスを含むことを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか一項に記載の S O I ウエハの製造方法。

**【請求項 8】**

前記シリコンエピタキシャル層の全面成膜後、S O I ウエハを平坦化する工程の前後で、水素を含んだ 1 0 0 0 以上的ガス雰囲気中でアニールする工程を設けることを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか一項に記載の S O I ウエハの製造方法。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0 0 0 1】**

本発明は、絶縁膜上にシリコン等の半導体層が設けられた構造を有する全面あるいは部分 S O I ( S e m i c o n d u c t o r O n I n s u l a t o r ) ウエハの製造方法に関する。

**【背景技術】****【0 0 0 2】**

S O I ウエハの製造方法として、まず、図 3 - 1 に示すようにシリコン基板 1 1 の表面上に酸化膜 1 2 を形成したウエハ 1 3 が用いられる。このウエハ 1 3 に図 3 - 2 に示すようにフォトリソグラフィ技術を用いて酸化膜 1 2 を選択的に開口エッチングすることにより、複数の開口部 1 4 が形成される。その後、図 3 - 3 に示すように、ウエハ 1 3 上にシリコンエピタキシャル層 1 5 の成長形成が行われる。ここで、エピタキシャル成長は、まず、酸化膜 1 2 の開口部 1 4 内のシリコン基板 1 1 上から始まり、酸化膜 1 2 上に突出するまではシリコン基板 1 1 面に垂直な縦方向への成長が行われ、酸化膜 1 2 の厚さを超えると、酸化膜 1 2 の面方向、すなわち横方向にも成長するようになる。エピタキシャル成長は、その後、図 3 - 4 に示すように酸化膜 1 2 がシリコンエピタキシャル層 1 5 で完全に

10

20

30

40

50

覆われるまで行われる。その後、図示はしないが、必要に応じ、開口部 14 に対応する位置のシリコンエピタキシャル層 15 の表面から、シリコン基板 11 が露出するまで選択的にエッチングして形成された開口に、新たにシリコン酸化膜を埋め込むことにより、シリコンエピタキシャル層 15 をシリコン基板 11 から電気的に絶縁された完全 SOI 構造とするようにしてもよい。さらに前記開口へのシリコン酸化膜の埋め込み時に、同時形成された埋め込み部以外の不要な酸化膜をフッ酸緩衝液 (Buffered HF) 等によりウェットエッチングした後、シリコンエピタキシャル層 15 の表面を CMP (化学的機械的研磨装置) などにより研磨して平坦化することにより、SOI ウエハが完成する。以上説明した SOI ウエハの製造方法はよく知られている方法である（特許文献 1）。

#### 【0003】

前述の SOI ウエハ製造工程で表面の平坦化方法として、エピタキシャル成長後に表面研磨を行う具体的な方法などは既によく知られた方法（特許文献 2）でもあるので、ここではこれ以上詳細を説明しない。

シリコン基板に多数のトレンチ（溝）を形成し、そのトレンチ内にシリコン基板と異なる導電型のシリコン単結晶をエピタキシャル成長させて前記トレンチを埋め込む方法が公開されている。その方法によれば、エピタキシャル成長層の界面に発生し易い結晶欠陥を抑える方法として、シリコンのエッチングガスとエピタキシャル成長させるためのジクロロシランガスとを同時に流しながらエピタキシャル成長を行う方法、およびジクロロシランガスとエッチングガスを交互に供給して成長を行う方法等が示されている（特許文献 3）。

【特許文献 1】特開平 5 - 114563 号公報

【特許文献 2】特開平 3 - 292723 号公報

【特許文献 3】特開 2004 - 273742 号公報

#### 【発明の開示】

##### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0004】

しかしながら、前述したように、SOI ウエハの製造方法では、図 3 - 4 のように、シリコンのエピタキシャル成長層 15 が酸化膜 12 の開口部 14 の上端を越えると、横方向すなわち酸化膜 12 の面方向にもエピタキシャル成長が始まり、酸化膜 12 上で隣接するエピタキシャル層 15 が相互に接触するようになる。その結果、接触部近傍にボイド 16 や結晶欠陥 17 を生じ易くなるという問題がある。

