

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3649867号
(P3649867)

(45) 発行日 平成17年5月18日(2005.5.18)

(24) 登録日 平成17年2月25日(2005.2.25)

(51) Int. Cl.⁷

F I

H O 1 L 21/205

H O 1 L 21/205

H O 1 L 21/20

H O 1 L 21/20

H O 1 L 21/66

H O 1 L 21/66

Z

請求項の数 3 (全 8 頁)

<p>(21) 出願番号 特願平9-224700 (22) 出願日 平成9年8月21日(1997.8.21) (65) 公開番号 特開平11-67672 (43) 公開日 平成11年3月9日(1999.3.9) 審査請求日 平成15年10月16日(2003.10.16)</p>	<p>(73) 特許権者 000116024 ローム株式会社 京都府京都市右京区西院溝崎町2 1 番地 (74) 代理人 100098464 弁理士 河村 洸 (72) 発明者 北嶋 久義 京都市右京区西院溝崎町2 1 番地 ローム 株式会社内 (72) 発明者 市原 淳 京都市右京区西院溝崎町2 1 番地 ローム 株式会社内 審査官 池淵 立</p>
---	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体装置の製法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

反応装置内で基板をプラッター上に載置し、前記プラッターを加熱して、放射温度計により前記プラッターの温度を測定しながら反応ガスを反応させて前記基板表面に半導体層をエピタキシャル成長する半導体装置の製法であって、前記プラッターの少なくとも1か所に、前記放射温度計により測定する波長の電磁波を透過し、かつ、屈折率がnの材料からなり、前記放射温度計により測定する波長の1/(4n)以上の凹凸を表面に有するモニター用基板を載置し、該モニター用基板の下側の前記プラッターからの熱輻射により温度を測定しながらエピタキシャル成長をする半導体装置の製法。

【請求項 2】

反応装置内でサファイア基板をプラッター上に載置し、前記プラッターを加熱して、放射温度計により前記プラッターの温度を測定しながら反応ガスを反応させて前記サファイア基板表面にチッ化ガリウム系化合物半導体層をエピタキシャル成長する半導体装置の製法であって、前記プラッターの少なくとも1か所に、表面に凹凸を有するモニター用基板として、半導体層をエピタキシャル成長するサファイア基板を裏向きにして載置し、該モニター用基板の下側の前記プラッターからの熱輻射により温度を測定しながらエピタキシャル成長をする半導体装置の製法。

【請求項 3】

前記裏向きにして載置するサファイア基板の露出面の凹凸の粗さが、該サファイア基板の屈折率をnとして、前記放射温度計により測定する波長の1/(4n)以上である請求

項 2 記載の半導体装置の製法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、たとえばMOCVD（有機金属化学気相成長）法により基板上に半導体層をエピタキシャル成長する場合に、基板の温度を正確に制御しながらエピタキシャル成長をすることができる半導体装置の製法に関する。さらに詳しくは、半導体層の積層によっても測定温度の誤差が生じないように温度を測定しながらエピタキシャル成長をすることができ、さらにバッチ処理を重ねていっても再現性よく温度制御ができる半導体装置の製法に関する。

10

【0002】

【従来の技術】

従来、たとえばMOCVD法などによりウェハ状の基板に半導体層をエピタキシャル成長する場合、図3に示されるように、反応装置内のウェハ状の基板を載置するプラッター11の凹部にウェハ状の基板12を載置する。そして、図示しないモータなどによりプラッター11を回転させながら、プラッター11の下からヒータ17により加熱するとともに、プラッター11の下でヒータ17に接しないように、熱電対温度計18、もしくはプラッター11の上方からの放射温度計（赤外線温度計）14などにより、温度を測定しながら所定の温度に制御する。前記熱電対温度計18の場合、プラッター11の下面とヒータ17からの熱伝導と熱輻射を受け、前記放射温度計14の場合、基板12からの熱輻射により、また、基板12が載置されない部分のプラッター11の表面からの熱輻射により温度を測定する。この測定値に基づいて所定の温度に制御する。そして反応ガスを装置内に導入し、反応させることにより基板12上に半導体層をエピタキシャル成長する。

