

(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2004-111865  
(P2004-111865A)

(43) 公開日 平成16年4月8日(2004.4.8)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	F I	テーマコード (参考)
HO1S 5/323	HO1S 5/323 610	4G077
C30B 29/42	C30B 29/42	5F041
C30B 29/44	C30B 29/44	5F073
HO1L 33/00	HO1L 33/00 C	

審査請求 未請求 請求項の数 13 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2002-275882 (P2002-275882)	(71) 出願人	000002130 住友電気工業株式会社 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号
(22) 出願日	平成14年9月20日 (2002.9.20)	(74) 代理人	100088155 弁理士 長谷川 芳樹
		(74) 代理人	100089978 弁理士 塩田 辰也
		(74) 代理人	100092657 弁理士 寺崎 史朗
		(74) 代理人	100110582 弁理士 柴田 昌聰
		(72) 発明者	額織 明伯 東京都府中市幸町2-41-13
		(72) 発明者	熊谷 義直 東京都府中市幸町2-41-7

最終頁に続く

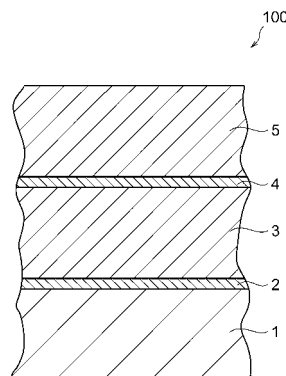
(54) 【発明の名称】 半導体基板及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 十分な格子緩和効果を得ることができる半導体基板を提供する。

【解決手段】 エピタキシャルウェハ100は、GaAs(111)A面の基板1上に、厚さ50nmのGaNから成るバッファ層2、厚さ25μmのGaNから成るエピタキシャル層3、厚さ50nmのGaNから成るバッファ層4、及び厚さ25μmのGaNから成るエピタキシャル層5がこの順に、Ga、HCl及びNH<sub>3</sub>ガスをを用いたハロゲン系CVD法によって積層されたものである。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

化合物半導体から成る基板と、  
前記基板上に形成された主として GaN から成る第 1 バッファ層と、  
前記第 1 バッファ層上に形成された GaN を含んで成る第 1 エピタキシャル層と、  
前記第 1 エピタキシャル層上に形成された主として GaN から成る第 2 バッファ層と、  
前記第 2 バッファ層上に形成された GaN を含んで成る第 2 エピタキシャル層と、を備えており、  
前記第 1 バッファ層及び第 2 バッファ層が、ハロゲン化物を含む反応系を用いた気相成長法により形成されたものである半導体基板。

10

## 【請求項 2】

前記基板の面方位が (111) A 面である請求項 1 記載の半導体基板。

## 【請求項 3】

前記基板が III-V 族化合物半導体から成る請求項 1 又は 2 に記載の半導体基板。

## 【請求項 4】

前記 III-V 族化合物半導体が GaAs 又は InP である請求項 3 記載の半導体基板。

## 【請求項 5】

前記第 1 バッファ層の厚さが 10 ~ 100 nm であり、且つ前記第 2 バッファ層の厚さが 5 ~ 70 nm である請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載の半導体基板。

## 【請求項 6】

前記第 1 又は第 2 エピタキシャル層の厚さが 20 ~ 1000 μm である請求項 1 ~ 5 のいずれか一項に記載の半導体基板。

20

## 【請求項 7】

第 1 の温度に加熱された環境下で、化合物半導体から成る基板上にハロゲン化物を含む第 1 のガス、Ga を含む第 2 のガス、及び NH<sub>3</sub> を含む第 3 のガスを供給し、主として GaN から成る第 1 バッファ層を形成するステップと、

前記第 1 の温度よりも高い第 2 の温度に加熱された環境下で、前記第 1 ~ 第 3 のガスを供給し、前記第 1 バッファ層上に GaN を含有して成る第 1 エピタキシャル層を形成するステップと、

前記第 1 の温度に加熱された環境下で、前記第 1 ~ 第 3 のガスを供給し、前記第 1 エピタキシャル層上に主として GaN から成る第 2 バッファ層を形成するステップと、