前記ボイド 16 については、エピタキシャル層 15 の上部成長速度が酸化膜 12 に近い下部より速い場合、成長と共にオーバーハング形状が著しくなり、その状態で隣接するエピタキシャル層が相互に接触することにより、閉じ込められた下部空間がボイド 16 となる。このオーバーハングの度合いは、前述のように成長層 15 の上下における成長速度の差に依存し、隣接する成長層との隙間および成膜ガスの付着確率によって決まる。成長速度の差は、一般に、隙間が小さくなるほど、また、付着確率が高くなるほど大きくなる。従って、隣接する成長層が相互に接触してから全面成膜されるような場合に、前記オーバーハング形状が著しくなり易く、その結果、巻き込まれたボイドなどが問題にされやすいのである。

#### 【0005】

また、前記結晶欠陥 7 の発生については、シリコンエピタキシャル層 5 の表面のラフネス（凹凸）は成長時間とともに大きくなる傾向があり、このような凹凸のある成長面同士が接触すると、凸部接触面を中心に結晶欠陥が発生しやすくなるので、接触界面近傍に結晶欠陥が発生することは避けがたい現象であった。

本発明は、以上述べた問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、シリコンエピタキシャル成長層における、表面ラフネスの解消と上下層の成長速度差に基づいて形成されるオーバーハング形状の解消とを図ることにより、SOI ウエハ製造工程において問題となっていたボイドや結晶欠陥の発生を抑えることのできる SOI ウエハの製造方法を提供することである。これにより、SOI ウエハを用いた高性能デバイスの製造が可能にな

10

20

30

40

50

る。

【課題を解決するための手段】

【0006】

特許請求の範囲の請求項1記載の本発明によれば、シリコン基板表面に開口部を有する絶縁層を形成する絶縁層形成工程と、前記開口部に露出する前記シリコン基板表面からシリコンエピタキシャル層を形成する第一成膜工程と、前記シリコンエピタキシャル層が前記酸化膜上で相互に接触する前の段階における前記シリコンエピタキシャル層の端部を、上に開いた傾斜角の形状にするための気相エッチング工程と、前記シリコンエピタキシャル層を相互接觸させて前記シリコン基板上の全面に成膜する第二成膜工程と、前記全面成膜されたシリコンエピタキシャル層を表面研磨して平坦化する平坦化工程とを含むSOIウエハの製造方法とすることにより、前記目的は達成される。10

特許請求の範囲の請求項2記載の本発明によれば、前記開口部が島状または格子状である特許請求の範囲の請求項1のSOIウエハの製造方法とすることが好ましい。

【0007】

特許請求の範囲の請求項3記載の本発明によれば、前記第一成膜工程と前記気相エッチング工程が複数回行われる特許請求の範囲の請求項1または2記載のSOIウエハの製造方法とすることが好ましい。

特許請求の範囲の請求項4記載の本発明によれば、前記気相エッチング工程で、隣接するシリコンエピタキシャル層の端部を上に開いた傾斜角の形状にするために成膜ガスとエッティングガスとを同時に流す特許請求の範囲の請求項1記載のSOIウエハの製造方法とすることが好ましい。20

特許請求の範囲の請求項5記載の本発明によれば、前記気相エッチング工程における成膜ガス流量を徐々に減らし、気相エッティングガスの流量を徐々に増加させるように制御する特許請求の範囲の請求項4記載のSOIウエハの製造方法とすることが好ましい。

【0008】

特許請求の範囲の請求項6記載の本発明によれば、前記成膜ガスがクロルシランガスを主ガスとして含む請求項1乃至5のいずれか一項に記載のSOIウエハの製造方法とすることが好ましい。

