

(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2013-161902

(P2013-161902A)

(43) 公開日 平成25年8月19日(2013.8.19)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
H O 1 L 33/22 (2010.01)	H O 1 L 33/00 1 7 2	5 F 0 4 1
H O 1 L 33/42 (2010.01)	H O 1 L 33/00 2 2 2	5 F 1 4 1

審査請求 未請求 請求項の数 19 O L (全 26 頁)

(21) 出願番号	特願2012-21700 (P2012-21700)	(71) 出願人	000241463
(22) 出願日	平成24年2月3日(2012.2.3)		豊田合成株式会社
			愛知県清須市春日長畑1番地
		(74) 代理人	100087723
			弁理士 藤谷 修
		(72) 発明者	戸谷 真悟
			愛知県清須市春日長畑1番地 豊田合成株式会社内
		Fターム(参考)	5F041 AA42 CA04 CA05 CA12 CA40
			CA65 CA74 CA88 CB36
			5F141 AA42 CA04 CA05 CA12 CA40
			CA65 CA74 CA88 CB36

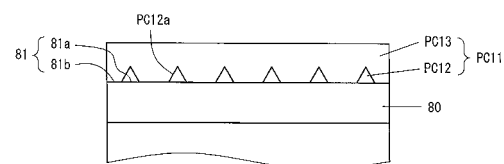
(54) 【発明の名称】 半導体発光素子の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 凹凸形状を形成する工程の簡略化を図った半導体発光素子の製造方法を提供することである。

【解決手段】 p型コンタクト層80の上に、結晶部分PC12と非結晶部分PC13とが混合している混合層PC11をスパッタリングにより形成する混合層形成工程を行う。これにより、結晶部分PC12は、p型コンタクト層80の表面81の一部81aを覆っている。非結晶部分PC13は、p型コンタクト層80の表面81の残部81bと、結晶部分PC12の凸形状部分PC12aとを覆っている。その後、シュウ酸エッチングにより、混合層PC11から、非結晶部分PC13を除去する非結晶部分除去工程を行う。これにより、p型コンタクト層80の表面81の残部81bおよび結晶部分PC12の凸形状部分PC12aが露出する。そして、さらに、混合層PC14を形成する。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

発光層から発せられる光を取り出す光取り出し面を凹凸形状とする凹凸形状形成工程を有する半導体発光素子の製造方法において、

前記凹凸形状形成工程は、

スパッタリングにより、下地層に、前記下地層の一部を覆う複数の凸形状部分を有する結晶部分と、前記下地層の残部および前記結晶部分を覆う非結晶部分と、が混合している混合層を形成する混合層形成工程と、

エッチングにより、前記混合層から前記非結晶部分を除去して前記下地層の残部および前記結晶部分の凸形状部分を露出させる非結晶部分除去工程と、
を有することを特徴とする半導体発光素子の製造方法。

10

【請求項 2】

請求項 1 に記載の半導体発光素子の製造方法において、

前記混合層形成工程で形成される前記混合層の材質が、

透明な導電性酸化物であること

を特徴とする半導体発光素子の製造方法。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の半導体発光素子の製造方法において、

前記導電性酸化物は、

ITO 、 ICO 、 IZO 、 ZnO 、 TiO_2 、 NbTiO_2 、 TaTiO_2 のいずれ
か 1 つであること

を特徴とする半導体発光素子の製造方法。

20

【請求項 4】

請求項 1 から請求項 3 までのいずれか 1 項に記載の半導体発光素子の製造方法において、

前記混合層形成工程は、

不活性ガスに、体積比で 0.1 % 以上 1.0 % 以下の範囲内の酸素ガスを混合した混合ガスを供給ガスとして用いてスパッタリングを行うこと
を特徴とする半導体発光素子の製造方法。

【請求項 5】

請求項 1 から請求項 4 までのいずれか 1 項に記載の半導体発光素子の製造方法において、

前記非結晶部分除去工程では、

酸性溶液を用いてウェットエッチングを行うこと

を特徴とする半導体発光素子の製造方法。

30

【請求項 6】

請求項 5 に記載の半導体発光素子の製造方法において、

前記非結晶部分除去工程では、

前記酸性溶液として、シュウ酸を用いること

を特徴とする半導体発光素子の製造方法。

【請求項 7】

請求項 1 から請求項 6 までのいずれか 1 項に記載の半導体発光素子の製造方法において、

前記混合層形成工程は、

p 型コンタクト層を下地層として混合層を形成する工程であり、

前記非結晶部分除去工程は、

前記 p 型コンタクト層の残部および前記結晶部分を露出させる工程であり、

前記 p 型コンタクト層の残部および前記結晶部分に凹凸層を形成する凹凸層形成工程を
有すること

を特徴とする半導体発光素子の製造方法。

40

【請求項 8】

請求項 7 に記載の半導体発光素子の製造方法において、

前記凹凸層は、

50

前記混合層と同じ材質の非結晶層であり、
前記凹凸層形成工程の後に、

前記結晶部分および前記凹凸層を200℃以上800℃以下の範囲内の温度で加熱して前記結晶部分および前記凹凸層を一体の結晶層とする加熱工程を有すること、
を特徴とする半導体発光素子の製造方法。

【請求項9】

請求項7に記載の半導体発光素子の製造方法において、

前記凹凸層は、

ITO、ICO、IZO、ZnO、TiO₂、NbTiO₂、TaTiO₂のいずれか1つであって前記混合層と異なる材質から成る層であることを
特徴とする半導体発光素子の製造方法。

10

【請求項10】

請求項1から請求項6までのいずれか1項に記載の半導体発光素子の製造方法において、
前記凹凸形状形成工程は、

前記混合層形成工程の前に、p型コンタクト層の上に結晶層を形成する結晶層形成工程を有し、

前記混合層形成工程では、

前記結晶層を前記下地層として前記下地層と同じ材質の混合層を形成すること
を特徴とする半導体発光素子の製造方法。

【請求項11】

請求項10に記載の半導体発光素子の製造方法において、

前記結晶層形成工程は、

前記p型コンタクト層の上に非晶質の非結晶層を形成する非結晶層形成工程と、

前記非結晶層を200℃以上800℃以下の範囲内の温度で加熱して結晶層とする加熱工程と、
を有することを特徴とする半導体発光素子の製造方法。

20

【請求項12】

請求項10に記載の半導体発光素子の製造方法において、

前記結晶層形成工程は、

前記p型コンタクト層の上に100℃以上400℃以下の範囲内の温度で結晶層を形成する工程であること
を特徴とする半導体発光素子の製造方法。

30

【請求項13】

請求項1から請求項6までのいずれか1項に記載の半導体発光素子の製造方法において、
前記凹凸形状形成工程は、

非晶質の非結晶層を前記下地層として形成する非結晶層形成工程と、

前記非結晶層と同じ材質の混合層を形成する混合層形成工程と、

前記非結晶層の一部および前記非結晶部分を除去する非結晶部分除去工程と、

前記非結晶層の残部および前記結晶部分を加熱して一体の結晶層とする加熱工程と、
を有することを特徴とする半導体発光素子の製造方法。

40

【請求項14】

請求項1から請求項6までのいずれか1項に記載の半導体発光素子の製造方法において、
前記凹凸形状形成工程は、

III族窒化物半導体層を前記下地層として混合層を形成する混合層形成工程と、

前記混合層から前記非結晶部分を除去して前記III族窒化物半導体層の残部および前記結晶部分を露出させる非結晶部分除去工程と、

エッチングにより、露出している前記III族窒化物半導体層の残部を溶解して凹部を形成する半導体エッチング工程と、

前記結晶部分および前記凹部に凹凸層を形成する凹凸層形成工程と、
を有することを特徴とする半導体発光素子の製造方法。

50

【請求項 15】

請求項 14 に記載の半導体発光素子の製造方法において、

前記凹凸形状形成工程は、

前記結晶部分および前記凹凸層を 200°C 以上 800°C 以下の範囲内の温度で加熱して前記結晶部分および前記凹凸層を一体の結晶層とする加熱工程を有すること
を特徴とする半導体発光素子の製造方法。

【請求項 16】

請求項 1 から請求項 6 までのいずれか 1 項に記載の半導体発光素子の製造方法において、

前記混合層形成工程では、

サファイア基板を前記下地層として混合層を形成し、

前記非結晶部分除去工程では、

前記非結晶部分を除去することにより前記サファイア基板の残部および前記結晶部分を露出させること
を特徴とする半導体発光素子の製造方法。

【請求項 17】

請求項 16 に記載の半導体発光素子の製造方法において、

前記凹凸形状形成工程は、

前記非結晶部分除去工程の後に、

エッチングにより、露出している前記サファイア基板の露出箇所を凹部とするサファイアエッチング工程を有すること
を特徴とする半導体発光素子の製造方法。

【請求項 18】

請求項 7 から請求項 15 までのいずれか 1 項に記載の半導体発光素子の製造方法において、

前記凹凸形状形成工程は、

前記凹凸形状の形成後に、

パターニングを行うパターニング工程を有すること

を特徴とする半導体発光素子の製造方法。

【請求項 19】

請求項 1 から請求項 18 までのいずれか 1 項に記載の半導体発光素子の製造方法において、

前記混合層形成工程では、

形成する前記混合層の膜厚を $1000\text{ \AA}$ 以上 $5000\text{ \AA}$ 以下の範囲内とし、

成膜圧力を 0.1 Pa 以上 0.4 Pa 以下の範囲内とし、

スパッタリングレートを $2\text{ \AA/s}$ 以上 $10\text{ \AA/s}$ 以下の範囲内とすること、

を特徴とする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、半導体発光素子の製造方法に関する。さらに詳細には、凹凸形状の光取り出し面を形成する半導体発光素子の製造方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

半導体発光素子では、半導体層の上に導電性透明膜を形成することが多い。半導体層に電流を流すとともに、発光層の発する光を外部に効率よく取り出すためである。この導電性透明膜の表面が平坦であると、界面反射により大部分の光が反射されてしまう。これでは、光を半導体発光素子の外部に効率良く取り出すことができない。

【0003】

したがって、導電性透明膜の表面を粗面化することにより、凹凸形状の光取り出し面を形成することが一般的に行われている。例えば、特許文献 1 には、レーザー光を導電性透