30

前記第 2 の温度に加熱された環境下で、前記第 1 ~ 第 3 のガスを供給し、前記第 2 バッファ層上に GaN を含有して成る第 2 エピタキシャル層を形成するステップと、  
を備える半導体基板の製造方法。

## 【請求項 8】

前記第 1 の温度を 300 ~ 700 の範囲内の温度とし、且つ、前記第 2 の温度を 750 以上とする、請求項 7 記載の半導体基板の製造方法。

## 【請求項 9】

前記第 1 のガスとして HCl ガスを用いる請求項 7 又は 8 に記載の半導体基板の製造方法。

40

## 【請求項 10】

前記基板として面方位が (111) A 面であるものを用いる請求項 7 ~ 9 のいずれか一項に記載の半導体基板の製造方法。

## 【請求項 11】

前記基板として III-V 族化合物半導体から成るものを用いる請求項 7 ~ 10 のいずれか一項に記載の半導体基板の製造方法。

## 【請求項 12】

前記 III-V 族化合物半導体が GaAs 又は InP のものを用いる請求項 11 記載の半導体基板の製造方法。

## 【請求項 13】

50

前記第1バッファ層の成膜厚さが10～100nmとなるように、前記第2バッファ層の厚さが5～70nmとなるように、且つ、前記第1又は第2エピタキシャル層の厚さが20～1000μmとなるように、前記各ステップにおけるプロセス条件を調整する、請求項7～12のいずれか一項に記載の半導体基板の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体基板及びその製造方法に関し、詳しくは、半導体レーザ素子や青色レーザダイオード等の発光素子を形成するのに好適なエピタキシャルウェハ等の半導体基板及びその製造方法に関する。

10

【0002】

【従来技術】

近年、カラーディスプレイや光ディスク用途として青色LEDやレーザのニーズが高まっており、かかる青色或いは紫外領域の波長光を放出する材料としてGaN系材料が脚光を浴びている。このようなGaN系のエピタキシャル膜を形成する基板としては、形成すべきエピタキシャル膜と格子整合するGaN基板を用いることが望ましいが、このようなGaN基板の製作は非常に困難である。そこで、一般には、格子定数がGaN系エピタキシャル膜と比較的近いサファイヤ基板が用いられている。また、この格子のずれを緩和するために、通常、低温成長されたGaN又はAlNから成るバッファ層が用いられている。

20

【0003】

また、従来GaN系エピタキシャル結晶については、単一(シングル)の低温バッファ層が形成され格子ずれによる転位の抑制が図られており、その低温GaNバッファ層の効果についての報告もある(例えば、非特許文献1参照)。ただし、このような低温バッファ層による格子ずれ緩和法は、格子ずれに起因して発生する転位の抑制が十分でなく、例えば青色レーザ素子を作製した場合にその信頼性に問題があった。

【0004】

そこで、かかる不都合を解消すべく、格子不整合による転位発生を更に抑制する技術が種々試みられており、その一つとして、有機金属気相成長法(MO-CVD法)を用いて低温バッファ層を2段(ダブル)構成とする手法が報告されている(例えば、非特許文献2参照)。

30

【0005】

【非特許文献1】

J. Appl. Phys. 71 (1992) 5543

【非特許文献2】

Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 37 (1998) pp. L316-L318

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、このような手法を用いて形成したGaNから成る2段構成の低温バッファ層上にGaN系エピタキシャル膜を成長させると、十分な膜厚を有するエピタキシャル層を成長させることができない傾向にある。例えば、上記非特許文献2によるバッファ層及びエピタキシャル層の厚みは、それぞれ20nm及び僅か1μmである。こうなると、エピタキシャル層の非常に薄い膜厚のため十分な格子緩和効果を得ることができないという大きな問題があった。このようにエピタキシャル膜の成長が促進されないのは、低温バッファ層をMO-CVD法で形成している点にあると考えられる。

40

【0007】

そこで、本発明はかかる事情に鑑みてなされたものであり、十分な格子緩和効果を得ることができ、信頼性の高い発光素子を得ることが可能な半導体基板及びその製造方法を提供することを目的とする。

