

(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2010-40649

(P2010-40649A)

(43) 公開日 平成22年2月18日(2010.2.18)

(51) Int.Cl.
H01S 5/223 (2006.01)F I
H01S 5/223テーマコード (参考)
5F173

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2008-199761 (P2008-199761)
(22) 出願日 平成20年8月1日(2008.8.1)(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
(74) 代理人 100088155
弁理士 長谷川 芳樹
(74) 代理人 100092657
弁理士 寺崎 史朗
(74) 代理人 100113435
弁理士 黒木 義樹
(74) 代理人 100108257
弁理士 近藤 伊知良
(72) 発明者 平塚 健二
神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電
気工業株式会社横浜製作所内
Fターム(参考) 5F173 AA05 AF12 AH02 AP05 AP33
AR82

(54) 【発明の名称】 半導体発光素子の製造方法

(57) 【要約】

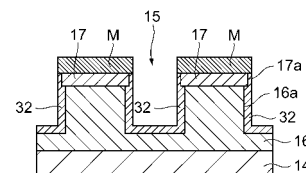
【課題】

素子特性の向上が図られた半導体発光素子の製造方法を提供する。

【解決手段】

本発明に係る半導体発光素子10の製造方法においては、 O_2 プラズマ酸化処理によって、エッチングにより露出したA1を含む活性層16の側面16aに酸化膜32が形成される。この酸化膜32は、自然酸化膜の厚さに比べて十分に厚いため、その後のエッチング除去のステップの際に、酸化膜32を高い精度で除去することができる。その結果、活性層側面16aが清浄な状態となり、この状態で活性層側面16aをクラッド層18で覆うことで、クラッド層18における結晶欠陥の発生が抑制されるため、作製される半導体発光素子10の素子特性が向上する。

【選択図】 図6



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

回折格子を有する半導体発光素子の製造方法であって、
基板上に、Alを含む活性層を有する積層体を形成するステップと、
前記積層体上に、前記回折格子を形成するためのマスクを形成するステップと、
前記マスクを用いて、前記活性層に達する深さまで前記積層体をエッチングして、前記回折格子を形成するステップと、

前記回折格子が形成された前記積層体に対して O_2 プラズマ酸化処理をおこない、前記マスクを除去すると共に、前記エッチングにより露出した前記活性層の側面に酸化膜を形成するステップと、

前記活性層の側面の前記酸化膜をエッチング除去するステップと、

前記酸化膜を除去した後、前記活性層側面を覆うオーバーグロース層を成長させるステップと

を備える、半導体発光素子の製造方法。

【請求項 2】

前記積層体は前記活性層上に積層されたInP層を有し、

前記酸化膜をエッチング除去するステップの後、前記活性層側面の清浄化熱処理をおこなうステップをさらに備える、請求項 1 に記載の半導体発光素子の製造方法。

【請求項 3】

前記回折格子を形成ステップの際、前記活性層を貫通する深さまで前記積層体をエッチングする、請求項 1 又は 2 に記載の半導体発光素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、回折格子を有する半導体発光素子の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来より、回折格子を有する半導体発光素子が知られている。例えば、下記特許文献 1 には、InGaAsP 活性層に回折格子を形成した分布帰還型半導体レーザが開示されている。このような半導体レーザを作製する際には、活性層に周期的な凹部をエッチング形成した後、その凹部を所定の埋込層によって埋め込む。

【0003】

なお、上記InGaAsP 活性層は、温度特性の改善等を目的として、Alを含む活性層（例えば、AlGaInAs 活性層）に代替される場合がある。

【特許文献 1】特開 2004 - 55797 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、Alを含む活性層はその表面が非常に酸化しやすく、表面に形成された酸化物が再成長を阻害する原因となってしまう。その結果、活性層上に形成される埋込層等の再成長層に結晶欠陥が生じてしまい、素子の特性を劣化させてしまう虞があった。

【0005】

本発明は上記事情を鑑みてなされたものであり、素子特性の向上が図られた半導体発光素子の製造方法を提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明に係る半導体発光素子の製造方法は、回折格子を有する半導体発光素子の製造方法であって、基板上に、Alを含む活性層を有する積層体を形成するステップと、積層体上に、回折格子を形成するためのマスクを形成するステップと、マスクを用いて、活性層に達する深さまで積層体をエッチングして、回折格子を形成するステップと、回折格子が