10

20

30

40

50

明膜の表面に選択的に照射し、レーザー光を照射しなかった部分を選択的にエッチングすることで導電性透明膜に凹凸形状をパターンニングする技術が開示されている（特許文献１の段落〔００３１〕参照）。また、特許文献２には、フォトリソグラフィーやレーザースクライブにより導電性透明膜に凹凸形状を形成する技術が開示されている（特許文献２の段落〔００５７〕参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００４】

【特許文献１】特開２００６－１２８２２７号公報

【特許文献２】特開２００６－２９４９０７号公報

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００５】

しかし、特許文献１や特許文献２に記載の方法を用いるには、一旦、導電性透明膜を形成した後に、さらに、レーザーの照射工程やマスクの形成工程などが必要である。つまり、導電性透明膜の形成後に、凹凸形状を形成する別の工程が必要である。そのため、製造工程が多い。また、製品の製造コストが高いままであった。

【０００６】

本発明は、前述した従来の技術が有する問題点を解決するためになされたものである。すなわちその課題とするところは、凹凸形状を形成する工程の簡略化を図った半導体発光素子の製造方法を提供することである。

20

【課題を解決するための手段】

【０００７】

第１の態様に係る半導体発光素子の製造方法は、発光層から発せられる光を取り出す光取り出し面を凹凸形状とする凹凸形状形成工程を有する方法である。そして、凹凸形状形成工程は、スパッタリングにより、下地層に、下地層の一部を覆う複数の凸形状部分を有する結晶部分と、下地層の残部および結晶部分を覆う非結晶部分と、が混合している混合層を形成する混合層形成工程と、エッチングにより、混合層から非結晶部分を除去して下地層の残部および結晶部分の凸形状部分を露出させる非結晶部分除去工程と、を有する。

30

【０００８】

かかる半導体発光素子の製造方法では、結晶部分のエッチングレートが非結晶部分のエッチングレートに比べて極めて小さいことを利用して、凹凸形状の光取り出し面を形成することができる。そして、結晶部分の凸形状部分は極めて小さい。そのため、微細な凹凸形状を形成することができる。

【０００９】

第２の態様に係る半導体発光素子の製造方法では、混合層形成工程で形成される混合層の材質が、透明な導電性酸化物である。光取り出し面となる電極層から効率よく光を取り出すことができるからである。

【００１０】

40

第３の態様に係る半導体発光素子の製造方法では、導電性酸化物は、ITO、ICO、IZO、ZnO、TiO₂、NbTiO₂、TaTiO₂のいずれか１つである。いずれも、スパッタリングにより混合層を形成することができるからである。

【００１１】

第４の態様に係る半導体発光素子の製造方法では、混合層形成工程は、不活性ガスに、体積比で０．１％以上１．０％以下の範囲内の酸素ガスを混合した混合ガスを供給ガスとして用いてスパッタリングを行う。結晶部分と非結晶部分とが混合した混合層を好適に形成することができるからである。

【００１２】

第５の態様に係る半導体発光素子の製造方法において、非結晶部分除去工程では、酸性

50

溶液を用いてウェットエッチングを行う。この弱酸性溶液を用いることで、非結晶部分を溶解するとともに、結晶部分をほとんど溶解しないようにできるからである。

【0013】

第6の態様に係る半導体発光素子の製造方法において、非結晶部分除去工程では、酸性溶液として、シュウ酸を用いる。非結晶部分除去工程のエッチングに好適であるからである。

【0014】

第7の態様に係る半導体発光素子の製造方法では、混合層形成工程は、p型コンタクト層を下地層として混合層を形成する工程であり、非結晶部分除去工程は、p型コンタクト層の残部および結晶部分を露出させる工程であり、p型コンタクト層の残部および結晶部分に凹凸層を形成する凹凸層形成工程を有する。この方法を用いることにより、p型コンタクト層の側に、凹凸形状の光取り出し面を好適に形成することができる。

10

【0015】

第8の態様に係る半導体発光素子の製造方法では、凹凸層は、混合層と同じ材質の非結晶層であり、凹凸層形成工程の後に、結晶部分および凹凸層を200℃以上800℃以下の範囲内の温度で加熱して結晶部分および凹凸層を一体の結晶層とする加熱工程を有する。この方法を用いることにより、一体の結晶層に凹凸形状を形成することができる。

【0016】

第9の態様に係る半導体発光素子の製造方法では、凹凸層は、ITO、ICO、IZO、ZnO、TiO₂、NbTiO₂、TaTiO₂のいずれか1つであって混合層と異なる材質から成る層である。この方法を用いることにより、2層の導電性透明膜が形成される。屈折率を変化させることにより、光取り出し効率が向上する。

20

【0017】

第10の態様に係る半導体発光素子の製造方法では、凹凸形状形成工程は、混合層形成工程の前に、p型コンタクト層の上に結晶層を形成する結晶層形成工程を有する。そして、混合層形成工程では、結晶層を下地層として下地層と同じ材質の混合層を形成する。好適な厚みの結晶層を形成しやすい。

【0018】

第11の態様に係る半導体発光素子の製造方法では、結晶層形成工程は、p型コンタクト層の上に非晶質の非結晶層を形成する非結晶層形成工程と、非結晶層を200℃以上800℃以下の範囲内の温度で加熱して結晶層とする加熱工程と、を有する。この方法を用いることにより、好適な結晶層を作成することができる。

30

【0019】

第12の態様に係る半導体発光素子の製造方法では、結晶層形成工程は、p型コンタクト層の上に100℃以上400℃以下の範囲内の温度で結晶層を形成する工程である。これにより、少ない工程で結晶層を形成することができる。

【0020】

第13の態様に係る半導体発光素子の製造方法では、凹凸形状形成工程は、非晶質の非結晶層を下地層として形成する非結晶層形成工程と、非結晶層と同じ材質の混合層を形成する混合層形成工程と、非結晶層の一部および非結晶部分を除去する非結晶部分除去工程と、非結晶層の残部および結晶部分を加熱して一体の結晶層とする加熱工程と、を有する。凹凸の大きい凹凸形状を形成することができる。

40

【0021】

第14の態様に係る半導体発光素子の製造方法では、凹凸形状形成工程は、III族窒化物半導体層を下地層として混合層を形成する混合層形成工程と、混合層から非結晶部分を除去してIII族窒化物半導体層の残部および結晶部分を露出させる非結晶部分除去工程と、エッチングにより、露出しているIII族窒化物半導体層の残部を溶解して凹部を形成する半導体エッチング工程と、結晶部分および凹部に凹凸層を形成する凹凸層形成工程と、を有する。この方法を用いることにより、III族窒化物半導体層に凹部を形成することができる。凹凸形状の光取り出し面を形成することができる。

50

【0022】

第15の態様に係る半導体発光素子の製造方法では、凹凸形状形成工程は、結晶部分および凹凸層を200℃以上800℃以下の範囲内の温度で加熱して結晶部分および凹凸層を一体の結晶層とする加熱工程を有する。これにより、凹凸形状のあるIII族窒化物半導体層の上に、凹凸形状のある結晶層を1層だけ形成することができる。

【0023】

第16の態様に係る半導体発光素子の製造方法において、混合層形成工程では、サファイア基板を下地層として混合層を形成し、非結晶部分除去工程では、非結晶部分を除去することによりサファイア基板の残部および結晶部分を露出させる。これにより、サファイア基板に凹凸形状のある結晶層を形成することができる。

10

【0024】

第17の態様に係る半導体発光素子の製造方法では、凹凸形状形成工程は、非結晶部分除去工程の後に、エッチングにより、露出しているサファイア基板の露出箇所を凹部とするサファイアエッチング工程を有する。サファイアおよび結晶部分にわたって凹凸形状が形成されるからである。

【0025】

第18の態様に係る半導体発光素子の製造方法では、凹凸形状形成工程は、凹凸形状の形成後に、パターニングを行うパターニング工程を有する。これにより、より詳細なパターニングを行うことができる。

【0026】

第19の態様に係る半導体発光素子の製造方法において、混合層形成工程では、形成する混合層の膜厚を1000Å以上5000Å以下の範囲内とし、成膜圧力を0.1Pa以上0.4Pa以下の範囲内とし、スパッタリングレートを2Å/sec以上10Å/sec以下の範囲内とする。結晶部分と非結晶部分とが混合した混合層を好適に形成することができるからである。

20

【発明の効果】

【0027】

本発明によれば、凹凸形状を形成する工程の簡略化を図った半導体発光素子の製造方法が提供されている。

【図面の簡単な説明】

30

【0028】

【図1】実施例1〜4に係る発光素子の積層構造を説明するための概略構成図である。

【図2】実施例1に係る発光素子の製造方法を説明するための概念図（その1）である。

【図3】実施例1に係る発光素子の製造方法を説明するための概念図（その2）である。

【図4】実施例1に係る発光素子の製造方法を説明するための概念図（その3）である。

【図5】実施例1に係る発光素子の製造方法を説明するための概念図（その4）である。

【図6】実施例2に係る発光素子の製造方法を説明するための概念図（その1）である。

【図7】実施例2に係る発光素子の製造方法を説明するための概念図（その2）である。

【図8】実施例2に係る発光素子の製造方法を説明するための概念図（その3）である。

【図9】実施例2に係る発光素子の製造方法を説明するための概念図（その4）である。

40

【図10】実施例3に係る発光素子の製造方法を説明するための概念図（その1）である。

【図11】実施例3に係る発光素子の製造方法を説明するための概念図（その2）である。

【図12】実施例3に係る発光素子の製造方法を説明するための概念図（その3）である。

【図13】実施例3に係る発光素子の製造方法を説明するための概念図（その4）である。

【図14】実施例4に係る発光素子の製造方法を説明するための概念図（その1）である。

50

【図 1 5】実施例 4 に係る発光素子の製造方法を説明するための概念図（その 2）である。

【図 1 6】実施例 4 に係る発光素子の製造方法を説明するための概念図（その 3）である。

【図 1 7】実施例 4 に係る発光素子の製造方法を説明するための概念図（その 4）である。

【図 1 8】実施例 4 に係る発光素子の製造方法を説明するための概念図（その 5）である。

【図 1 9】実施例 5 に係る発光素子の積層構造を説明するための概略構成図である。

【図 2 0】実施例 5 に係る発光素子の製造方法を説明するための概念図（その 1）である。

【図 2 1】実施例 5 に係る発光素子の製造方法を説明するための概念図（その 2）である。

【図 2 2】実施例 5 に係る発光素子の製造方法を説明するための概念図（その 3）である。

【発明を実施するための形態】

【0029】

以下、具体的な実施例について、発光素子を例に挙げて図を参照しつつ説明する。しかし、これらの実施例に限定されるものではない。また、後述する発光素子の各層の積層構造および電極構造は、例示である。実施例とは異なる積層構造であってももちろん構わない。そして、それぞれの図における各層の厚みは、概念的に示したものであり、実際の厚みを示しているわけではない。また、各図の凹凸形状については、理解しやすいように大きく描いてある。しかし、実際には、これらの凹凸形状は非常に微細な形状である。