【0008】

50

**【課題を解決するための手段】**

上記課題を解決するために、本発明による半導体基板は、化合物半導体から成る基板と、その基板上に形成された主としてGaNから成る第1バッファ層と、第1バッファ層上に形成されたGaNを含んで成る第1エピタキシャル層と、第1エピタキシャル層上に形成された主としてGaNから成る第2バッファ層と、第2バッファ層上に形成されたGaNを含んで成る第2エピタキシャル層とを備えており、第1バッファ層及び第2バッファ層が、ハロゲン化物を含む反応系を用いた気相成長法により形成されたものであることを特徴とする。

**【0009】**

このような構成の半導体基板では、ハロゲン化物を含む反応系を用いたCVD法、すなわち、ハロゲン系CVD法を用いることにより、MO-CVD法に比して各層の成長速度を高めることができる。具体的には、ハロゲン系CVD法による成膜速度は、MO-CVD法の約10程度である。本発明者は、このように形成された第1及び第2バッファ層上の第1及び第2エピタキシャル層の厚さが従来に比して格段に増大できることを確認した。これが第1及び第2バッファ層を高い成膜速度で形成せしめたことのみ起因するのか、或いは第1及び第2エピタキシャル層の成膜速度の増大も関連するのかといった詳細なメカニズムについては未だ不明な点があるが、成膜速度の増大に加えて、ハロゲン系CVD法で形成したバッファ層とエピタキシャル層の被着性、その膜厚の影響、ニュークリエーションの有無といった他の要因も複雑に関連している可能性も否定できない。

10

**【0010】**

また、ハロゲン系CVD法の具体例としては、III族原料としての金属GaとHCl及びV族原料としてのNH<sub>3</sub>を用いるハイドライドCVD法、III族原料としてのGaを含む有機金属（例えば、トリメチルガリウム；(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>Ga又はトリエチルガリウム；(C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>3</sub>Ga）とHCl及びV族原料としてのNH<sub>3</sub>を用いるハロゲン系CVD法等が挙げられる。

20

**【0011】**

具体的には、基板の面方位が(111)A面であると好ましい。また、より具体的には、基板がIII-V族化合物半導体から成ると好適であり、特に、III-V族化合物半導体がGaAs又はInPであると有用である。

**【0012】**

また、第1バッファ層の厚さが10~100nmであり、且つ第2バッファ層の厚さが5~70nmであると一層好ましい。第1バッファ層の厚さが10nm未満であると、第1エピタキシャル層を形成するための昇温中に第1バッファ層が部分的に途切れてしまう傾向にあり、こうなるとその上に形成される第1エピタキシャル層が剥離するおそれがある。一方、第1バッファ層の厚さが100nmを超えると、平坦性が要求される第1バッファ層の成長時に核成長（ニュークリエーション）が生じてしまう傾向にあり、この核を中心として第1エピタキシャル層がピラミッド状に成長する傾向にあり好ましくない。

30

**【0013】**

そして、十分な格子緩和効果を発現させる観点より、第1又は第2エピタキシャル層の厚さが20~1000μmであることが望ましい。

40

**【0014】**

また、本発明による半導体基板の製造方法は、本発明の半導体基板を有効に製造するための方法であって、(a)第1の温度に加熱された環境下で、化合物半導体から成る基板の上にハロゲン化物を含む第1のガス、Gaを含む第2のガス、及びNH<sub>3</sub>を含む第3のガスを供給し、主としてGaNから成る第1バッファ層を形成するステップと、(b)第1の温度よりも高い第2の温度に加熱された環境下で、第1~第3のガスを供給し、第1バッファ層上にGaNを含有して成る第1エピタキシャル層を形成するステップと、(c)第1の温度に加熱された環境下で、第1~第3のガスを供給し、第1エピタキシャル層上に主としてGaNから成る第2バッファ層を形成するステップと、(d)第2の温度に加熱された環境下で、第1~第3のガスを供給し、第2バッファ層上にGaNを含有して成る