10

20

30

40

50

形成された積層体に対して O_2 プラズマ酸化処理をおこない、マスクを除去すると共に、エッチングにより露出した活性層の側面に酸化膜を形成するステップと、活性層の側面の酸化膜をエッチング除去するステップと、酸化膜を除去した後、活性層側面を覆うオーバーグロース層を成長させるステップとを備える。

【0007】

この半導体発光素子の製造方法においては、 O_2 プラズマ酸化処理によって、エッチングにより露出したAlを含む活性層の側面に酸化膜が形成される。この酸化膜は、側面が自然に酸化されて形成される膜（いわゆる、自然酸化膜）の厚さに比べて十分に厚いため、その後のエッチング除去のステップの際に、酸化膜を高い精度で除去することができる。その結果、活性層側面が清浄な状態となり、この状態で活性層側面をオーバーグロース層で覆うことで、オーバーグロース層における結晶欠陥の発生が抑制されるため、作製される半導体発光素子の素子特性が向上する。

10

【0008】

また、積層体は活性層上に積層されたInP層を有し、酸化膜をエッチング除去するステップの後、活性層側面の清浄化熱処理をおこなうステップをさらに備える態様であってもよい。この場合、 O_2 プラズマ酸化処理によって酸化膜を形成した際、活性層材料とInP層材料との間のOの浸透力の差により、活性層側面に形成される酸化膜の厚さがInP層側面に形成される酸化膜の厚さより厚くなる。そのため、エッチング除去のステップで、両層の酸化物を除去すると、InP層が活性層からひさし状に張り出した形状（すなわち、オーバーハングした形状）となる。この後に、清浄化熱処理をおこなうと、活性層上のInP層材料がマストランスポートして活性層の側面を覆って、活性層側面が清浄な状態に保持される。

20

【0009】

さらに、回折格子を形成ステップの際、活性層を貫通する深さまで積層体をエッチングする態様であってもよい。この場合、エッチング加工による回折格子形成の際の深さ制御の影響が軽減されるため、より容易に回折格子を形成することができる。その上、活性層の側面よりもその上下の層の側面が凸となるため、活性層に対する酸化膜の被覆が容易にできる。

【発明の効果】

【0010】

30

本発明によれば、素子特性の向上が図られた半導体発光素子の製造方法が提供される。

【発明を実施するための最良の形態】

【0011】

以下、添付図面を参照して本発明を実施するにあたり最良と思われる形態について詳細に説明する。なお、同一又は同等の要素については同一の符号を付し、説明が重複する場合にはその説明を省略する。

【0012】

図1及び図2は、半導体発光素子の一例を模式的に示す図である。これらの図に示される半導体発光素子10は、波長1.3 μ m帯の利得結合型半導体DFBレーザである。

40

【0013】

図1及び図2に示すように、半導体レーザ10はInP基板12を備えており、このInP基板12上に半導体メサmが形成されている。

【0014】

半導体メサmは、InP基板12側から順に、バッファ層14、活性層16、クラッド層18が積層されて構成されている。活性層16は、半導体メサmの延在方向に沿って周期的な凹部15が形成されてなる回折格子13を有している。この活性層16の回折格子13の凹部15は、クラッド層18によって完全に埋められており、回折格子13の表面はクラッド層18により全体的に覆われている。

【0015】

半導体メサmの両側には、複数層構造の埋込層20が形成されており、半導体メサmの

50

両側面を覆っている。そして、半導体メサ m 及び埋込層 20 上には、 n 型半導体層 22 が一様に積層されており、さらにその上には、コンタクト層 24 が一様に積層されている。コンタクト層 24 上には、半導体メサ m の対応位置に開口部 $26a$ を有する絶縁層 26 が形成されている。この絶縁層 26 とその開口部 $26a$ 内において露出するコンタクト層 24 とを覆うようにして、第 1 の電極 $30A$ （例えば、アノード）が設けられている。また、基板 12 の裏面には、第 2 の電極 $30B$ （例えば、カソード）が設けられている。

【0016】

以下、半導体発光素子 10 の製造方法の各工程について詳しく説明する。図 $3 \sim$ 図 9 は、好適な実施形態に係る半導体発光素子の製造方法の各工程を模式的に示す断面図である。この製造方法により、上述の半導体発光素子 10 が好適に製造される。なお、本実施形態におけるエピタキシャル成長には有機金属気相成長法（MOVPE法）を利用する。