【実施例 1】

【0030】

1. 半導体発光素子

本実施例に係る半導体発光素子の製造方法により製造される発光素子 100 を図 1 により説明する。発光素子 100 は、フェイスアップ型の半導体発光素子である。発光素子 100 は、III 族窒化物半導体から成る複数の半導体層を有する。

【0031】

図 1 に示すように、発光素子 100 は、サファイア基板 10 に、低温バッファ層 20 と、n 型コンタクト層 30 と、n 型 ESD 層 40 と、n 型 SL 層 50 と、発光源である MQW 層（多重量子井戸層）60 と、p 型クラッド層 70 と、p 型コンタクト層 80 とを有している。また、n 型コンタクト層 30 には、n 電極 N1 が形成されている。p 型コンタクト層 80 には、p 電極 P1 が形成されている。

【0032】

サファイア基板 10 は、MOCVD 法により、その一面に上記の各層を形成するためのものである。そして、光取り出し効率を向上させるために、その表面に凹凸加工がされているとよい。また、サファイア以外にも、SiC、ZnO、Si、GaNなどを成長基板として用いてもよい。低温バッファ層 20 は、サファイア基板 10 の結晶性を受け継ぎつつ、上層を形成するためのものである。低温バッファ層 20 の材質は、例えば AlN や GaN である。

【0033】

n 型コンタクト層 30 は、n 電極 N1 に実際に接触する層である。n 型コンタクト層 30 は、n-GaN から成る層である。その Si 濃度は $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 以上である。また、n 型コンタクト層 30 を、キャリア濃度の異なる複数の層としてもよい。n 電極とのオーミック性を向上させるためである。

【0034】

n 型 ESD 層 40 は、各半導体層の静電破壊を防止するための静電耐圧層である。n 型 ESD 層 40 の構造は、ノンドープの GaN と Si ドープの n-GaN の積層構造である

10

20

30

40

50

。Siのドーピング量は、キャリア濃度を $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 以上となるようにするとよい。

【0035】

n型SL層50は、MQW層60に加わる応力を緩和するための歪緩和層である。より具体的には、n型SL層50は、超格子構造を有するn型超格子層である。n型SL層50は、後述するように、InGa_{1-x}Nと、Ga_{1-x}Nと、n-Ga_{1-x}Nとを積層した単位積層体を繰り返し積層したものである。図1に示すように、n型SL層50は、n型ESD層40とMQW層60との間に位置している。そして、n型ESD層40とMQW層60とに接している。

【0036】

MQW層60は、電子と正孔とが再結合することで、光を発する発光層である。そのために、MQW層60は、バンドギャップの小さい井戸層と、バンドギャップの大きい障壁層とが交互に形成されている多重量子井戸構造となっている。ここで、井戸層としてInGa_{1-x}Nを用いるとともに、障壁層としてAlGa_{1-x}Nを用いることができる。このように井戸層は、Inを含んでいる。また、障壁層としてAlInGa_{1-x}Nを用いてもよい。もしくは、これらを自由に組み合わせて、4層以上を単位構造として、その単位構造を繰り返すこととしてもよい。

【0037】

p型クラッド層70は、電子がp型コンタクト層80に拡散するのを防止するためのものである。p型クラッド層70は、p-InGa_{1-x}Nから成る層と、p-AlGa_{1-x}Nから成る層とを単位構造として、その単位構造を繰り返して形成した層である。その繰り返し回数は、7回である。また、その繰り返し回数を3～50回の範囲としてもよい。

【0038】

p型コンタクト層80は、p電極P1と実際に接触する層である。p型コンタクト層80は、Mgをドーピングしたp-Ga_{1-x}Nから成る層である。p型コンタクト層80の材質として、その他に、InGa_{1-x}Nと、AlGa_{1-x}Nと、AlInGa_{1-x}Nとのうちのいずれか1つを用いてもよい。p型コンタクト層80は、発光素子100におけるサファイア基板10と反対側の表面に表れている。

【0039】

ここで、p型コンタクト層80の厚みは、100 Å以上1000 Å以下の範囲内である。p型コンタクト層80におけるMgドーピング量は、 $1 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ 以上 $1 \times 10^{22} / \text{cm}^3$ 以下の範囲内である。なお、p型コンタクト層80におけるp電極P1に近い位置ほど、Mgのドーピング量を増加させるように複数の層を形成してもよい。

【0040】

p電極P1は、p型コンタクト層80を覆う導電性透明膜である。p電極P1の表面は、光取り出し面である。そのため、p電極P1の表面には、凹凸形状が形成されている。発光層であるMQW層60から発せられる光を効率よく取り出すためである。そして、p電極P1の材質は、ITOである。また、p電極P1の上に、パッド電極が形成されていてもよい。

【0041】

2. 半導体発光素子の製造方法

本実施例に係る半導体素子の製造方法では、凹凸形状のあるp電極P1を形成する凹凸形状形成工程に特徴がある。ここでは、半導体発光素子の製造方法について説明する。

【0042】

2-1. 半導体層形成工程

有機金属気相成長法(MOCVD法)により、各半導体層の結晶をエピタキシャル成長させた。まず、サファイア基板10をMOCVD炉の内部に配置する。サファイア基板10に、低温バッファ層20と、n型コンタクト層30と、n型ESD層40と、n型SL層50と、MQW層60と、p型クラッド層70と、p型コンタクト層80と、をこの順序で形成する。これにより、サファイア基板10に各半導体層の形成された積層体90が形成される。そして、MOCVD炉から積層体90を取り出す。なお、積層体90に複数

10

20

30

40

50

の工程が施される。その度に、積層体 90 に形成されているものは変化する。しかしながら、説明の便宜上、積層体 90 ということとする。

【0043】

2-2. 凹凸形状形成工程

次に、凹凸形状形成工程を行う。凹凸形状形成工程は、p 型コンタクト層 80 を下地層としてその上に p 電極 P1 を形成する。これにより、p 電極 P1 を形成された積層体 90 が形成される。この凹凸形状形成工程については、後に詳しく述べる。

【0044】

2-3. n 電極形成工程

次に、p 電極 P1 を形成した積層体 90 に n 電極 N1 を形成する。そのために、レーザー等で積層体 90 の一部を抉って、n 型コンタクト層 30 を光取り出し面の側に露出させる。そして露出した n 型コンタクト層 30 の上に n 電極 N1 を形成する。n 電極 N1 として、n 型コンタクト層 30 の側から W 層、Ti 層、Au 層をこの順に形成した。なお、この n 電極形成工程と、凹凸形状形成工程とは、実施する順番を入れ替えてもよい。以上により、発光素子 100 が得られた。

【0045】

3. 凹凸形状形成工程

本実施例では、図 1 に示した積層体 90 の表面に p 電極 P1 を形成する凹凸形状形成工程に特徴がある。したがって、ここで凹凸形状形成工程について説明する。この導電層を形成する工程は、混合層形成工程と、非結晶部分除去工程と、凹凸層形成工程と、加熱工程と、パターニング工程とを有している。以下、順番に説明する。

【0046】

3-1. 混合層形成工程

続いて、積層体 90 に混合層を形成する。そのために、積層体 90 をスパッタリング用真空チャンバーに入れる。そして、スパッタリングにより、図 2 に示すように、p 型コンタクト層 80 の上に混合層 PC11 を形成する。p 型コンタクト層 80 は、スパッタリングにより混合層 PC11 を形成するための下地層である。

【0047】

ここで混合層とは、結晶部分と非結晶部分とが混合している層である。混合層における結晶部分は、下地層の種結晶を核として成長する。そのため、結晶部分は、下地層を底面とする複数の凸形状部分を有している。そして、結晶部分は、下地層の表面の一部を覆う。一方、非結晶部分は、結晶部分の凸形状部分を覆うとともに、結晶部分の覆っていない下地層の表面、すなわち、下地層の表面の残部を覆う。

【0048】

図 2 に示すように、混合層 PC11 は、結晶部分 PC12 と、非結晶部分 PC13 とが混合した層である。結晶部分 PC12 は、p 型コンタクト層 80 の表面 81 の一部 81a を覆っている。そして、p 型コンタクト層 80 の表面 81 の一部 81a を底面とする凸形状部分 PC12a を有している。結晶部分 PC12 は、p 型コンタクト層 80 の上の種結晶を核として成長する。そのため、結晶部分 PC12 の成長の度合いにはばらつきがある。図 2 では、結晶部分 PC12 の高さは揃っているが、実際には、それぞれの結晶部分 PC12 の高さや幅の程度はまちまちである。

【0049】

一方、非結晶部分 PC13 は、非晶質状態の部分である。混合層 PC11 における結晶部分 PC12 を除いた部分が非結晶部分 PC13 である。そのため、非結晶部分 PC13 は、混合層 PC11 における表面側に位置している。非結晶部分 PC13 は、図 2 に示すように、p 型コンタクト層 80 の表面 81 の残部 81b と、結晶部分 PC12 の凸形状部分 PC12a とを覆っている。

【0050】

本実施例では、p 型コンタクト層 80 の表面 81 のすべてを結晶部分 PC12 で覆い尽くさないようにする。後の工程で、非結晶部分 PC13 を除去して、p 型コンタクト層 8

0の表面81の一部81aおよび結晶部分PC12を露出させるためである。

【0051】

図2の混合層PC11を、スパッタリングにより形成した。この混合層PC11の材質はITOである。そのため、結晶部分PC12は、ITOの結晶でできている。非結晶部分PC13は、ITOの非晶質でできている。本実施例におけるスパッタリングの条件は、次のようなものであった。

【0052】

[表1]

