

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4124102号

(P4124102)

(45) 発行日 平成20年7月23日(2008.7.23)

(24) 登録日 平成20年5月16日(2008.5.16)

(51) Int.Cl.

H01L 33/00 (2006.01)

F1

H01L 33/00

C

請求項の数 10 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2003-383064 (P2003-383064)	(73) 特許権者	000005832
(22) 出願日	平成15年11月12日(2003.11.12)		松下電工株式会社
(65) 公開番号	特開2005-150261 (P2005-150261A)		大阪府門真市大字門真1048番地
(43) 公開日	平成17年6月9日(2005.6.9)	(74) 代理人	100084375
審査請求日	平成18年5月16日(2006.5.16)		弁理士 板谷 康夫
		(72) 発明者	福島 博司
			大阪府門真市大字門真1048番地 松下電工株式会社内
		(72) 発明者	久保 雅男
			大阪府門真市大字門真1048番地 松下電工株式会社内
		(72) 発明者	井上 章
			大阪府門真市大字門真1048番地 松下電工株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 多重反射防止構造を備えた発光素子とその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

透明結晶基板上に半導体を積層して形成した発光層を持つ少なくとも1個以上の発光素子を有する基板を切断して個々の発光素子を得る発光素子の製造方法において、

エネルギーを供給して軟化又は硬化する形状転写用の転写層を前記発光層に平行な発光素子構成面の全面又は一部に形成する転写層形成工程と、

前記により形成された転写層に、凹凸形状を有するモールドを用いて凹凸形状を転写する転写工程と、

前記により前記発光層に平行な発光素子構成面に転写された凹凸形状を元に、発光素子上に多重反射を防止する構造を形成する多重反射防止構造形成工程と、を含み、

前記多重反射防止構造形成工程は、

前記凹凸形状の形成された転写層の上から前記転写層の下地層までエッチングして前記凹凸形状の元の形状を前記転写層の下地層に転写すること、

前記凹凸形状を元のままにしてその凹凸形状を用いること、

前記凹凸形状の凹部に元の凹部の形状を反映させた結晶成長層から成る凹凸形状をさらに形成すること、のいずれか一つを実施することにより前記多重反射を防止する構造を形成することを特徴とする発光素子の製造方法。

【請求項2】

前記転写層が形成され、さらに多重反射防止構造が形成される発光素子構成面が透明結晶基板を剥離した半導体表面であり、

10

20

前記透明結晶基板剥離前に、半導体側に基板保持層を設けることを特徴とする請求項 1 に記載の発光素子の製造方法。

【請求項 3】

前記透明結晶基板を剥離した半導体表面に形成される凹凸形状が $1000\text{ nm} \sim 2000\text{ nm}$ ピッチの回折格子であり、前記凹凸形状形成面上に、 $10\text{ }\mu\text{ m} \sim 50\text{ }\mu\text{ m}$ ピッチのプリズム形状を形成することを特徴とする請求項 2 に記載の発光素子の製造方法。

【請求項 4】

半導体が GaN であり、透明結晶基板を剥離した GaN 表面に転写層として軟化層が塗布され、前記軟化層に転写される凹凸形状が複数の六角形パターンであり、六角形パターンの凹部に露出した GaN の表面に、前記軟化層に転写された凸部をマスクとして用いて、GaN を再成長させて多重反射防止構造となる凹凸形状を形成することを特徴とする請求項 2 に記載の発光素子の製造方法。

10

【請求項 5】

半導体が GaN であり、透明結晶基板を剥離した GaN 表面にエネルギーを供給し、GaN を軟化して転写層とする場合、圧力が 20 気圧 以上の窒素雰囲気のもとで GaN に凹凸形状を転写することを特徴とする請求項 2 に記載の発光素子の製造方法。

【請求項 6】

モールドが透明モールドであり、転写層を軟化するエネルギーを供給する手段がレーザー光であり、転写層材料がレーザー光を吸収しない材料の場合、該転写層材料とモールドの間に、レーザー光を吸収する加熱層を形成することを特徴とする請求項 1 に記載の発光素子の製造方法。

20

【請求項 7】

転写層を軟化又は硬化するためのエネルギーを供給する手段がレーザー光であり、転写層材料とモールドがレーザー光を吸収しない材料の場合、転写層の下地材料に吸収される波長のレーザー光を下地材料に照射し、下地材料の発熱により転写層材料を軟化又は硬化させることを特徴とする請求項 1 に記載の発光素子の製造方法。

【請求項 8】

転写層が硬化時に収縮する材料の場合、転写層材料の領域を形状部と非形状部に分けてエネルギーを供給することを特徴とする請求項 1 に記載の発光素子の製造方法。

【請求項 9】

30

透明結晶基板上に半導体を積層して形成した発光層を持つ少なくとも 1 個以上の発光素子を有する基板を切断して得られる発光素子であって、

エネルギーを供給して軟化又は硬化する形状転写用の転写層を前記発光層に平行な発光素子構成面であって透明結晶基板を剥離して成る半導体表面の全面又は一部に形成する転写層形成工程と、