10

（積層体形成工程）

【0017】

まず、図 3 に示されるように、 p 型（ 100 ）InP基板 12 上に、バッファ層 14 、活性層 16 及びInP層 17 が順次積層されてなる積層体 19 を形成する。

【0018】

バッファ層 14 は、下層の p 型InPバッファ層（厚さ $1.5 \mu m$ ）と、上層の p 型AlInAsバッファ層（ $0.1 \mu m$ ）で構成されている。

【0019】

活性層 16 は、ノンドープの 7 周期のAlGaInAs多重量子井戸構造を有する層と、その層を上下から挟むように位置する光閉じ込め層とで構成されている。この活性層 16 の井戸層としては、厚さ $5 nm$ で組成波長 $1.37 \mu m$ の 1.2% 圧縮歪AlGaInAs層が採用され、障壁層としては、厚さ $8 nm$ で組成波長 $1.00 \mu m$ のAlGaInAs層が採用される。活性層 16 は、量子井戸構造以外では、量子細線構造又は量子箱構造を有することが好ましい。活性層 16 が量子井戸構造を有する場合、井戸層及び障壁層の積層数を増加させることによって、活性層 16 の厚さを大きくすることができる。また、活性層 16 が量子細線構造又は量子箱構造を有する場合、低閾値電流、高効率、低波長チャープ動作等の優れた特性を有する半導体発光素子が得られる。

20

【0020】

InP層 17 は、 n 型InPで構成されており、その厚さは $0.01 \mu m$ である。

30

（マスク形成工程）

【0021】

次に、図 4 に示すように、積層体 19 上に、CVDで SiO_2 からなる層を厚さ $30 nm$ で形成した後、その層を干渉露光法によるフォトリソグラフィによってパターンニング成形して、 SiO_2 マスク M を形成する。このマスク M は、上述の活性層 16 に所望の回折格子 13 （例えば、 $200 nm$ 周期）を形成するためのものであり、そのパターンは回折格子 13 のパターンと同様のものが用いられる。

（回折格子形成工程）

【0022】

そして、図 5 に示すように、上記マスク M を用いて、メタン（ CH_4 ）及び水素（ H_2 ）を含む混合ガスにより、積層体 19 をドライエッチングする。このエッチングにより、活性層 16 には複数の周期性を有する凹部 15 が形成され、これらの凹部 15 が回折格子 13 を構成する。このとき、エッチング深さの制御をおこない、エッチングにより形成される凹部 15 が活性層 16 に達し、且つ、活性層 16 を貫通しないように調整される。なお、このエッチングには、例えばプラズマを用いた反応性イオンエッチング（RIE）が利用される。

40

（酸化処理工程）

【0023】

続いて、図 6 に示すように、エッチング処理された積層体 19 の表面に対して O_2 プラズマ酸化処理をおこない、その表面全域に亘って酸化膜 32 を形成する。それにより、エ

50

ツチングにより形成された凹部 15 の内面、すなわち、活性層 16 及び I n P 層 17 の側面も酸化膜 32 で被覆される。

【0024】

ここで、活性層 16 に含まれる Al と、I n P 層 17 の材料である I n P とでは、O の浸透力が異なる。そして、その O の浸透力の差により、活性層 16 の側面 16 a に形成される酸化膜 32 の厚さが、I n P 層 17 の側面 17 a に形成される酸化膜 32 の厚さよりも厚くなる。

(エッチング処理工程)

【0025】

その後、図 7 に示すように、上記酸化処理が施された積層体 19 に対して、バッファードフッ酸水溶液によるエッチング処理をおこなう。それにより、マスク形成工程において形成されたマスク M 及び酸化処理工程で形成された酸化膜 32 が除去される。なお、上述したとおり、活性層 16 側面の部分の酸化膜 32 が I n P 層 17 側面の部分の酸化膜よりも厚いため、この酸化膜 32 が除去されると、I n P 層 17 が活性層 16 からひさし状に張り出した形状、すなわち、オーバーハングした形状となる。

(清浄化熱処理工程)