酸素	1.0	%
膜厚	1000	Å
成膜圧力	0.4	Pa
成膜速度	3	Å/sec

10

【0053】

表1に示すように、スパッタリングの際に供給する供給ガスは、不活性ガスであるArに酸素を混合した混合ガスである。そして、その供給ガスにおける酸素の混合比は、体積比で1.0%であった。

【0054】

表1の条件を用いることで、結晶部分PC11と非結晶部分PC12とが混合した混合状態の層を形成することができる。しかし、この代わりに、表2の範囲でスパッタリング条件を変えてもよい。

20

【0055】

[表2]

酸素	0.1~1.0	%
膜厚	1000~5000	Å
成膜圧力	0.1~0.4	Pa
成膜速度	2~10	Å/sec

【0056】

つまり、酸素の混合比は、体積比で、0.1%以上1.0%以下の範囲内であればよい。酸素の混合比が、体積比で、0.5%以上1.0%以下の範囲内であると好ましい。また、混合層PC11の膜厚は、1000Å以上5000Å以下であればよい。成膜圧力は、0.1Pa以上0.4Pa以下であればよい。成膜速度、すなわち、スパッタリングレートは、2Å/sec以上10Å/sec以下であればよい。

30

【0057】

そして、混合層PC11を形成後の積層体90を、スパッタリング用真空チャンバーの中から取り出す。

【0058】

3-2. 非結晶部分除去工程

続いて、図2の混合層PC11から非結晶部分PC13を除去する。ここでは、シュウ酸エッチングを行う。そのために積層体90をシュウ酸槽の中に浸漬する。ここで、結晶部分PC12は、シュウ酸に溶解しにくい。一方、非結晶部分PC13は、シュウ酸に溶解しやすい。同じ材質でも、原子間の結合力が、結晶部分PC12では大きく、非結晶部分PC13では小さいからである。

40

【0059】

これにより、混合層PC11から、p型コンタクト層80の表面81および結晶部分PC12を覆っていた非結晶部分PC13が除去される。この結果、図3に示すように、p型コンタクト層80の表面81の残部81bおよび結晶部分PC12の凸形状部分PC12aが露出する。ただし、実際には、結晶部分PC12の表面もわずかであるが溶解する。

【0060】

3-3. 凹凸層形成工程

50

次に、非結晶部分 P C 1 3 を除去した後の積層体 9 0 を、再びスパッタリング用真空チャンバーの中に入れる。そして、図 3 のように p 型コンタクト層 8 0 の上に結晶部分 P C 1 2 が形成されている状態で再びスパッタリングを行う。

【0061】

これにより、図 4 に示すように、混合層 P C 1 4 が形成される。このスパッタリングにより、結晶部分 P C 1 2 は、やや成長する。そして、結晶部分 P C 1 2 を覆う非結晶部分 P C 1 5 が形成される。非結晶部分 P C 1 5 は、結晶部分 P C 1 2 の凸形状および p 型コンタクト層 8 0 の表面 8 1 の残部 8 1 b を覆っている。そして、非結晶部分 P C 1 5 の表面には、結晶部分 P C 1 2 の凸形状に対応した凹凸形状が形成されている。つまり、非結晶部分 P C 1 5 は、凹凸形状の形成された凹凸層である。なお、非結晶部分 P C 1 5 の材質は、結晶部分 P C 1 2 と同じ材質である。

10

【0062】

ここでのスパッタリングの条件は、表 1 に示した条件と同じものを用いる。もちろん、これ以外の条件で行ってもよい。また、スパッタリングで形成する混合層 P C 1 4 の材質は、結晶部分 P C 1 2 の材質と同じである。つまり、I T O である。そして、混合層 P C 1 4 形成後の積層体 9 0 をスパッタリング用真空チャンバーから取り出す。

【0063】

3-4. 加熱工程

次に、混合層 P C 1 4 形成後の積層体 9 0 を加熱炉の内部に入れる。そして、積層体 9 0 を加熱する。そのときの炉内温度は、700℃である。この炉内温度は、200℃以上800℃以下の範囲内であるとよい。これにより、混合層 P C 1 4 が、結晶化する。つまり、結晶部分 P C 1 2 および非結晶部分 P C 1 5 は、図 5 に示すような、一体の結晶層 P C 1 6 となる。結晶層 P C 1 6 は、凹凸形状 Z 1 0 の形成された結晶化 I T O である。そして、結晶層 P C 1 6 の形成された積層体 9 0 を加熱炉から取り出す。

20

【0064】

3-5. パターニング工程

そして、凹凸形状形成後に、結晶層 P C 1 6 を形成後の積層体 9 0 に各種のパターニングを行う。そのために、塩化鉄系エッチングを行う。以上により、p 電極 P 1 を形成した積層体 9 0 が得られた。

【0065】

30

以上詳細に説明したように、本実施例の発光素子 100 の製造方法では、p 電極 P 1 の形成後に凹凸形状を形成するための工程を必要としない。そのため、工程が少ない。そして、製造コストも低い。また、レーザーを走査する装置がなくとも、発光素子 100 を製造することができる。

【0066】

4. 製造された発光素子

本実施例の半導体発光素子の製造方法により製造された発光素子 100 は、図 5 に示すように、凹凸形状 Z 1 0 の形成された p 電極 P 1 を有している。p 電極 P 1 の凸形状の高さは、必ずしも揃っていない。また、レーザーの走査痕やマスクの痕も残っていない。ただし、後述するレジストマスク工程を行った場合には、平坦部がマスクの痕として残る。それでも、p パッド電極を形成する領域以外の領域には、マスクの痕はない。

40

【0067】

5. 変形例

5-1. スパッタリングの条件

本実施例では、凹凸層形成工程で行うスパッタリングの条件を、結晶部分と非結晶部分とが混合した混合層が形成される条件とした。つまり、表 1 や表 2 に示した条件を用いた。しかし、この工程では凹凸層が形成されれば、混合層を形成する必要はない。つまり、非晶質層や結晶層を形成してもよい。そのため、非晶質層を形成するスパッタリング条件や結晶層を形成するスパッタリング条件を用いてもよい。

【0068】

50

5-2. 導電性酸化物

本実施例では、p電極P1として、透明な導電性酸化物であるITOを用いた。しかし、ITOの他に、ICO、IZO、ZnO、TiO₂、NbTiO₂、TaTiO₂の透明な導電性酸化物を用いることができる。これらの導電性酸化物についても、供給ガスとして、不活性ガスと酸素ガスとの混合ガスを用いることにより、結晶部分と非結晶部分とが混合した混合層が形成できることに変わりないからである。

【0069】

5-3. 2層の導電性透明膜

本実施例では、混合層形成工程で形成する混合層PC11の材質と、凹凸層形成工程で形成する非結晶部分PC15の材質とは、同じ材質のものとした。しかし、結晶部分PC12と、非結晶部分PC15とで、異なる材質のものを用いてもよい。その場合には、図4のような形状をした2層の導電性透明膜が形成されることとなる。そして、これらの層の材質として、ITO、ICO、IZO、ZnO、TiO₂、NbTiO₂、TaTiO₂のうちから、2種類を選択すればよい。

【0070】

5-4. レジストマスク形成工程

非結晶部分除去工程の前に、レジストマスクを形成するレジストマスク形成工程を行ってもよい。レジストマスクを形成することにより、p電極P1に平坦部を形成することができる。例えば、pパッド電極を形成する箇所として、平坦部を形成すると良い。

【0071】

6. まとめ

以上詳細に説明したように、本実施例の発光素子100の製造方法では、凹凸形状形成工程に特徴がある。この凹凸形状形成工程は、混合層形成工程と、非結晶部分除去工程とを有する。混合層形成工程では、結晶部分と非結晶部分とが混合した混合層を形成する。そして、非結晶部分除去工程では、非結晶部分を除去してp型コンタクト層を部分的に露出させる。そして、再度混合層を形成することにより、凹凸形状の形成されたp電極P1を形成することができる。

【実施例2】

【0072】

実施例2について説明する。本実施例の発光素子の構成は、実施例1の発光素子100の構成と同じである。本実施例の発光素子100の製造方法は、実施例1の発光素子100の製造方法と凹凸形状形成工程のみが異なる。したがって、その異なる凹凸形状形成工程のみについて説明する。

【0073】

1. 凹凸形状形成工程

本実施例の凹凸形状形成工程は、非結晶層形成工程と、加熱工程と、混合層形成工程と、非結晶部分除去工程と、パターニング工程とを有する。以下、これらの各工程について説明する。

【0074】

1-1. 非結晶層形成工程

まず、積層体90をスパッタリング用真空チャンバーの内部に入れる。そして、スパッタリングにより、図6に示すように、積層体90のp型コンタクト層80の上に非結晶層PC21を形成する。非結晶層PC21は、非晶質のITOからなる層である。そして、非結晶層PC21を形成した積層体90をスパッタリング用真空チャンバーから取り出す。

【0075】

1-2. 加熱工程

次に、非結晶層PC21の形成された積層体90を加熱炉に入れる。そして、積層体90を加熱する。これにより、非結晶層PC21も加熱される。その炉内温度は、700℃である。また、炉内温度については、200℃以上800℃以下の範囲内で変えてもよい

10

20

30

40

50

。これにより、非結晶層 P C 2 1 は結晶化する。そして、非結晶層 P C 2 1 は、図 7 に示すように、結晶層 P C 2 2 となる。つまり、p 型コンタクト層 8 0 の上に結晶層 P C 2 2 が形成される。そしてその積層体 9 0 を加熱炉から取り出す。これらの非結晶層形成工程および加熱工程は、結晶層 P C 2 2 を形成するための結晶層形成工程である。

【0076】

1-3. 混合層形成工程

次に、結晶層 P C 2 2 の形成された積層体 9 0 を再びスパッタリング用真空チャンバーに入れる。そして、スパッタリングにより、図 8 に示すように、結晶層 P C 2 2 の上に混合層 P C 2 3 を形成する。ここで、混合層 P C 2 3 を形成するための下地層は、結晶層 P C 2 2 である。混合層 P C 2 3 の材質は、結晶層 P C 2 2 の材質と同じ I T O である。このときのスパッタリングの条件は、表 1 の場合と同様である。または、表 2 の範囲内で変えてもよい。これにより、結晶層 P C 2 2 の上に結晶部分 P C 2 4 と非結晶部分 P C 2 5 とが形成される。