50

第2エピタキシャル層を形成するステップとを備える。

【0015】

この場合、第1の温度を300～700の範囲内の温度とし、且つ、第2の温度を750以上とすると好適である。この第1バッファ層を形成するときの第1の温度（成膜温度）が300未満であると、主としてGa<sub>2</sub>Nから成る第1バッファ層が十分に成長しない傾向にある。一方、第1の温度が700を超えると、基板への入熱量が増大し、サーマルバジェットが悪化して第1バッファ層が熱ダメージを受けてしまい、こうなるとその上に形成される第1エピタキシャル層が剥離するおそれがある。

【0016】

具体的には、第1のガスとしてHClガスを用いると好ましく、より具体的には、基板として面方位が(111)A面であるものを用い、更に具体的には、基板としてIII-V族化合物半導体から成るものを用いると好適であり、特に、III-V族化合物半導体がGaAs又はInPのものを用いると有用である。

10

【0017】

またさらに、第1バッファ層の成膜厚さが10～100nmとなるように、第2バッファ層の厚さが5～70nmとなるように、且つ、第1又は第2エピタキシャル層の厚さが20～1000μmとなるように、各ステップにおけるプロセス条件を調整することが望ましい。

【0018】

【発明の実施の形態】

20

以下、本発明の実施形態について詳細に説明する。なお、上下左右等の位置関係は、特に断らない限り、図面に示す位置関係に基づくものとする。また、図面の寸法比率は、図示の比率に限られるものではない。

【0019】

図1は、本発明による半導体基板の好適な一実施形態を示す模式断面図である。エピタキシャルウェハ100（半導体基板）は、GaAs(111)A面の基板1上に、厚さ50nmのGa<sub>2</sub>Nから成るバッファ層2（第1バッファ層）、厚さ25μmのGa<sub>2</sub>Nから成るエピタキシャル層3（第1エピタキシャル層）、厚さ50nmのGa<sub>2</sub>Nから成るバッファ層4（第2バッファ層）、及び厚さ25μmのGa<sub>2</sub>Nから成るエピタキシャル層5（第2エピタキシャル層）がこの順に積層された2段構造のものである。

30

【0020】

このように構成されるエピタキシャルウェハ100は、例えば以下に示す方法で製造することができる。なお、ここでは、図2に示すCVD装置20を成膜装置として用いた。図2は、当該CVD装置20の構成を示す概略図である。CVD装置20は、第1ガス導入口21と第2ガス導入口22と排気口23とが設けられた石英製の反応チャンバ24と、この反応チャンバ24の外部から反応チャンバ24内全体を加熱するための抵抗加熱ヒーター25とを備えている。また、反応チャンバ24の内部における第1ガス導入口21に対応する位置には、ガリウムメタル26が設置されるソースポート27が装着されている。

【0021】

40

このようなCVD装置20を用い、まず、反応チャンバ24内の所定位置に基板1を載置する。次に、抵抗加熱ヒーター25により外部から反応チャンバ24内全体を加熱して、基板1を500に保持した状態で、第1ガス導入口21からHClを供給する。これにより、HClが約800に加熱されたソースポート27内に設置されたGaと化学反応を生じてIII族ガスが発生し、そのIII族ガスが基板1上に供給される。

【0022】

一方、第2ガス導入口22からV族原料としてのNH<sub>3</sub>ガスを導入する。なお、このときの原料ガスのV族/III族比は例えば200とする。これにより、基板1上にGa<sub>2</sub>N結晶をエピタキシャル成長させ、所定時間成膜してバッファ層2を形成する。

【0023】

50

次に、バッファ層 2 が形成された基板 1 の温度が 800 となるように、抵抗加熱ヒーター 25 により反応チャンバ 24 内全体を昇温した後、HCl 及び NH<sub>3</sub> をバッファ層 2 上に導入する。なお、このときの原料ガスの V 族 / III 族比は例えば 200 とする。これにより、バッファ層 2 上に GaN 結晶をエピタキシャル成長させ、所定時間成膜してエピタキシャル層 3 を形成する。この時点で、エピタキシャル層 3 の観察及び評価を行ったところ、エピタキシャル層 3 は平坦性に極めて優れており、格子のズレが緩和されていることが確認された。