【0026】

さらに、図 8 に示すように、MOVPE 装置内で、ハロゲンガスのない PH_3 及び H_2 の混合ガス雰囲気中において、670、10 分の高温条件下で、清浄化熱処理をおこなう。上記条件での清浄化熱処理によれば、活性層 16 上の I n P 層 17 が下方にマストランスポートして、活性層側面 16 a を含む凹部 15 内面を覆う。このマストランスポートの間に、活性層 16 の側面 16 a に残留している酸化物が分解されて、側面 16 a がより清浄化される。

(オーバーグロース工程)

【0027】

上記清浄化熱処理に連続して、図 9 に示すように、MOVPE 装置内で、活性層 16 の凹部 15 が完全に埋まる厚さまで、クラッド層 18 を、オーバーグロース層として 650 の温度条件で再成長させる。このクラッド層 18 は、I n P で構成されており、その厚さは $0.1 \mu\text{m}$ である。

(仕上げ工程)

【0028】

そして、以降は公知の手順により、積層体 19 を半導体メサ m にエッチング成形する工程、半導体メサ m の両側に埋込層 20 を形成する工程、半導体メサ m 及び埋込層 20 の上に半導体層 22 及びコンタクト層 24 を順次積層する工程、コンタクト層 24 上に、半導体メサ m の対応位置にストライプ状開口部を有する絶縁層 26 を形成する工程、絶縁層 26 及び絶縁層 26 の開口部から露出するコンタクト層 24 の上に第 1 の電極 30 A を形成する工程、基板 12 の裏面に第 2 の電極 30 B を形成する工程をおこない、図 1 に示した半導体レーザ 10 の作製が完了する。

【0029】

以上で詳細に説明したとおり、本発明の実施形態に係る半導体発光素子 10 の製造方法においては、 O_2 プラズマ酸化処理によって、エッチングにより露出した活性層 16 の側面 16 a に酸化膜 32 が形成される。この酸化膜 32 は、側面 16 a が自然に酸化されて形成される膜（いわゆる、自然酸化膜）の厚さ（例えば、 $1.5 \sim 2.0 \text{ nm}$ 程度）に比べて十分に厚く（例えば、厚さ $15 \sim 25 \text{ nm}$ 程度）形成される。

【0030】

そのため、後続のエッチング除去ステップの際に、酸化膜 32 を高い精度で除去することができ、酸化膜 32 の一部が活性層 16 の側面 16 a に残ってしまう事態が有意に回避されている。もし酸化膜 32 が側面 16 a に残ってしまった状態でこの側面 16 a に再成長させた場合には、図 10 にその残留酸化膜に起因した結晶欠陥が生じてしまう。

【0031】

10

20

30

40

50

そこで、発明者らは、この酸化膜 3 2 を高い精度で除去できるように、酸化膜 3 2 の厚さを増すため、エッチングに先立って側面 1 6 a に O_2 プラズマ酸化処理を施す技術を見いだした。

【0032】

その結果、活性層 1 6 の側面 1 6 a が清浄な状態となり、この状態で活性層側面 1 6 a をクラッド層（オーバーグロース層）1 8 で覆うことができる。そのため、クラッド層 1 8 における結晶欠陥の発生が抑制されて、作製される半導体発光素子 1 0 の素子特性が向上する。

【0033】

さらに、上記実施形態においては、積層体 1 9 は活性層 1 6 上に積層された InP 層 1 7 を有し、酸化膜 3 2 をエッチング除去するステップの後に活性層側面 1 6 a の清浄化熱処理をおこなっている。

10

【0034】

このようにすることで、上述した InP のマストランSPORTが生じ、クラッド層 1 8 の再成長の前に、清浄な状態の活性層側面 1 6 a を被覆することができる。なお、酸化膜 3 2 をエッチング除去した後は、InP 層 1 7 が活性層 1 6 からひさし状に張り出した形状となる。そのため、清浄化処理の際に、その張り出した部分の InP は変形しやすく、その変形と同時に InP 層 1 7 の一部が活性層 1 6 の表面に拡散して被覆する。すなわち、InP 層 1 7 は、非常にマストランSPORTしやすい状態となり、その結果、活性層 1 6 の側面 1 6 a に効果的に InP が供給され、マストランSPORTが促進される。

20

【0035】

本発明は、上記実施形態に限定されず、必要に応じて様々に変更することが可能である。例えば、活性層に形成する回折格子の深さをより深くして、図 1 1 に示したような回折格子にしてもよい。