20

【0003】

これらの方法で、たとえばサファイア基板12上にチッ化ガリウム系化合物半導体を積層する場合、前述の放射温度計14で温度を制御する場合、サファイア基板12、チッ化ガリウム系化合物半導体層15はともに熱輻射に対して透明であるので、放射温度計14によって、その基板12の下のプラッター11の表面からの熱輻射により温度を測定することができる。一方、基板12が載置されない部分は、チッ化ガリウム系化合物半導体層がエピタキシャル成長せず、熱輻射に対して不透明な反応副生成物による堆積物層16がプラッター11の表面を覆う。そのため、堆積物層16の表面からの熱輻射により温度を測定することになる。

30

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

前述の熱電対温度計18で温度を制御する場合、熱電対温度計18のプロープとプラッター11とヒータ17の位置関係が正確な温度測定に非常に重要である。これらの構成部品の位置関係が少しでも狂うと、温度測定値がずれる。このような理由により、半導体成長装置のメンテナンスにおいて、これら構成部品の組立て時、これらの位置関係には細心の注意を払わなければならない。かなり注意深く組み立てても、メンテナンス前後で温度測定値がずれていることが多々ある。また、半導体成長装置を使い込んでゆくと、熱により、ヒータ17がたわみ、位置関係がずれる。これも温度測定値のずれの原因となる。さらに、半導体成長装置を使い込んでゆくと、熱電対温度計18のプロープ部分に反応副生成物が堆積する。これにより、反応副生成物を含めたプロープ全体の熱容量が変化し、温度測定値がずれる。熱電対温度計18による温度制御での問題は上述のように、バッチごとで温度測定値の再現性をとるのが難しいという点である。

40

【0005】

一方、前述の放射温度計14で温度を制御する場合、図4に示されるようにサファイア基板12とチッ化ガリウム系化合物半導体層15との境界面や、チッ化ガリウム系化合物半導体層15表面で熱輻射（波長が赤外領域の電磁波）が反射する。 T_0 、 T_1 、 T_2 ...をそれぞれ0、1、2回サファイア基板12とチッ化ガリウム系化合物半導体層15の界面

50

で反射した熱輻射とすると、放射温度計が受ける全熱輻射 T は数 1 で表される。

【 0 0 0 6 】

【 数 1 】

$$T = \sum_{n=0}^{\infty} T_n$$

【 0 0 0 7 】

チッ化ガリウム系化合物半導体層の膜厚増加により、 T_n と T_m ($n \neq m$) の光路差が熱輻射の波長の整数倍になったとき、 T_n と T_m は干渉し、 T は大きくなり、半整数倍になったとき弱くなる。つまり、チッ化ガリウム系化合物半導体層 15 の成長と共に測定する温度の値が振動して正確な温度測定をすることができないという問題がある。この問題は、たとえばジャパニーズ ジャーナル オブ アプライド フィジックス (Jpn.J.Appl.Phys.) 第 30 巻、第 8 号 (1991 年、8 月) の 1620 ~ 1627 頁「干渉効果を用いたチッ化ガリウム成長のその場観察 (In Situ Monitoring of GaN Growth Using Interference Effects)」にも記載されている。

10

【 0 0 0 8 】

実際のプラッター 11 の温度は一定にもかかわらず、温度測定値は熱輻射の干渉によって振動する。半導体装置の温度制御部は、この測定値の振動に対応して、この振動を打ち消すようにヒータ 17 へ電流を供給する。その結果、プラッター 11 の温度は測定値とは逆位相で振動する事となり、均一なエピタキシャル成長は望めない。

20

【 0 0 0 9 】

また、基板のない部分でのプラッターの表面の熱輻射により温度測定をする場合は、その上に積層される凹凸の堆積物層からの熱輻射により測定することになり、反応副生成物とプラッターの C などの材料とで放射率 (輻射率) が異なるため、反応副生成物が堆積するにつれ、測定温度がずれてくる。その結果、前述のいずれの方法においても、プラッター上の正確な温度を測定することができず、均一なエピタキシャル成長をすることができないという問題がある。