【0077】

ここで、結晶部分および非結晶部分が覆う領域については、実施例 1 の場合と同様である。つまり、結晶部分 P C 2 4 は、下地層である結晶層 P C 2 2 の表面 2 8 1 の一部 2 8 1 a を覆うとともに、複数の凸形状部分 P C 2 4 a を有している。一方、非結晶部分 P C 2 5 は、結晶部分 P C 2 4 の凸形状部分 P C 2 4 a を覆うとともに、結晶部分 P C 2 4 の覆っていない結晶層 P C 2 2 の表面 2 8 1 の残部 2 8 1 b を覆っている。そして、混合層 P C 2 3 の形成された積層体 9 0 をスパッタリング用真空チャンバーから取り出す。

【0078】

1-4. 非結晶部分除去工程

次に、混合層 P C 2 3 の形成された積層体 9 0 をシュウ酸槽に入れる。このシュウ酸エッチングにより、実施例 1 の場合と同様に、非結晶部分 P C 2 5 が除去される。前述したようにシュウ酸は弱酸性である。そのため、結晶部分 P C 2 4 はほとんど溶けない。そのため、図 9 に示すように、下地層である結晶層 P C 2 6 の表面 2 8 2 の残部 2 8 2 b と、結晶層 P C 2 7 の凸形状部分 P C 2 7 a とが露出する。結晶層 P C 2 6、P C 2 7 は、結晶化された I T O である。

【0079】

1-5. パターニング工程

そして、凹凸形状形成後に、結晶層 P C 2 6、P C 2 7 を形成後の積層体 9 0 に各種のパターニングを行う。そのために、塩化鉄系エッチングを行う。以上により、p 電極 P 1 を形成した積層体 9 0 が得られた。

【0080】

以上詳細に説明したように、本実施例の発光素子 1 0 0 の製造方法では、p 電極 P 1 の形成後に凹凸形状を形成するための工程を必要としない。そのため、工程が少ない。そして、製造コストも低い。また、レーザーを走査する装置がなくとも、発光素子 1 0 0 を製造することができる。

【0081】

2. 製造された発光素子

本実施例の半導体発光素子の製造方法により製造された発光素子 1 0 0 は、図 9 に示すように、凹凸形状 Z 2 0 の形成された p 電極 P 1 を有している。p 電極 P 1 の凸形状の高さは、必ずしも揃っていない。また、レーザーの走査痕やマスクの痕も残っていない。ただし、後述するレジストマスク工程を行った場合には、平坦部がマスクの痕として残る。それでも、p パッド電極を形成する領域以外の領域には、マスクの痕はない。

【0082】

また、p 電極 P 1 の凹凸形状 Z 2 0 は、図 9 に示すように、I T O の結晶層 P C 2 7 の凸形状部分 P C 2 7 a と、I T O の結晶層 P C 2 6 の表面 2 8 1 の残部 2 8 2 b とで形成されている。残部 2 8 2 b は、平坦部である。つまり、本実施例の p 電極 P 1 の凹凸形状 Z 2 0 は、平坦部（残部 2 8 2 b）と平坦部から外側に向かって凸となっている凸形状部

(凸形状部分 27a) とからなっている。

【0083】

3. 変形例

3-1. 導電性酸化物

本実施例では、p 電極 P1 として、透明な導電性酸化物である ITO を用いた。しかし、ITO の他に、ICO、IZO、ZnO、TiO₂、NbTiO₂、TaTiO₂ の透明な導電性酸化物を用いることができる。これらの導電性酸化物についても、供給ガスとして、不活性ガスと酸素ガスとの混合ガスを用いることにより、結晶部分と非結晶部分とが混合した混合層が形成できることに変わりないからである。

【0084】

3-2. 2 層の導電性透明膜

本実施例では、非結晶層形成工程で形成する非結晶層 PC21 の材質と、混合層形成工程で形成する混合層 PC23 の材質とは、同じ材質のものとした。しかし、非結晶層 PC21 と、混合層 PC23 とで、異なる材質のものを用いてもよい。その場合には、図 9 のような形状をした 2 層の導電性透明膜が形成されることとなる。そして、これらの層の材質として、ITO、ICO、IZO、ZnO、TiO₂、NbTiO₂、TaTiO₂ のうちから、2 種類を選択すればよい。

【0085】

3-3. レジストマスク形成工程

非結晶部分除去工程の前に、レジストマスクを形成するレジストマスク形成工程を行ってもよい。レジストマスクを形成することにより、p 電極 P1 に平坦部を形成することができる。例えば、p パッド電極を形成する箇所として、平坦部を形成すると良い。

【0086】

3-4. 結晶層形成工程

本実施例では、非結晶層形成工程により非結晶層 PC21 を形成し、加熱工程によりその非結晶層 PC21 を結晶層 PC22 とした。しかし、これらの工程の代わりに、非結晶層 PC21 を形成することなく、直接に結晶層 PC22 を形成してもよい。そのためには、例えば、真空チャンバー内の温度を 100℃ 以上 400℃ 以下として、その条件下で結晶層 PC22 を形成することとすればよい。

【0087】

4. まとめ

以上詳細に説明したように、本実施例の発光素子 100 の製造方法では、凹凸形状形成工程に特徴がある。この凹凸形状形成工程は、混合層形成工程と、非結晶部分除去工程とを有する。混合層形成工程では、結晶部分と非結晶部分とが混合した混合層を形成する。そして、非結晶部分除去工程では、非結晶部分を除去して下地層の結晶層を部分的に露出させる。これにより、凹凸形状の形成された p 電極 P1 を形成することができる。

【実施例 3】

【0088】

実施例 3 について説明する。本実施例の発光素子の構成は、実施例 1 の発光素子 100 の構成と同じである。本実施例の発光素子 100 の製造方法は、実施例 1 の発光素子 100 の製造方法と凹凸形状形成工程のみが異なる。したがって、その異なる凹凸形状形成工程のみについて説明する。

【0089】

1. 凹凸形状形成工程

本実施例の凹凸形状形成工程では、非結晶層形成工程と、混合層形成工程と、非結晶部分除去工程と、加熱工程と、パターニング工程とを有する。以下、これらの各工程について説明する。

【0090】

1-1. 非結晶層形成工程

まず、積層体 90 をスパッタリング用真空チャンバーの内部に入れる。そして、スパッ

10

20

30

40

50

タリングにより、図10に示すように、積層体90のp型コンタクト層80の上に非結晶層PC31を形成する。ここで、非結晶層PC31は、後の混合層形成工程で下地層とするための層である。非結晶層PC31は、非晶質のITOからなる層である。これは、通常のスパッタリング条件により行う。この通常のスパッタリング条件はもちろん公知である。

【0091】

1-2. 混合層形成工程

次に、図11に示すように、非結晶層PC31の形成された積層体90に混合層PC32を形成する。混合層PC32の材質は、非結晶層PC31の材質と同じITOである。その際のスパッタリングの条件は、表1に示した条件と同様である。もしくは、表2に示した範囲から選んでもよい。これにより、非結晶層PC31を下地層としてその上に結晶部分PC33および非結晶部分PC34が形成される。

10

【0092】

ここで、結晶部分および非結晶部分が覆う領域については、実施例1の場合と同様である。つまり、結晶部分PC33は、下地層である非結晶層PC31の表面381の一部381aを覆うとともに、複数の凸形状部分PC33aを有している。一方、非結晶部分PC34は、結晶部分PC33の凸形状部分PC33aを覆うとともに、結晶部分PC33の覆っていない非結晶層PC31の表面381の残部381bを覆っている。そして、混合層PC32の形成された積層体90をスパッタリング用真空チャンバーから取り出す。

【0093】

20

1-3. 非結晶部分除去工程

次に、混合層PC32の形成された積層体90をシュウ酸槽に入れる。このシュウ酸エッチングにより、実施例1の場合と同様に、非結晶部分PC34が除去される。前述したようにシュウ酸は弱酸性である。そのため、結晶部分PC33はほとんど溶けない。

【0094】

そして、このシュウ酸エッチングにより、図11に示した非結晶部分PC31も部分的に除去される。非結晶部分PC31の溶解する箇所は、結晶部分PC33で覆われていない、非結晶層PC31の表面381の残部381bである。そのため、図12に示すように、p型コンタクト層80の上に非結晶部分PC35および結晶部分PC33が形成される。

30

【0095】

この非結晶部分PC35の一部は、結晶部分PC33に覆われたままである。非結晶部分PC35の残部は露出する。そして露出した非結晶部分PC35の残部には、凹部X31が形成される。このとき、非結晶部分PC35および結晶部分PC33にわたって凹凸形状が形成されている。そして、結晶部分PC33の凸形状部分PC33aおよび非結晶部分PC35の凹部X31が露出している。

【0096】

1-4. 加熱工程

次に、非結晶層PC35および結晶部分PC33の形成された積層体90を加熱炉に入れる。そして、その積層体90を加熱する。これにより、非結晶層PC53および結晶部分PC33も加熱される。その炉内温度は、700℃である。また、炉内温度については、200℃以上800℃以下の範囲内で変えてもよい。これにより、図13に示すように、非結晶層PC35および結晶部分PC33は、一体の結晶層PC36となる。結晶層PC36の表面には、もちろん、凹凸形状Z30が形成されている。そして、結晶層PC36の形成された積層体90を加熱炉から取り出す。

40

【0097】

1-5. パターニング工程

そして、凹凸形状形成後に、結晶層PC36を形成後の積層体90に各種のパターニングを行う。そのために、塩化鉄系エッチングを行う。以上により、p電極P1を形成した積層体90が得られた。

50

【0098】

以上詳細に説明したように、本実施例の発光素子100の製造方法では、p電極P1の形成後に凹凸形状を形成するための工程を必要としない。そのため、工程が少ない。そして、製造コストも低い。また、レーザーを走査する装置がなくとも、発光素子100を製造することができる。

【0099】

2. 製造された発光素子

本実施例の半導体発光素子の製造方法により製造された発光素子100は、図13に示すように、凹凸形状Z30の形成されたp電極P1を有している。p電極P1の凸形状の高さは、必ずしも揃っていない。また、レーザーの走査痕やマスクの痕も残っていない。ただし、後述するレジストマスク工程を行った場合には、平坦部がマスクの痕として残る。それでも、pパッド電極を形成する領域以外の領域には、マスクの痕はない。また、凹部X31が深く形成されているため、凹凸形状Z30の凹凸は他の実施例に比べて大きい。