#### 【0024】

次いで、バッファ層 2 が形成された基板 1 の温度が再び 500 となるように、抵抗加熱ヒーター 25 の温度調節を行って反応チャンバ 24 内全体を降温した後、HCl 及び NH<sub>3</sub> をバッファ層 2 上に導入し、バッファ層 2 を形成したのと同様にして、エピタキシャル層 3 上にバッファ層 4 を形成する。さらにその後、抵抗加熱ヒーター 25 の温度調節を行って反応チャンバ 24 内全体を再び昇温し、バッファ層 4 が形成された基板 1 の温度が 800 となるようにし、上述したエピタキシャル層 3 を形成したのと同様にして、バッファ層 4 上にエピタキシャル層 5 を形成する。

10

#### 【0025】

また、他の方法として、反応チャンバ 24 内にソースポート 27 を設置せず、第 1 ガス導入口 21 から TEG 又は TMG と HCl とを導入し、それらを化学反応させる有機金属ハライド系 CVD 法を用いてもよい。

#### 【0026】

図 3 は、この場合に用いられる CVD 装置 30 の構成を示す概略図である。CVD 装置 30 は、第 1 ガス導入口 31 と第 2 ガス導入口 32 と排気口 33 とが設けられた石英製の反応チャンバ 34 と、この反応チャンバ 34 の外部から反応チャンバ 34 内全体を加熱するための抵抗加熱ヒーター 35 とを備えており、ソースポート 27 を有しないこと以外は、CVD 装置 20 と同様の構成を有する。

20

#### 【0027】

この場合、まず、反応チャンバ 34 内所定位置に基板 1 を載置する。次に、抵抗加熱ヒーター 35 により外部から反応チャンバ 34 内全体を加熱して、基板 1 を 500 に保持した状態で、第 1 ガス導入口 31 から TEG 又は TMG と HCl を供給すると共に、第 2 ガス導入口 32 から V 族原料としての NH<sub>3</sub> ガスを導入する。なお、このときの原料ガスの V 族 / III 族比は例えば 200 とする。これにより、基板 1 上に GaN 結晶をエピタキシャル成長させ、所定時間成膜してバッファ層 2 を形成する。

30

#### 【0028】

次に、バッファ層 2 が形成された基板 1 の温度が 800 となるように、抵抗加熱ヒーター 35 により反応チャンバ 34 内全体を昇温した後、TEG 又は TMG と HCl、及び NH<sub>3</sub> をバッファ層 2 上に導入する。なお、このときの原料ガスの V 族 / III 族比は例えば 200 とする。これにより、バッファ層 2 上に GaN 結晶をエピタキシャル成長させ、所定時間成膜してエピタキシャル層 3 を形成する。この時点で、エピタキシャル層 3 の観察及び評価を行ったところ、エピタキシャル層 3 は平坦性に極めて優れており、格子のズレが緩和されていることが確認された。

40

#### 【0029】

次いで、バッファ層 2 が形成された基板 1 の温度が再び 500 となるように、抵抗加熱ヒーター 35 の温度調節を行って反応チャンバ 34 内全体を降温した後、TEG 又は TMG と HCl、及び NH<sub>3</sub> をバッファ層 2 上に導入し、上述したバッファ層 2 を形成したのと同様にして、エピタキシャル層 3 上にバッファ層 4 を形成する。さらにその後、抵抗加熱ヒーター 35 の温度調節を行って反応チャンバ 34 内全体を再び昇温し、バッファ層 4 が形成された基板 1 の温度が 800 となるようにし、上述したエピタキシャル層 3 を形成したのと同様にして、バッファ層 4 上にエピタキシャル層 5 を形成する。

#### 【0030】

ここで、このようにして得たエピタキシャル層 3, 5 の光学特性を評価すべく、エピタキ

50

シャルウェハ 100 に対してフォトルミネッセンス ( P L ) 法を実施した。比較のため同様な方法で形成したバッファ層 2 とエピタキシャル層 3 のみを有する 1 段構造のエピタキシャルウェハについても同様の測定を実施した。なお、測定は室温で行った。