【 0 0 1 0 】

本発明はこのような問題を解決するためになされたもので、エピタキシャル成長中の基板の温度を正確に測定して、均一な結晶層をエピタキシャル成長させることができ、バッチ処理を重ねても再現性のある温度制御を実現する半導体装置の製法を提供することを目的とする。

30

【 0 0 1 1 】

【課題を解決するための手段】

本発明による半導体装置の製法は、反応装置内で基板をプラッター上に載置し、前記プラッターを加熱して、放射温度計により前記プラッターの温度を測定しながら反応ガスを反応させて前記基板表面に半導体層をエピタキシャル成長する半導体装置の製法であって、前記プラッターの少なくとも 1 か所に、前記放射温度計により測定する波長の電磁波を透過し、かつ、屈折率が n の材料からなり、前記放射温度計により測定する波長の $1 / (4n)$ 以上の凹凸を表面に有するモニター用基板を載置し、該モニター用基板の下側の前記プラッターからの熱輻射により温度を測定しながらエピタキシャル成長をするものである。

40

【 0 0 1 2 】

ここにプラッターとは、反応装置内で半導体層をエピタキシャル成長させる基板を載置する載置台を意味する。

【 0 0 1 3 】

このようにすることにより、モニター用基板の上に積層される半導体層も 1 工程のエピタキシャル成長により積層される半導体層の厚さ程度では測定波長の電磁波に透明であり、しかもその表面に凹凸が形成されているため、前述のような多重反射波同士の干渉は起こ

50

らず、正確にプラッター表面の温度を測定することができる。その結果、均一なエピタキシャル成長をすることができる。

【0015】

本発明による半導体装置の製法の他の形態は、反応装置内でサファイア基板をプラッター上に載置し、前記プラッターを加熱して、放射温度計により前記プラッターの温度を測定しながら反応ガスを反応させて前記サファイア基板表面にチッ化ガリウム系化合物半導体層をエピタキシャル成長する半導体装置の製法であって、前記プラッターの少なくとも1か所に、表面に凹凸を有するモニター用基板として、半導体層をエピタキシャル成長するサファイア基板を裏向きにして載置し、該モニター用基板の下側の前記プラッターからの熱放射により温度を測定しながらエピタキシャル成長をすることを特徴とする。ここにチッ化ガリウム系化合物半導体とは、III族元素のGaとV族元素のNとの化合物またはIII族元素のGaの一部がAl、Inなどの他のIII族元素と置換したものおよび/またはV族元素のNの一部がP、Asなどの他のV族元素と置換した化合物からなる半導体をいう。

10

前記前記裏向きにして載置するサファイア基板の露出面の凹凸の粗さが、該サファイア基板の屈折率を n として前記放射温度計により測定する波長の $1/(4n)$ 以上であれば、熱放射の干渉による影響を避けることができると共に、表面に積層される半導体層の影響を受けることなくモニター用基板の下側のプラッター表面の放射熱を測定することができる。

【0016】

20

【発明の実施の形態】

つぎに、図面を参照しながら本発明の半導体装置の製法について説明をする。

【0017】

本発明の半導体装置の製法は、図1に反応装置内のプラッター1とその上の凹部に載置されるウェハ状の基板2の部分の斜視説明図が示されているように、基板2をプラッター1上に載置し、プラッター1を図示しないヒータにより加熱して、放射温度計4によりプラッター1の温度を測定しながら反応ガスを反応させて基板2の表面に半導体層をエピタキシャル成長する場合に、プラッター1の少なくとも1か所に放射温度計4により測定する波長の電磁波(赤外線)を透過し、かつ、表面に凹凸を有するモニター用基板5を載置し、そのモニター用基板5の下側のプラッター1からの熱放射により温度を測定しながらエ

30

【0018】

プラッター1は、その表面にウェハ状の基板2を載置することができるように、凹部が複数個形成されており、その裏面の中心部には棒状部1aが固定されてモータなどにより回転できるようにされている。プラッター1は、Mo、C、SiCなどの耐熱性の材料からなっている。