10

【0100】

3. 変形例

3-1. 導電性酸化物

本実施例では、p電極P1として、透明な導電性酸化物であるITOを用いた。しかし、ITOの他に、ICO、IZO、ZnO、TiO₂、NbTiO₂、TaTiO₂の透明な導電性酸化物を用いることができる。これらの導電性酸化物についても、供給ガスとして、不活性ガスと酸素ガスとの混合ガスを用いることにより、結晶部分と非結晶部分とが混合した混合層が形成できることにより変わらなからである。

20

【0101】

3-2. 2層の導電性透明膜

本実施例では、非結晶層形成工程で形成する非結晶層PC31の材質と、混合層形成工程で形成する混合層PC32の材質とは、同じ材質のものとした。しかし、非結晶層PC31と、混合層PC32とで、異なる材質のものを用いてもよい。その場合には、図12のような形状をした2層の導電性透明膜が形成されることとなる。そして、これらの層の材質として、ITO、ICO、IZO、ZnO、TiO₂、NbTiO₂、TaTiO₂のうちから、2種類を選択すればよい。

30

【0102】

3-3. レジストマスク形成工程

非結晶部分除去工程の前に、レジストマスクを形成するレジストマスク形成工程を行ってもよい。レジストマスクを形成することにより、p電極P1に平坦部を形成することができる。例えば、pパッド電極を形成する箇所として、平坦部を形成すると良い。

【0103】

4. まとめ

以上詳細に説明したように、本実施例の発光素子100の製造方法では、凹凸形状形成工程に特徴がある。この凹凸形状形成工程は、混合層形成工程と、非結晶部分除去工程とを有する。混合層形成工程では、結晶部分と非結晶部分とが混合した混合層を形成する。そして、非結晶部分除去工程では、結晶部分PC33を残して、上層の非結晶部分PC34と、下地層の非結晶部分PC31の一部とを除去する。そして、加熱して結晶化することにより、凹凸形状の形成されたp電極P1を形成することができる。

40

【実施例4】

【0104】

実施例4について説明する。本実施例の発光素子の構成は、実施例1の発光素子100の構成と同じである。本実施例の発光素子100の製造方法は、実施例1の発光素子100の製造方法と凹凸形状形成工程のみが異なる。したがって、その異なる凹凸形状形成工程のみについて説明する。

【0105】

50

1. 凹凸形状形成工程

本実施例の凹凸形状形成工程では、混合層形成工程と、非結晶部分除去工程と、半導体エッチング工程と、凹凸層形成工程と、加熱工程と、パターニング工程とを有する。以下、これらの各工程について説明する。

【0106】

1-1. 混合層形成工程

まず、積層体90をスパッタリング用真空チャンバーの中に入れる。次に、スパッタリングにより、図14に示すように、p型コンタクト層80を下地層としてその上に混合層PC41を形成する。その際のスパッタリングの条件は、表1の条件と同様である。もしくは、表2の範囲の条件を用いてもよい。これにより、p型コンタクト層80の上に結晶部分PC42と非結晶部分PC43とが形成される。

10

【0107】

ここで、結晶部分および非結晶部分が覆う領域については、実施例1の場合と同様である。つまり、結晶部分PC42は、p型コンタクト層80の表面481の一部481aを覆うとともに、複数の凸形状部分PC42aを有している。一方、非結晶部分PC43は、結晶部分PC42の凸形状部分PC42aを覆うとともに、結晶部分PC42の覆っていないp型コンタクト層80の表面481の残部481bを覆っている。そして、混合層PC41の形成された積層体90をスパッタリング用真空チャンバーから取り出す。

【0108】

1-2. 非結晶部分除去工程

次に、混合層PC41の形成された積層体90をシュウ酸槽に入れる。このシュウ酸エッチングにより、実施例1の場合と同様に、非結晶部分PC43が除去される。前述したようにシュウ酸は弱酸性である。そのため、結晶部分PC42はほとんど溶けない。そのため、p型コンタクト層80の上に図15に示すような結晶部分PC42が残留する。そして、p型コンタクト層80の表面481の残部481bと、結晶層PC42の凸形状部分PC42aとが露出する。

20

【0109】

1-3. 半導体エッチング工程

次に、結晶部分PC42の残留している積層体90をエッチング液槽に入れる。エッチング液槽には、例えば、TMAH（テトラメチルアンモニウムヒドロキシド）が入っている。もしくは、これ以外の公知のエッチング液を用いてもよい。

30

【0110】

これにより、p型コンタクト層80の露出している露出箇所が部分的に溶解する。一方、結晶部分PC42は溶解しない。そのため、結晶部分PC42で覆われている箇所は、溶解しない。つまり、結晶部分PC42がマスクとなって、その下のp型コンタクト層80の露出していない箇所は溶解しないのである。

【0111】

これにより、図16に示すように、p型コンタクト層80には凹部が形成される。その凹部の形成箇所はもちろん、結晶部分PC42で覆われていない箇所である。その結果、積層体90の表面にはp型コンタクト層80および結晶部分PC42にわたる凹凸形状が形成されている。

40

【0112】

1-4. 凹凸層形成工程

次に、凹凸形状の形成された積層体90を、再びスパッタリング用真空チャンバーの中に入れる。そして、スパッタリングにより、積層体90のp型コンタクト層80の上に混合層PC44を形成する。

【0113】

これにより、図17に示すように、混合層PC14が形成される。このスパッタリングにより、結晶部分PC42は、やや成長する。そして、結晶部分PC42を覆う非結晶部分PC45が形成される。非結晶部分PC45は、結晶部分PC42の凸形状およびp型

50

コンタクト層 80 の凹部を覆っている。そして、非結晶部分 PC45 の表面には、結晶部分 PC42 の凸形状に対応した凹凸形状が形成されている。つまり、非結晶部分 PC45 は、凹凸形状の形成された凹凸層である。

【0114】

ここでのスパッタリングの条件は、表 1 に示した条件と同じものを用いる。もちろん、これ以外の条件で行ってもよい。また、非結晶部分 PC45 の材質は、結晶部分 PC42 の材質と同じである。つまり、ITO である。そして、混合層 PC44 形成後の積層体 90 をスパッタリング用真空チャンバーから取り出す。

【0115】

1-5. 加熱工程

次に、混合層 PC44 を形成された積層体 90 を加熱炉に入れる。そして、その積層体 90 を加熱する。これにより、結晶部分 PC42 および非結晶部分 PC45 も加熱される。その炉内温度は、700℃である。また、炉内温度については、200℃以上 800℃以下の範囲内で変えてもよい。これにより、図 18 に示すように、結晶部分 PC42 および非結晶部分 PC45 は、一体の結晶層 PC46 となる。結晶層 PC46 の表面には、もちろん凹凸形状 Z40 が形成されている。そして、結晶層 PC46 の形成された積層体 90 を加熱炉から取り出す。

【0116】

1-6. パターニング工程

そして、凹凸形状形成後に、結晶層 PC46 を形成後の積層体 90 に各種のパターニングを行う。そのために、塩化鉄系エッチングを行う。以上により、p 電極 P1 を形成した積層体 90 が得られた。

【0117】

以上詳細に説明したように、本実施例の発光素子 100 の製造方法では、p 電極 P1 の形成後に凹凸形状を形成するための工程を必要としない。そのため、工程が少ない。そして、製造コストも低い。また、レーザーを走査する装置がなくとも、発光素子 100 を製造することができる。

【0118】

2. 製造された発光素子

本実施例の半導体発光素子の製造方法により製造された発光素子 100 は、図 18 に示すように、凹凸形状 Z40 の形成された p 電極 P1 を有している。p 電極 P1 の凸形状の高さは、必ずしも揃っていない。また、レーザーの走査痕やマスクの痕も残っていない。ただし、後述するレジストマスク工程を行った場合には、平坦部がマスクの痕として残る。それでも、p パッド電極を形成する領域以外の領域には、マスクの痕はない。

【0119】

また、本実施例の p 電極 P1 は、図 18 に示すように、凹部 X41 を有している。凹部 X41 は、p 型コンタクト層 80 の側からみて凹んでいる。そして、凹部 X41 における p 型コンタクト層 80 からみて最も遠い位置には、平坦部 X42 が形成されている。そして、p 電極 P1 には、発光素子 100 の外側に向かって突出する凸部 X43 が形成されている。そして、凸部 X43 の頂部 X43a は、図 18 において平坦部 X42 の上方に位置している。つまり、頂部 X43a から p 型コンタクト層 80 の形成面 X44 に垂線 LL を下ろしたときに、その垂線 LL と交わる位置に、平坦部 X42 は位置している。

【0120】

3. 変形例

3-1. スパッタリングの条件

本実施例では、凹凸層形成工程で行うスパッタリングの条件を、結晶部分と非結晶部分とが混合した混合層が形成される条件とした。つまり、表 1 や表 2 に示した条件を用いた。しかし、この工程では凹凸層が形成されれば、混合層を形成する必要はない。つまり、非晶質層や結晶層を形成してもよい。そのため、非晶質層を形成するスパッタリング条件や結晶層を形成するスパッタリング条件を用いてもよい。

10

20

30

40

50

【0121】

3-2. 導電性酸化物

本実施例では、p電極P1として、透明な導電性酸化物であるITOを用いた。しかし、ITOの他に、ICO、IZO、ZnO、TiO₂、NbTiO₂、TaTiO₂の透明な導電性酸化物を用いることができる。これらの導電性酸化物についても、供給ガスとして、不活性ガスと酸素ガスとの混合ガスを用いることにより、結晶部分と非結晶部分とが混合した混合層が形成できることに変わりないからである。

【0122】

3-3. 2層の導電性透明膜

本実施例では、混合層形成工程で形成する混合層PC41の材質と、凹凸層形成工程で形成する非結晶部分PC45の材質とは、同じ材質のものとした。しかし、結晶部分PC42と、非結晶部分PC45とで、異なる材質のものを用いてもよい。その場合には、図17のような形状をした2層の導電性透明膜が形成されることとなる。そして、これらの層の材質として、ITO、ICO、IZO、ZnO、TiO₂、NbTiO₂、TaTiO₂のうちから、2種類を選択すればよい。