特許請求の範囲の請求項7記載の本発明によれば、気相エッティングガスがHClガスを含む請求項1乃至6のいずれか一項に記載のSOIウエハの製造方法とすることが好ましい。30

特許請求の範囲の請求項8記載の本発明によれば、前記シリコンエピタキシャル層の全面成膜後、SOIウエハを平坦化する工程の前後で、水素を含んだ1000以上のガス雰囲気中でアニールする工程を設ける特許請求の範囲の請求項1乃至5のいずれか一項に記載のSOIウエハの製造方法とすることが好ましい。

【0009】

本発明は、言い換えると、島状または格子状に成長した段階のシリコンエピタキシャル層がさらに成長して酸化膜面上で相互に接觸して全面成膜される前に成膜ガスの供給を停止し、気相エッティングガスを導入してシリコンエピタキシャル層のオーバーハング部を除去することを特徴とするのである。この気相エッティング反応はエピタキシャル層の上部の方が下部より大きくなるため、酸化膜の正面に対して上方に開いた傾斜角形状にエッティングされる。従って、隣接するシリコンエピタキシャル層のオーバーハング形状を解消し、断面が台形状になった状態で、再度エピタキシャル成長を行って隣接層を接觸させて全面成膜をさせることにより、ボイドの巻き込みを防ぐことができる。また、この際、シリコンエピタキシャル層の表面のエッティングにより表面ラフネスも抑制されて平滑になるので、接觸界面近傍における結晶欠陥をも抑制したシリコンエピタキシャル層を形成することができる。また、前述の気相エッティングとエピタキシャル成長工程の組み合わせを1回のみでなく、複数回繰り返して、最適な台形形状にした後に全面に膜を成長させる工程とすることも好ましい。40

【0010】

10

20

30

40

50

異なる方法としては、成膜ガスとエッティングガスを同時に制御しながら供給してシリコンエピタキシャル成長を行う方法がある。この際、シリコンエピタキシャル層が相互に接触する直前に、成膜ガス流量に対するエッティングガスの流量比率を高くするように制御すると、効率的に接触時のオーバーハング形状を解消させることができるので好ましい。その後、前述とほぼ同様に台形状の状態でシリコンエピタキシャル層を全面成膜させることにより、ボイドと結晶欠陥を抑制する効果を得ることができる。

さらに、エピタキシャル層が全面に形成された後、シリコンエピタキシャル層表面を平坦化する工程の前後に、界面に存在するなお存在する結晶欠陥を消滅させるために、水素を含んだガス雰囲気中で高温アニールを行うことも望ましい。

#### 【発明の効果】

#### 【0011】

本発明によれば、シリコエピタキシャル成長層における、表面ラフネスの解消と上下層の成長速度差に基づいて形成されるオーバーハング形状の解消とを図ることにより、SOIウエハ製造工程において問題となっていたボイドや結晶欠陥の発生を抑えたSOIウエハの製造方法を提供することができる。

#### 【発明を実施するための最良の形態】

#### 【0012】

以下、本発明のSOIウエハの製造方法について、図を用いて詳細に説明する。本発明はその要旨を超えない限り、以下に説明する実施例の記載に限定されるものではない。

図1-1乃至図1-6は本発明のSOIウエハの製造方法にかかる製造工程をウエハの断面図により示したものである。図2は、本発明のSOIウエハの製造方法にかかる第二の実施例にかかるガスの流量プロファイル図である。

#### 【実施例1】

#### 【0013】

第一の実施例について説明する。まず、図1-1に示すようにシリコン基板1の表面に公知の方法により熱酸化膜2を30~300nmの厚さに形成する。続いて、よく知られた通常のフォトリソグラフィ技術により、複数の開口部4を形成する(図1-2)。この開口部4内のシリコン基板表面はシリコンエピタキシャル成長のシード面となる。