【0019】

モニター用基板5は、放射温度計4により測定する波長の電磁波(たとえば $1.3\mu\text{m}$ 程度の波長の赤外線)に対して透明な材料からなり、少なくともその表面側に凹凸が形成されており、ザラザラした状態に形成される。この凹凸は、前述の干渉を避けるためのもので、モニター用基板5の屈折率を n として、放射温度計4により測定する波長の $1/(4n)$ 以上、好ましくは $1/(4n) \sim 1/n$ 程度の表面粗さに形成されておればよく、たとえばチッ化ガリウム系化合物半導体層を積層するサファイア基板(厚さが $350\mu\text{m}$ 程度)を裏向きにして、裏面のザラザラした面を使用することができる。このモニター用基板5は、エピタキシャル成長用のサファイア基板を用いなくても、放射温度計4により測定する波長の電磁波に対して透明であればよいため、たとえば石英、ガラス、シリコン基板などを使用することができる。また、表面の凹凸は、両面に形成されていてもよく、鏡面仕上げがされていない程度の凹凸があればよいため、厚さが $0.35 \sim 1\text{mm}$ 程度の通常の石英板やガラス板、シリコン基板などをそのまま使用することができる。

40

【0020】

50

本発明により半導体層を基板上に積層するには、MOCVD装置内で、前述のプラッター1の凹部にチッ化ガリウム系化合物半導体を積層するウェハ状の基板2と、少なくとも1個のモニター用基板5とをセッティングする。そして、図1に示されるように、モニター用基板5上から温度を測定することができるように、放射温度計4をセッティングし、MOCVD装置内をH₂ガス雰囲気にしてプラッター1の下に配設される図示しないヒータによりプラッター1の温度を上昇させ、基板2の温度を上昇させる。そして、たとえば図2に示され、以下に示すように半導体層をエピタキシャル成長して積層する。このときの基板2の温度は、モニター用基板5を介して放射温度計4により測定されるが、プラッター1は図示しないモータにより棒状部1aを介して回転しており、測定に際してはモニター用基板5からの熱輻射による入力の場合のみのデータを使用する。

10

【0021】

図2に示されるようなチッ化ガリウム系化合物半導体を積層するには、まず、サファイア基板21の温度がたとえば500~600程度になったところで、NH₃と、TMG(トリメチルガリウム)とをキャリアガスのH₂および必要なドーパントガス(n形の場合、たとえばSiH₄、p形の場合、たとえばシクロペンタジエニルマグネシウム)と共に導入して反応させ、GaNからなる低温バッファ層22を0.01~0.2μm程度程度形成し、ついで基板2の温度をたとえば1000~1100程度にして、同じ組成でn形のn形層(クラッド層)23を1~2μm程度成膜する。さらに基板2の温度をたとえば700~800程度にして、ドーパントガスを止め、反応ガスとしてTMIn(トリメチルインジウム)を追加し、InGaN系(InとGaの比率が種々変り得ることを意味する)化合物半導体からなる活性層24を0.05~0.3μm程度成膜する。

20

【0022】

ついで、基板2の温度を再度たとえば1000~1100程度にして、反応ガスのTMInをTMA(トリメチルアルミニウム)に変更し、ドーパントガスをp形のガスとして、p形のAlGaN系(AlとGaの比率が種々変り得ることを意味する)化合物半導体層を0.1~0.5μm程度、さらに同じ基板2の温度を維持しながら再度反応ガスのTMAを止めてp形のGaN層を0.1~0.5μm程度それぞれ積層し、p形層25を形成する。

【0023】

その結果、チッ化ガリウム系化合物半導体からなる発光層形成部が積層される。この後は図示されていないが、アニール処理によりp形層の活性化をして、NiおよびAuの合金層からなる拡散メタル層をたとえば5nm程度形成し、その表面に、および積層した半導体層の一部をエッチング除去することにより露出するn形層23にそれぞれ電極を形成することにより、チッ化ガリウム系化合物半導体からなる青色系の半導体発光素子が得られる。