【0036】

回折格子を形成ステップの際に、活性層を貫通する深さまで積層体をエッチングすることで、このように活性層を完全に貫いて、光閉じ込め層 1 4 にまで達する回折格子が形成される。この場合、エッチング加工による回折格子形成の際の深さ制御の影響が軽減されるため、より容易に回折格子を形成することができる。その上、図 1 2 に示すように、活性層の側面よりもその上下の InP 層の側面が凸となるため、活性層に対する酸化膜の被覆が容易にできる。

30

【0037】

以上、本発明の好適な実施形態について詳細に説明したが、本発明は上記実施形態に限定されない。例えば、半導体発光素子 1 0 は、例えば LED、ファブリペロー型量子細線レーザ、量子箱レーザ、又は、量子細線若しくは量子箱活性層を有する面発光レーザ等であってもよい。

【0038】

なお、横方向の光閉じ込めは、埋込ヘテロ構造でもリッジ構造でもよい。

【0039】

埋込ヘテロ構造では、光導波路の形成のため、再び活性層が露出する。さらに、埋込成長をおこなうためには、酸化された活性層の影響を除去するため、回折格子の場合と同じように PH_3 及び H_2 の混合ガス雰囲気で保持することが有効であるが、光導波路の幅は細くとも $1\mu m$ 程度であり、回折格子ほど微細ではなく、ハロゲンガスを用いた清浄方法を使ったとしても、大きな構造の変化はない。

40

【0040】

活性層は、Al を含むほか、P を含まないため、高温時の熱変形がしにくい。回折格子の最上層は変形しやすい InP であるが、これが変形したとしても、再成長層は同じ InP 層であるため、変形の影響は受けない。また、変形によって、活性層表面を InP がマストランSPORTして被覆することで、再成長を阻害する酸化層が除去され、良好な再成長層が形成される。

50

【図面の簡単な説明】

【 0 0 4 1 】

【図 1】半導体発光素子の一例を模式的に示す斜視断面図である。

【図 2】図 1 に示される領域 A の拡大図である。

【図 3】好適な実施形態に係る半導体発光素子の製造方法の各工程を模式的に示す断面図である。

【図 4】好適な実施形態に係る半導体発光素子の製造方法の各工程を模式的に示す断面図である。

【図 5】好適な実施形態に係る半導体発光素子の製造方法の各工程を模式的に示す断面図である。

10

【図 6】好適な実施形態に係る半導体発光素子の製造方法の各工程を模式的に示す断面図である。

【図 7】好適な実施形態に係る半導体発光素子の製造方法の各工程を模式的に示す断面図である。

【図 8】好適な実施形態に係る半導体発光素子の製造方法の各工程を模式的に示す断面図である。

【図 9】好適な実施形態に係る半導体発光素子の製造方法の各工程を模式的に示す断面図である。

【図 10】従来技術に係る半導体発光素子の製造方法の工程を模式的に示す断面図である。

20

【図 11】異なる態様の半導体発光素子の製造方法の工程を模式的に示す断面図である。

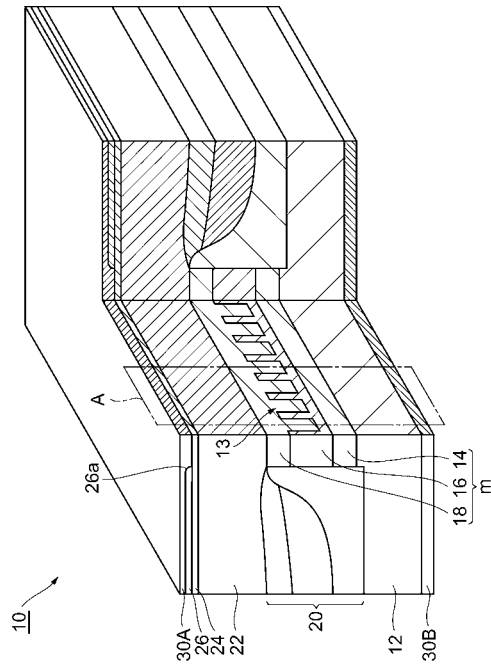
【図 12】異なる態様の半導体発光素子の製造方法の工程を模式的に示す断面図である。