図面では、開口部の平面パターンを示していないが、ウエハ3全体としては、チップ化できるような周期的な構造であれば、一チップ内のパターンは溝、格子状あるいは小円あるいは正方形のドット状の何れでも良い。次に、開口部4を形成したウエハ3を図示しないエピタキシャル成長装置に搬入し、ウエハ3の酸化膜2側の表面にシリコンエピタキシャル層5を形成する。シリコンエピタキシャル層5を形成するための代表的なプロセスガスは、主ガスをジクロロシランあるいはトリクロロシランとし、水素ガスをキャリアガスとして用い、必要に応じて、ドーピングガスを添加したものを用いる。反応圧力を100~760 Torr(1 Torr = 133.3 Pa)とし、ウエハ温度1000程度としてシリコンエピタキシャル層5を開口部4内のシリコン基板1面から成長させる。シリコンエピタキシャル層5の成長が、ウエハ面内の一チップパターン内に島状に配置された開口部4内において縦方向に始まり、開口部4を超えると、酸化膜2の面方向すなわち横方向にも成長する。隣接するシリコンエピタキシャル層5相互間の距離が接近して接触する前に主ガスの導入を停止する(図1-3)。

#### 【0014】

この段階では、二つの島状のシリコンエピタキシャル層はガスの付着確率に応じて図1-3に示すように、オーバーハング6が発生する。また、シリコンエピタキシャル層の表面のラフネス(図示せず)も大きくなっている。次に、エッティングガスとして塩化水素ガス(HCl)を導入してシリコンエピタキシャル層表面の気相エッティングを行う。シリコンエピタキシャル層は上部の方がエッティングレートが高いため、図1-4のようにシリコンエピタキシャル層の端部の形状は、上方に開いたテーバー形状(台形状の断面)8となり、オーバーハング6が解消され、表面ラフネスも小さくなる。

前記エッティングガス(HCl)導入を停止し、再度、前記主ガスを導入してシリコンエ

10

20

30

40

50

ピタキシャル成長させることによりボイドレスなシリコンエピタキシャル層が全面に形成される（図1-5）。但し、前記HClによる1回の気相エッチング工程で、オーバーハングを解消するには不十分な場合は、前記気相エッチング工程とシリコンエピタキシャル成長工程を交互に複数回繰り返すことによりオーバーハングの解消された良好な膜が形成される。

#### 【0015】

こうして得られる膜にはSEM（走査型電子顕微鏡）等で観察されるようなボイドは存在しないが、なお、接触界面の近傍に結晶欠陥7が存在する場合がある。また、シリコンエピタキシャル層の内部応力も大きい。そこで、シリコンエピタキシャル層の表面平坦化工程の前に水素を導入し、ウェハ温度を1000以上での温度でアニールを行うことにより、欠陥密度と内部応力を減少させることができる。最後に、CMP装置に搬入し、表面に残されたV字状の凹部9の平坦化処理を行うことでSOIウェハの製造が完了する（図1-6）。なお、さらに、シリコンエピタキシャル層の表面平坦化工程の後に、前述と同様な水素アニール処理を施してもよい。

#### 【実施例2】

#### 【0016】

次に、第二の実施例について説明する。この実施例では、シリコンエピタキシャル成長工程は前述の第一の実施例と同様である。隣接するシリコンエピタキシャル層が相互に接触する前に、前記端部のオーバーハング形状を解消するために行われる気相エッチング工程において、図2の供給ガスの流量プロファイル図に示すように、シリコンエピタキシャル層の端部の形状改善領域では、成膜ガスをストップせずに、流量を減らし、エッチングガスとしての塩化水素ガスを同時に流しながら、前記端部のオーバーハング形状の改善を行うところが前記第一の実施例と異なる。このように成膜ガスとエッチングガスとの比率を適正に制御しながら同時に流すことにより、前記オーバーハングの解消後の形状をより好ましい形状にすることが可能になるメリットが得られる。さらに、図2の鎖線で示すように、接触前の成膜領域から形状改善領域に移る際に、成膜ガスの流量を徐々に減量し、エッチングガスを供給を徐々に增量するようにし、接触後再度、成長させる際に、エッチングガスを徐々に減量し、成膜ガスを徐々に增量することも好ましい。図2は、第二の実施例の一例として、シリコンエピタキシャル成長ガスであるジクロロシランガスとシリコンエッチングガスとしての塩化水素（HCl）ガスを用いた場合の、それぞれの流量プロファイルを示す図である。