#### 【 0 0 3 1 】

図 4 は、エピタキシャルウェハの発光スペクトルを示すグラフである。同図の横軸はエピタキシャルウェハからの発光波長を示し、縦軸はその発光強度を示す。図中、曲線 L 1 , L 2 は、それぞれエピタキシャルウェハ 100 及び比較例のエピタキシャルウェハの発光スペクトルを示す。また、波長 360 nm 付近に存在するピークはバンド端からの発光に相当する。また、波長 570 nm 付近に存在するピークは、一般に ' イエロピーク ' と呼ばれるものであり、結晶のストイキオメトリのズレに起因するピークと目されており、この強度が低い程、良好な結晶が形成されていることを示唆するものである。

10

#### 【 0 0 3 2 】

これらの結果より、本発明の 2 段構造を有するエピタキシャルウェハ 100 は、比較例のウェハに比して波長 360 nm 付近のバンド端発光の強度が強く、より良好な結晶品質を有することが確認された。また、本発明の 2 段構造を有するエピタキシャルウェハ 100 は、比較例のウェハに比して波長 570 nm 付近の ' イエロピーク ' 強度が低く、このことから 1 段構造を有する比較例のウェハ比して結晶品質が著しく改善されていることが判明した。

#### 【 0 0 3 3 】

さらに、バッファ層 2 , 4 及びエピタキシャル層 3 , 5 の転位状態を評価すべく、エピタキシャルウェハ 100 の結晶断面の T E M 観察を実施した。図 5 は、エピタキシャルウェハ 100 における第 2 層目であるバッファ層 4 近傍の断面 T E M 写真を示す。これより、線状の転位がバッファ層 2 , 4 により低減されていることが判明した。

20

#### 【 0 0 3 4 】

##### 【 発明の効果 】

以上説明したように、本発明の半導体基板及びその製造方法によれば、ハロゲン化物を含む反応系を用いた C V D 法によってバッファ層及びエピタキシャル層の交互積層による 2 段構造が形成されて成るので、エピタキシャル層の転位を抑制して十分な格子緩和効果を得ることができる。また、このような本発明の半導体基板を用いることにより、良質の G a N 結晶層を形成でき、その結果、信頼性に優れた半導体レーザ素子や青色レーザダイオード等の発光素子を得ることができる。

30

##### 【 図面の簡単な説明 】

【 図 1 】 本発明による半導体基板の好適な一実施形態を示す模式断面図である。

【 図 2 】 C V D 装置 20 の構成を示す概略図である。

【 図 3 】 C V D 装置 30 の構成を示す概略図である。

【 図 4 】 エピタキシャルウェハの発光スペクトルを示すグラフである。

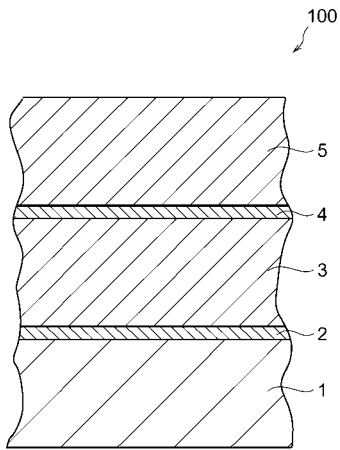
【 図 5 】 エピタキシャルウェハ 100 におけるバッファ層 4 近傍の断面 T E M 写真を示す。

##### 【 符号の説明 】

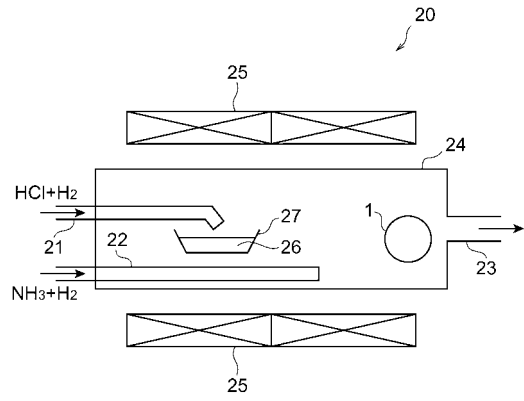
1 ... 基板、 2 ... バッファ層 ( 第 1 バッファ層 )、 3 ... エピタキシャル層 ( 第 1 エピタキシャル層 )、 4 ... バッファ層 ( 第 2 バッファ層 )、 5 ... エピタキシャル層 ( 第 2 エピタキシャル層 )、 20 , 30 ... C V D 装置、 24 , 34 ... 反応チャンバ、 100 ... エピタキシャルウェハ ( 半導体基板 )。