【0123】

3-4. レジストマスク形成工程

非結晶部分除去工程の前に、レジストマスクを形成するレジストマスク形成工程を行ってもよい。レジストマスクを形成することにより、p電極P1に平坦部を形成することができる。例えば、pパッド電極を形成する箇所として、平坦部を形成すると良い。

【0124】

3-5. GaN基板エッチング工程

本実施例では、半導体エッチング工程によりp型コンタクト層80をエッチングすることとした。しかし、成長基板としてGaN基板を用いた場合には、本実施例と同様の工程により、GaN基板に凹凸形状を形成することができる。そのため、GaN基板を用いたフリップチップにも、適用することができる。

【0125】

4. まとめ

以上詳細に説明したように、本実施例の発光素子100の製造方法では、凹凸形状形成工程に特徴がある。この凹凸形状形成工程は、混合層形成工程と、非結晶部分除去工程と、凹凸層形成工程とを有する。混合層形成工程では、結晶部分と非結晶部分とが混合した混合層を形成する。そして、非結晶部分除去工程では、非結晶部分を除去してp型コンタクト層を部分的に露出させるとともに、そのp型コンタクト層の露出部分をもエッチングして、p型コンタクト層に凹部を形成する。そして、凹凸層形成工程では、凹部の形成されたp型コンタクト層および結晶部分に、さらに、スパッタリングを行うことで凹凸層を形成する。これにより、凹凸形状の形成されたp電極P1を形成することができる。

【実施例5】

【0126】

実施例5について説明する。本実施例に係る発光素子は、サファイア基板の側に光取り出し面を有するフリップチップ型の半導体発光素子である。実施例1から実施例4まででは、p型コンタクト層80の側に凹凸形状を形成することとした。本実施例では、後述するように、サファイア基板の側に凹凸形状を形成することに特徴がある。

【0127】

1. 半導体発光素子

本実施例に係る半導体発光素子の製造方法により製造される発光素子200を図19に示す。発光素子200は、III族窒化物半導体から成る層を有する。図19に示すように、発光素子200は、サファイア基板210に、低温バッファ層220と、n型コンタクト層230と、n型ESD層240と、n型SL層250と、MQW層260と、p型クラッド層270と、p型コンタクト層280とがこの順序で形成されたものである。また、n型コンタクト層230には、n電極N2が形成されている。p型コンタクト層80に

は、p 電極 P 2 が形成されている。

【0128】

そして、サファイア基板 210 の図 19 中の下側、すなわち半導体層の形成されていない側の面には、凹凸形状の結晶層 L が形成されている。結晶層 L の表面は、凹凸形状の光取り出し面である。

【0129】

そのため、p 電極 P 2 には光取り出し面がない。したがって、p 電極 P 2 は透明膜である必要はない。ただし、光取り出し面側に光を反射するために、p 電極 P 2 の材質として、光を反射するとともに導電性のものを用いる。p 電極 P 2 の材質として、例えば、Ag、Ag 合金が挙げられる。

10

【0130】

2. 半導体発光素子の製造方法

2-1. 凹凸形状形成工程

サファイア基板 210 の一方の面に、後述するように結晶層 L を形成する。この結晶層 L の表面には、もちろん、凹凸形状が形成されている。

【0131】

2-2. 半導体層形成工程

次に、結晶層 L を形成済みのサファイア基板 210 を MOCVD 炉の内部に入れる。サファイア基板 210 における結晶層 L の形成されていない側の面に、低温バッファ層 220 と、n 型コンタクト層 230 と、n 型 ESD 層 240 と、n 型 SL 層 250 と、MQW 層 260 と、p 型クラッド層 270 と、p 型コンタクト層 280 とを、この順で形成する。これにより、積層体 290 が形成される。

20

【0132】

2-3. 電極形成工程

次に、積層体 290 に p 電極 P 2 および n 電極 N 2 を形成する。n 電極 N 2 については、実施例 1 の n 電極 N 1 の形成方法と同様に形成すればよい。

【0133】

3. 凹凸形状形成工程

本実施例の凹凸形状形成工程は、混合層形成工程と、非結晶部分除去工程とを有する。したがって、以下、各工程について説明する。

30

【0134】

3-1. 混合層形成工程

まず、サファイア基板 210 を、スパッタリング用真空チャンバーの内部に入れる。そして、図 20 に示すように、サファイア基板 210 を下地層としてその上に混合層 PC51 を形成する。その際のスパッタリングの条件は、表 1 の場合と同様である。また、表 2 の範囲内で条件を選んでもよい。これにより、サファイア基板 210 の上に結晶部分 PC52 と非結晶部分 PC53 とが形成される。

【0135】

ここで、結晶部分および非結晶部分が覆う領域については、実施例 1 の場合と同様である。つまり、結晶部分 PC52 は、下地層であるサファイア基板 210 の表面 581 の一部 581a を覆うとともに、複数の凸形状部分 PC52a を有している。一方、非結晶部分 PC53 は、結晶部分 PC52 の凸形状部分 PC52a を覆うとともに、結晶部分 PC52 の覆っていないサファイア基板 210 の表面 581 の残部 581b を覆っている。そして、混合層 PC51 の形成されたサファイア基板 210 をスパッタリング用真空チャンバーから取り出す。

40

【0136】

3-2. 非結晶部分除去工程

次に、混合層 PC51 の形成されたサファイア基板 210 をシュウ酸槽に入れる。このシュウ酸エッチングにより、実施例 1 の場合と同様に、非結晶部分 PC53 が除去される。前述したようにシュウ酸は弱酸性である。そのため、結晶部分 PC52 はほとんど溶け

50

ない。そのため、図 2 1 のように、結晶部分 P C 5 2 の凸形状部分 P C 5 2 a およびサファイア基板 2 1 0 の表面 5 8 1 の残部 5 8 1 b が露出する。

【0 1 3 7】

これにより、凹凸形状 Z 5 0 の形成されたサファイア基板 2 1 0 が製造される。凹凸形状 Z 5 0 は、結晶部分 P C 5 2 の凸形状部分 P C 5 2 a と、サファイア基板 2 0 の残部 5 8 1 b とにわたって形成されている。なお、この結晶部分 P C 5 2 は、結晶層 L である。

【0 1 3 8】

そして、結晶層 L の形成されたサファイア基板 2 1 0 に、半導体層形成工程と、電極形成工程とを実施することにより、発光素子 2 0 0 が製造される。

【0 1 3 9】

以上詳細に説明したように、本実施例の発光素子 2 0 0 の製造方法では、容易に、サファイア基板 2 1 0 に凹凸形状を形成することができる。また、レーザーを走査する装置がなくとも、発光素子 2 0 0 を製造することができる。

【0 1 4 0】

4. 製造された発光素子

本実施例の半導体発光素子の製造方法により製造された発光素子 2 0 0 は、図 2 1 に示すように、凹凸形状 Z 5 0 の形成されたサファイア基板 2 1 0 を有している。結晶層 L の凸形状の高さは、必ずしも揃っていない。また、レーザーの走査痕やマスクの痕も残っていない。

【0 1 4 1】

5. 変形例

5-1. 導電性酸化物

本実施例では、結晶層 L として、透明な導電性酸化物である I T O を用いた。しかし、I T O の他に、I C O、I Z O、Z n O、T i O₂、N b T i O₂、T a T i O₂ の透明な導電性酸化物を用いることができる。これらの導電性酸化物についても、供給ガスとして、不活性ガスと酸素ガスとの混合ガスを用いることにより、結晶部分と非結晶部分とが混合した混合層が形成できることに変わりないからである。

【0 1 4 2】

5-2. 実施する工程の順序

本実施例では、サファイア基板 2 1 0 に結晶層 L を形成する凹凸形状形成工程を行った後に、半導体層形成工程および電極形成工程を行った。しかし、これらの工程の順序を入れ替えてもかまわない。凹凸形状形成工程を、半導体層形成工程の後であって電極形成工程の前に行うこととしてもよい。また、電極形成工程の後に凹凸形状形成工程を行うこととしてもよい。

【0 1 4 3】

5-3. サファイアエッチング工程

本実施例では、結晶層 L を凹凸形状とした。しかし、露出しているサファイア基板 2 1 0 にエッチングを施すことにより、図 2 2 に示すように、サファイア基板 2 1 0 の露出している露出箇所に凹部を形成することとしてもよい。つまり、非結晶部分除去工程の後に、サファイアエッチング工程を行うこととすればよい。

【0 1 4 4】

サファイアエッチング工程では、結晶部分 P C 5 2 の形成されたサファイア基板 2 1 0 をエッチング液槽に浸漬する。このエッチング液槽には、例えば、硫酸とリン酸との混合液が入っている。または、塩酸とリン酸との混合液が入っている。または、これ以外の公知のエッチング液を用いてもよい。また、C l ガスなどを用いたドライエッチングを行ってもよい。ここで、結晶部分 P C 5 2 をマスクとし、サファイアを溶解させる。

【0 1 4 5】

そのため、図 2 2 に示すように、サファイア基板 2 1 0 における露出箇所に凹部 X 5 1 が形成される。これにより、サファイア基板 2 1 0 の凹部 X 5 1 と、結晶部分 P C 5 2 の凸形状部分 P C 5 2 a とにわたる凹凸形状 Z 6 0 が形成される。なお、結晶部分 P C 5 2

10

20

30

40

50

は、サファイアエッチング工程にて除去してもよい。

【0146】

6. まとめ

以上詳細に説明したように、本実施例の発光素子200の製造方法では、凹凸形状形成工程に特徴がある。この凹凸形状形成工程は、混合層形成工程と、非結晶部分除去工程とを有する。混合層形成工程では、結晶部分と非結晶部分とが混合した混合層を形成する。そして、非結晶部分除去工程では、非結晶部分を除去してサファイア基板210を部分的に露出させる。これにより、サファイア基板210に凹凸形状の形成された発光素子200を形成することができる。

【0147】

10

なお、以上に説明した実施例1から実施例5までは単なる例示にすぎない。したがって当然に、その要旨を逸脱しない範囲内で種々の改良、変形が可能である。積層体の積層構造については、必ずしも図に示したものに限らない。積層構造や各層の繰り返し回数等、任意に選択してよい。また、有機金属気相成長法(MOCVD法)に限らない。キャリアガスを用いて結晶を成長させる方法であれば、他の方法を用いてもよい。また、液相エピタキシー法、分子線エピタキシー法等、その他のエピタキシャル成長法により半導体層を形成することとしてもよい。さらに、必ずしもIII族窒化物半導体に限らず、その他の半導体発光素子を製造する場合に用いてもよい。