#### 【0017】

エピタキシャル成長の初期から隣接エピタキシャル層が接近するまでは、主ガスのジクロロシランの水素キャリアガスに対する比率を多くし成長レートを高くする - 第一成膜工程（図2の接触前領域）。

複数の島状シリコンエピタキシャル層が接近した時点でジクロロシランの流量を減らし、エッチングガス（HCl）を新たに導入してシリコンエピタキシャル層の端部形状を改善する - 気相エッチング工程（図2の形状改善領域）。

両層が接触した後は、HClエッチングガスの導入を停止し、再度ジクロロシランの流量を前記第一成膜工程と同程度に増やして高成長レートで全面に渡ってエピタキシャル層を成長させる。その後、前述の第一の実施例と同様の表面平坦化処理および必要に応じて高温水素アニール処理工程を行うことによりSOIウェハ製造工程が完了する。以上の説明では、第一成膜工程および第二成膜工程において、エッチングガスを導入しないについて示したが、第一成膜工程および第二成膜工程においてエッチングガスを導入しても、もちろんかまわない。

#### 【0018】

また、この第二実施例でも、必要に応じて、酸化膜の開口部4に対応する位置のシリコンエピタキシャル層5を表面からシリコン基板表面に至るまで開口し、その開口中にフィールド酸化膜を埋め込むことにより、シリコンエピタキシャル層5をシリコン基板1から電気的に絶縁させたSOIウェハとすることが可能である。また、縦方向（ウェハの厚さ

方向)に電流を流すパワー・デバイスと制御ICを1枚のチップ上に集積化する場合は、SOI領域を全面ではなく、部分的に設ければよいことはいうまでもない。

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1-1】本発明のSOIウエハの製造方法にかかる製造工程を示すウエハ断面図である(その1)。

【図1-2】本発明のSOIウエハの製造方法にかかる製造工程を示すウエハ断面図である(その2)。

【図1-3】本発明のSOIウエハの製造方法にかかる製造工程を示すウエハ断面図である(その3)。

【図1-4】本発明のSOIウエハの製造方法にかかる製造工程を示すウエハ断面図である(その4)。

【図1-5】本発明のSOIウエハの製造方法にかかる製造工程を示すウエハ断面図である(その5)。

【図1-6】本発明のSOIウエハの製造方法にかかる製造工程を示すウエハ断面図である(その6)。

【図2】本発明のSOIウエハの製造方法の第二の実施例にかかるガスの流量プロファイル図である。

【図3-1】従来のSOIウエハの製造方法にかかる製造工程を示すウエハ断面図である(その1)。

【図3-2】従来のSOIウエハの製造方法にかかる製造工程を示すウエハ断面図である(その2)。

【図3-3】従来のSOIウエハの製造方法にかかる製造工程を示すウエハ断面図である(その3)。

【図3-4】従来のSOIウエハの製造方法にかかる製造工程を示すウエハ断面図である(その4)。

【符号の説明】

【0020】

1 ...シリコン基板、

2 ...シリコン酸化膜、

3 ...シリコンウエハ、

4 ...開口部、

5 ...シリコンエピタキシャル成長層、

6 ...オーバーハング

7 ...結晶欠陥

8 ...傾斜角形状、台形形状(テーパー形状)