40

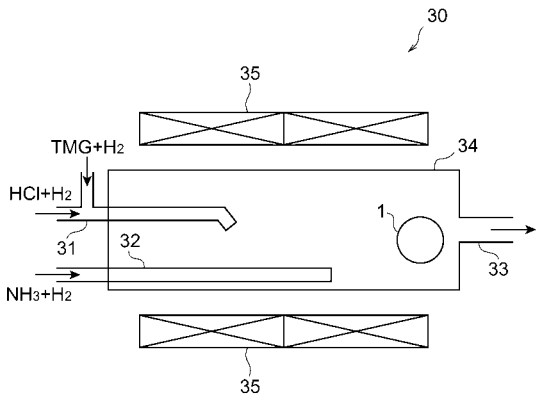
【 図 1 】



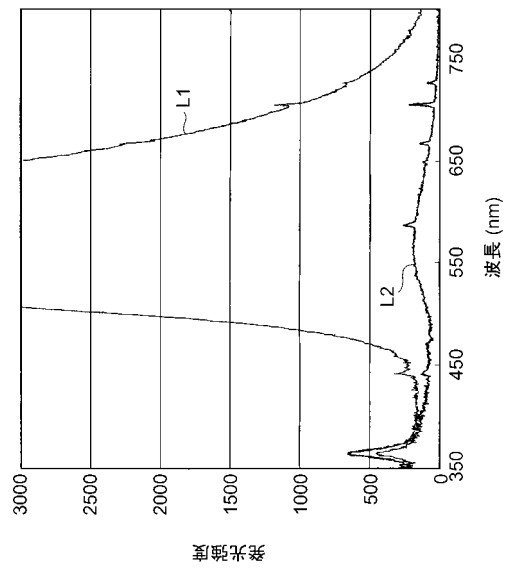
【 図 2 】



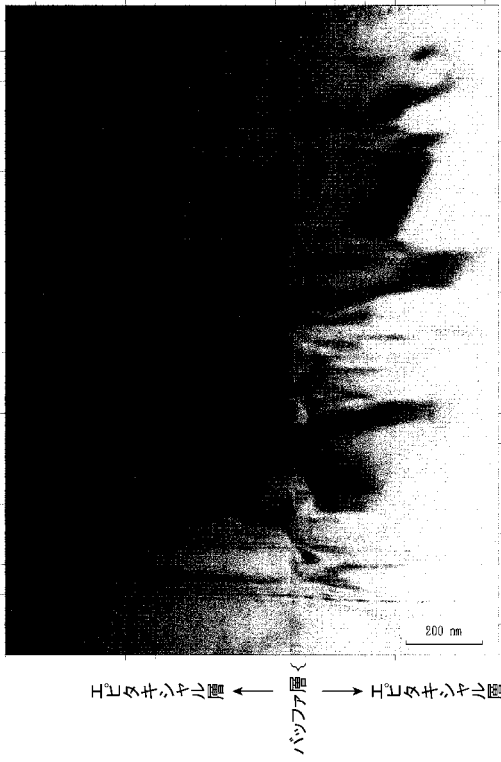
【 図 3 】



【 図 4 】



【図 5】



---

フロントページの続き

(72)発明者 三浦 祥紀

兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友電気工業株式会社伊丹製作所内

(72)発明者 上松 康二

兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友電気工業株式会社伊丹製作所内

Fターム(参考) 4G077 AA03 BE44 BE46 DB01 EF03 TC14

5F041 AA43 CA40 CA64 CA65

5F073 AA55 CA07 DA04 DA05 EA28