【符号の説明】

【0148】

20

10、210…サファイア基板

20、220…低温バッファ層

30、230…n型コンタクト層

40、240…n型ESD層

50、250…n型SL層

60、260…MQW層

70、270…p型クラッド層

80、280…p型コンタクト層

90、290…積層体

100、200…発光素子

30

81、281、282、381、481、581…表面

81a、281a、282a、381a、481a、581a…一部

81b、281b、282b、381b、481b、581b…残部

N1、N2…n電極

P1、P2…p電極

PC11、PC14、PC23、PC32、PC41、PC44、PC51…混合層

PC12、PC24、PC33、PC42、PC52…結晶部分

PC13、PC15、PC25、PC34、PC43、PC45、PC53…非結晶部分

PC16、PC22、PC26、PC27、PC36、PC46、L…結晶層

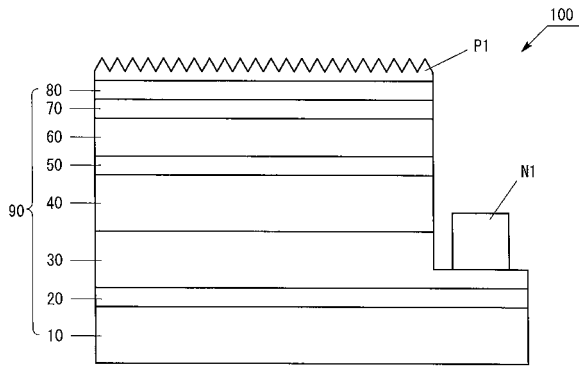
PC21、PC31、PC35…非結晶層

40

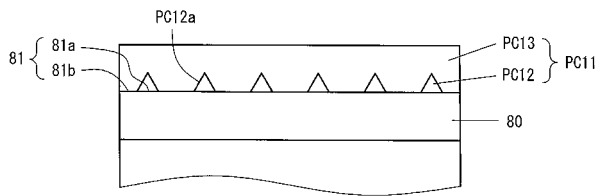
PC12a、PC27a、PC33a、PC42a、PC52a…凸形状部分

Z10、Z20、Z30、Z40、Z50、Z60…凹凸形状

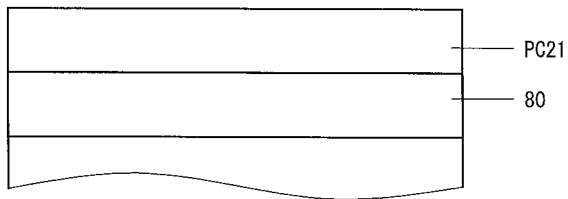
【図 1】



【図 2】



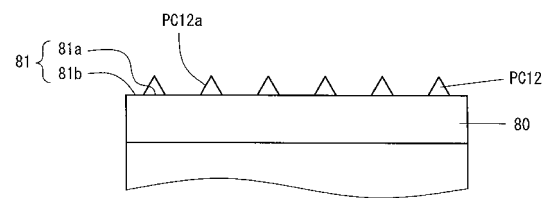
【図 6】



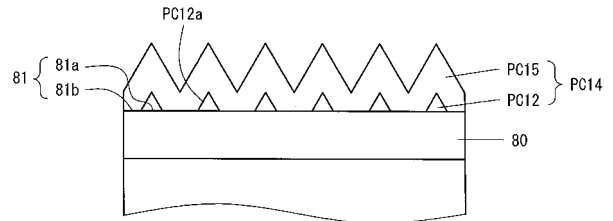
【図 7】



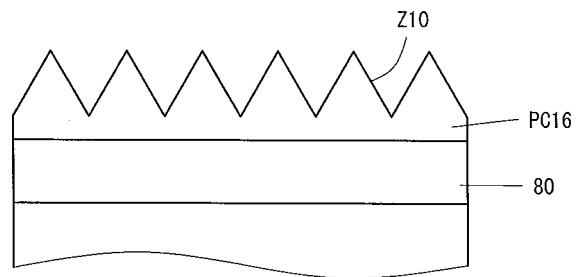
【図 3】



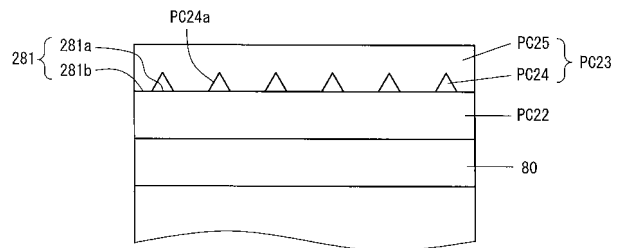
【図 4】



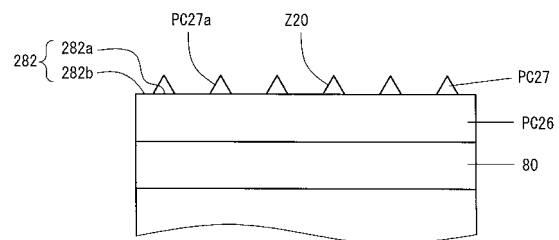
【図 5】



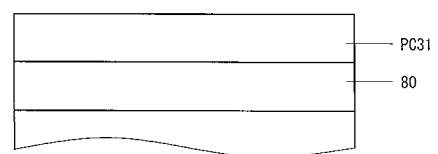
【図 8】



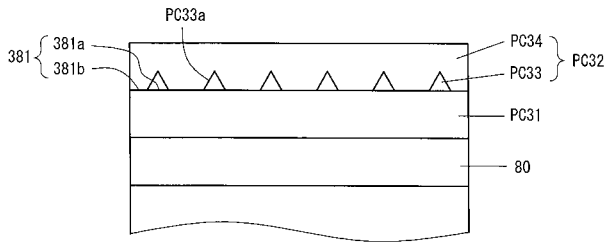
【図 9】



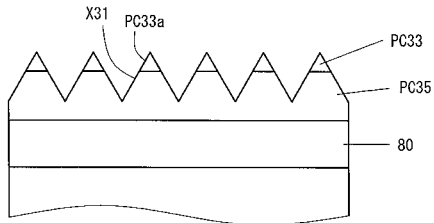
【図 10】



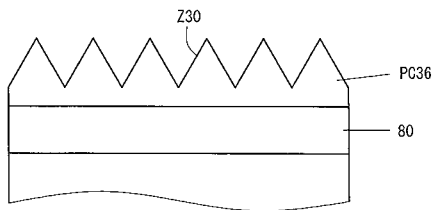
【図 1 1】



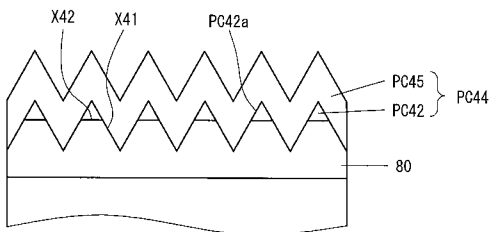
【図 1 2】



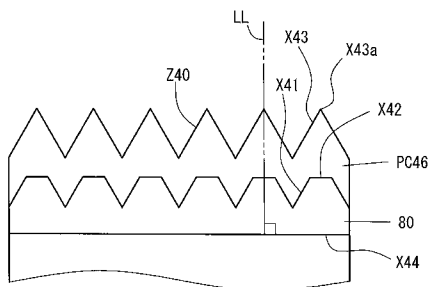
【図 1 3】



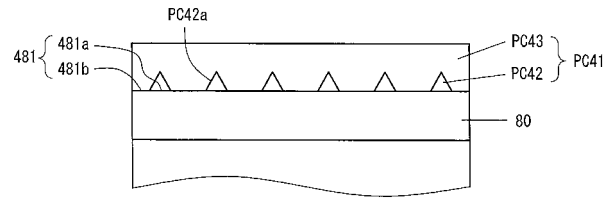
【図 1 7】



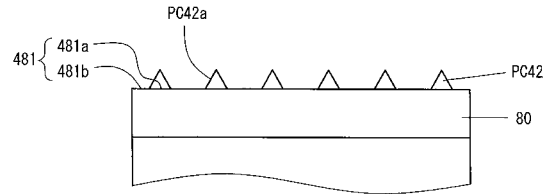
【図 1 8】



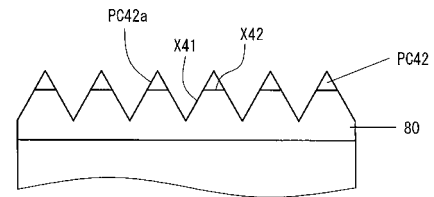
【図 1 4】



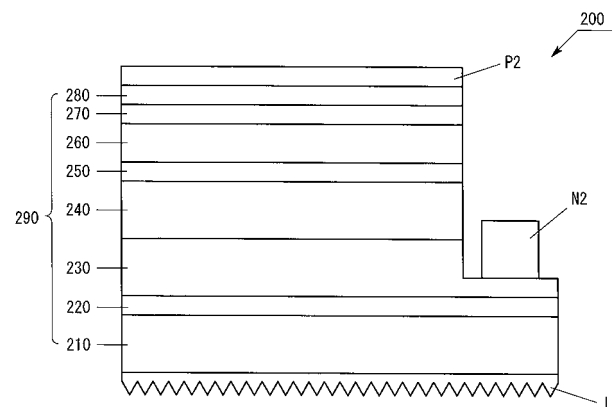
【図 1 5】



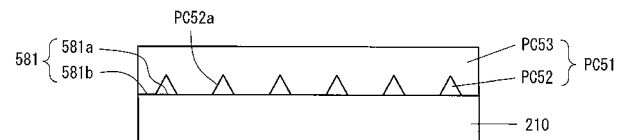
【図 1 6】



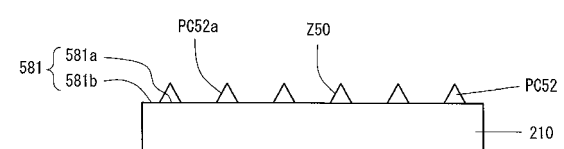
【図 1 9】



【図 2 0】



【図 2 1】



【図 22】