9 ...凹部

16 ...結晶欠陥

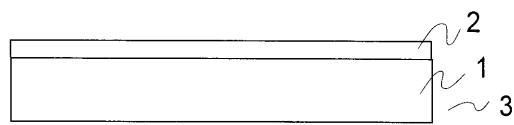
17 ...ボイド。

10

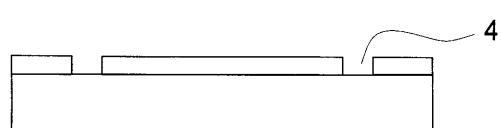
20

30

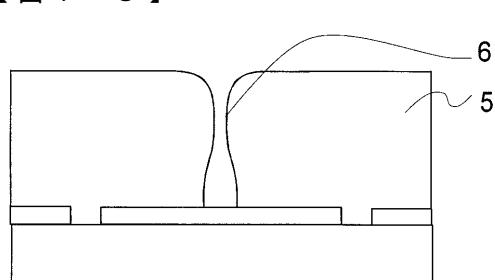
【図1-1】



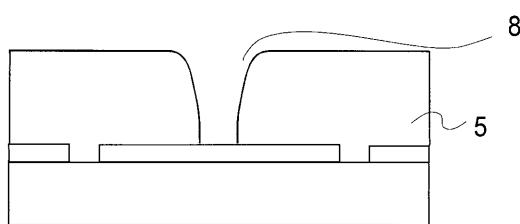
【図1-2】



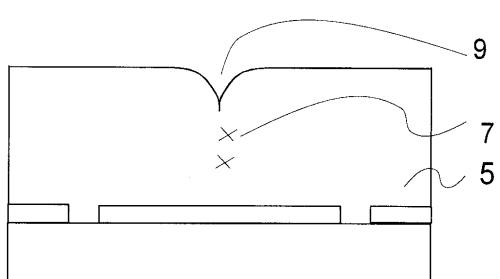
【図1-3】



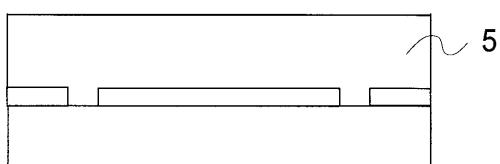
【図1-4】



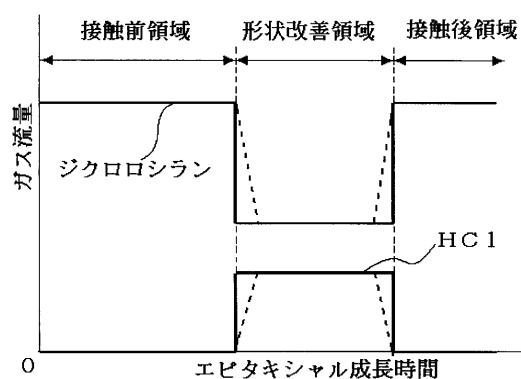
【図1-5】



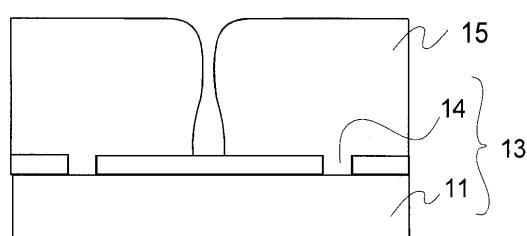
【図1-6】



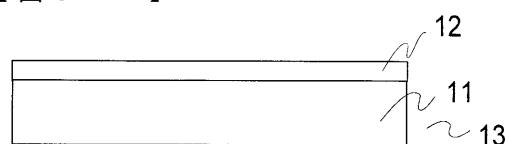
【図2】



【図3-3】



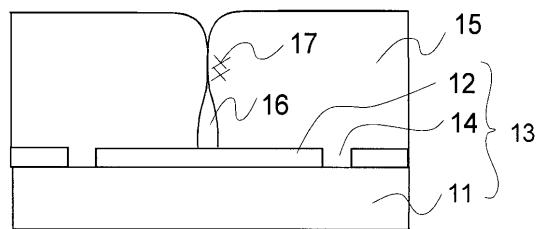
【図3-1】



【図3-2】



【図3-4】



---

フロントページの続き

F ターム(参考) 5F045 AA03 AB02 AC05 DB01  
5F052 KA01 KA10