【符号の説明】

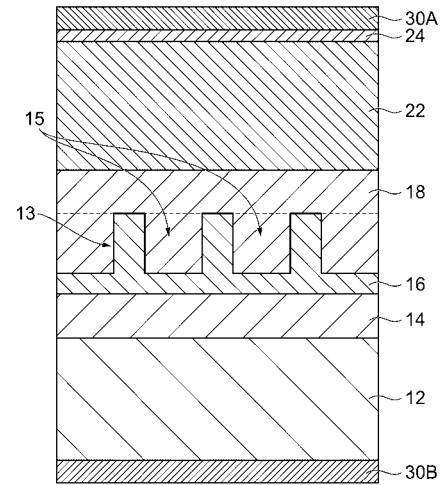
【 0 0 4 2 】

10 ... 半導体レーザ、12 ... 基板、13 ... 回折格子、15 ... 凹部、16 ... 活性層、18 ... クラッド層、19 ... 積層体、30A, 30B ... 電極、m ... 半導体メサ、M ... マスク。

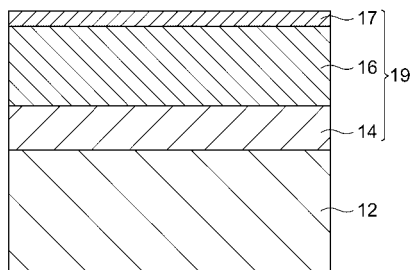
【 図 1 】



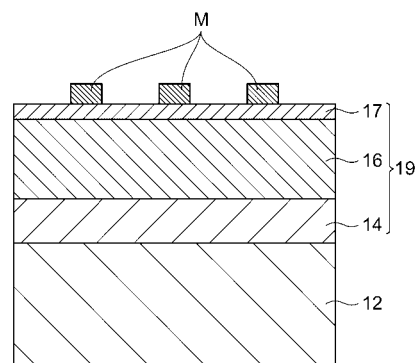
【 図 2 】



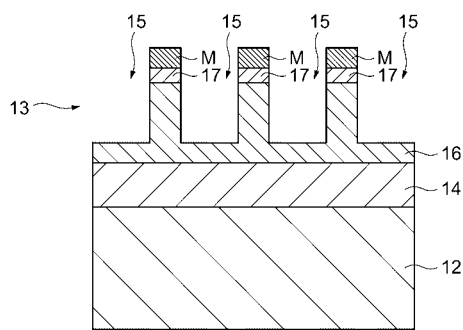
【 図 3 】



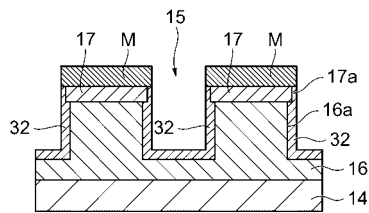
【 図 4 】



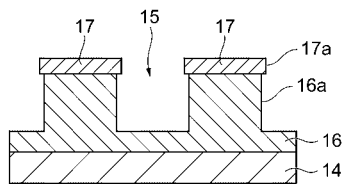
【 図 5 】



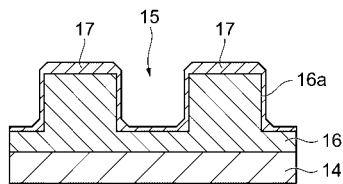
【 図 6 】



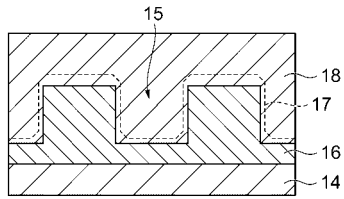
【 図 7 】



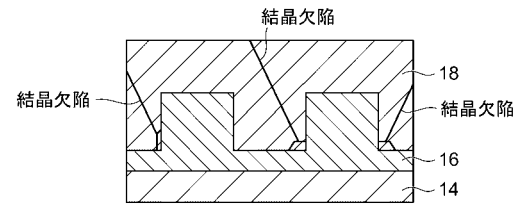
【 図 8 】



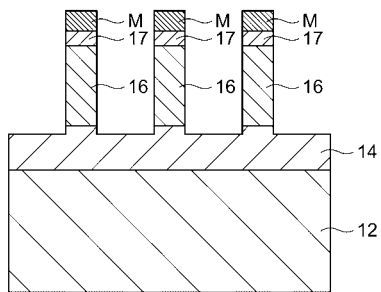
【図 9】



【図 10】



【図 11】



【図 12】