30

【0024】

本発明によれば、半導体層をエピタキシャル成長する基板の他に、温度測定のためのモニター用基板をプラッター上に載置して、モニター用基板を介してプラッターの温度を測定している。しかも、モニター用基板は、放射温度計により測定する波長の電磁波(赤外線)に対して透明であると共に、表面に凹凸部が形成されている。このモニター用基板の表面に堆積される半導体層も1工程で積まれる程度の厚さでは、エピタキシャル成長していても前述の電磁波に対して透明であり、モニター用基板の下側のプラッターの表面からの輻射により温度を測定することができる。しかも、モニター用基板ではその表面が凹凸になっているため、干渉を起こすような規則的な反射が生ぜず、成長する半導体層の厚さに拘らず、安定した温度測定をすることができる。その結果、基板の温度制御を正確に行うことができ、均一な半導体層を成長することができる。

40

【0025】

前述の例のように、サファイア基板にチッ化ガリウム系化合物半導体層を積層する場合には、前述のようにプラッターの凹部の1つのサファイア基板を裏向きにするだけで、通常と同様の工程でエピタキシャル成長をすることができ、簡単に均一なチッ化ガリウム系化

50

合物半導体層を成長することができる。

【0026】

なお、モニター用基板は1枚でなくても複数枚設けることもでき、その場合はプラッター上の異なる場所での温度測定を行うことができ、バラツキを抑えるのに都合がよい。この場合、モニター用基板は温度測定のための面積があればよく、通常の基板を載置する凹部とは別にプラッター上に小さな凹部を設けてモニター用基板を載置すれば、エピタキシャル成長する基板の枚数は減らない。また、基板を取り替えた新たなエピタキシャル成長をする度に、モニター用基板を取り替えれば、プラッターの汚れを気にすることなく、常に正確なプラッターの温度を測定することができる。

【0027】

【発明の効果】

本発明によれば、半導体層の成長する厚さに拘らず、常に安定してプラッター、すなわち基板の温度を測定することができ、均一な半導体層のエピタキシャル成長をすることができる。バッチ処理を重ねても再現性よく温度が制御できる。その結果、特性の優れた半導体装置を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の製法に用いるプラッター上に基板およびモニター用基板を載置した状態の斜視説明図である。

【図2】基板上にチッ化ガリウム系化合物半導体を積層した例の説明図である。

【図3】従来のエピタキシャル成長をするときのプラッター部の説明図である。

【図4】基板上に半導体層を成長するときの反射による干渉の説明図である。

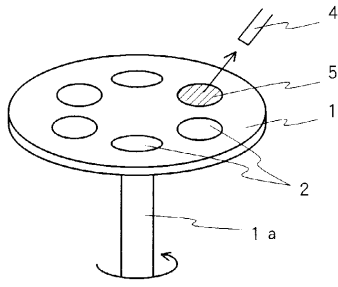
【符号の説明】

- 1 プラッター
- 2 基板
- 4 放射温度計
- 5 モニター用基板

10

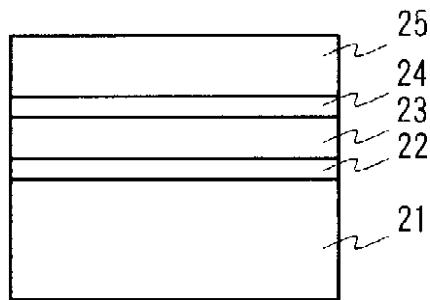
20

【図1】

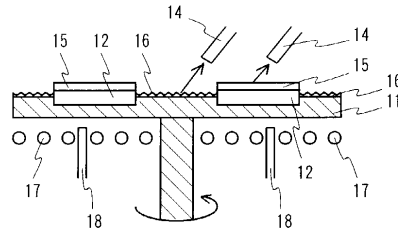


- 1 プラッター
- 2 基板
- 4 放射温度計
- 5 モニター用基板

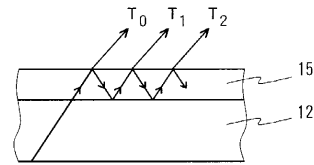
【図2】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開昭52-127065(JP,A)
特開平09-218104(JP,A)
特開平10-197344(JP,A)
特開平08-139147(JP,A)
特開平10-284425(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)

H01L 21/205

H01L 21/20

H01L 21/66