前記により形成された転写層に凹凸形状を有するモールドを用いて凹凸形状を転写する転写工程と、

前記により転写された凹凸形状を元に、発光素子上に多重反射を防止する構造を形成する多重反射防止構造形成工程と、により形成された多重反射防止構造を備え、

前記多重反射防止構造が、前記凹凸形状の形成された転写層の上から前記転写層の下地層までエッチングして前記凹凸形状の元の形状を前記転写層の下地層である半導体の表面に転写することにより形成されており、

40

前記半導体が前記透明結晶基板の剥離前に半導体側に設けた基板保持層によって保持されていることを特徴とする多重反射防止構造を備えた発光素子。

【請求項 10】

前記透明結晶基板を剥離した半導体表面に形成された多重反射防止構造の凹凸形状が $1000\text{ nm} \sim 2000\text{ nm}$ ピッチの回折格子であり、前記回折格子の凹凸形状形成面上に、 $10\text{ }\mu\text{ m} \sim 50\text{ }\mu\text{ m}$ ピッチのプリズム形状を形成したことを特徴とする請求項 9 に記載の多重反射防止構造を備えた発光素子。

【発明の詳細な説明】

50

【技術分野】

【0001】

本発明は、多重反射防止構造を備えた発光素子とその製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来から、図25に示すように、サファイア基板（透明結晶基板）92上に窒化ガリウム系化合物半導体、例えば、n型半導体Ga_{0.9}N層93、p型半導体Ga_{0.9}N層94を積層し、電極95を設けて形成された発光素子が知られている。両半導体の界面に形成された発光層から発せられた光は、通常、互いに平行な複数の材料界面を通過して外部、すなわち図の上方向又は下方向に取り出される。そこで、平行平面間で全反射の繰り返しにより発生する多重反射が、光を外部に取り出す効率を悪くしている原因になっている。全反射は、反射面を形成する界面における屈折率の差が大きいほど、入射角に対する許容範囲が狭くなり、発生し易くなる。空気中との間で屈折率差の大きい材料が用いられる発光素子において、多重反射を抑制することは、発光素子の光取り出し効率を高める上で重要である。多重反射抑制乃至防止をする方法として、窒化ガリウム系化合物半導体の最上層の表面90を非鏡面としたものが知られている。

10

【0003】

表面90を非鏡面にする方法として、母材基板であるサファイア基板92の面方位をC軸から0.2～1.5°ずらした面に、窒化ガリウム系化合物半導体のエピタキシャル成長を行う方法や、最上層の窒化ガリウム系化合物半導体をエッチング、または研磨する方法が提案されている（例えば、特許文献1参照）。

20

【0004】

また、光放出面を非鏡面にする他の方法として、発光素子の光放出面を被覆した透明な樹脂層に凹凸を形成する方法が提案されている。被覆した透明な樹脂層を介して発光素子を透明な基板に接合し、その透明な基板を通して樹脂層にレーザ光を照射し、レーザアブレーションによる凹凸が樹脂層に形成される（例えば、特許文献2参照）。

【特許文献1】特開平6-291368号公報

【特許文献2】特開2002-368289号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

30

【0005】

しかしながら、上述した結晶面をずらす方法では、粗面化の度合いが低く、発光強度の向上は10%に留まる。エッチングや研磨により表面を粗らす方法や、レーザアブレーションによる凹凸形成では、発光素子の表面に、形状を制御して所望の再現性と精度が得られる加工をすることは困難である。他の方法として、微細加工と再現性の観点から、光リソグラフィによるパターンニングとドライエッチングによる凹凸形状形成の方法があるが、任意の形状の3次元的な凹凸形状の実現は困難であり、また、露光における光の波長に対する解像度の限界による微小凹凸形成の限界がある。

【0006】

本発明は、上記課題を解消するものであって、簡単な構成により、発光素子や発光素子モジュールの表面に任意形状微細構造の多重反射防止構造を再現性良く制御して形成できる発光素子の製造方法及び発光効率の高い発光素子を提供することを目的とする。

40

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記課題を達成するために、請求項1の発明は、透明結晶基板上に半導体を積層して形成した発光層を持つ少なくとも1個以上の発光素子を有する基板を切断して個々の発光素子を得る発光素子の製造方法において、エネルギーを供給して軟化又は硬化する形状転写用の転写層を前記発光層に平行な発光素子構成面の全面又は一部に形成する転写層形成工程と、前記により形成された転写層に、凹凸形状を有するモールドを用いて凹凸形状を転写する転写工程と、前記により前記発光層に平行な発光素子構成面に転写された凹凸形状を

50

元に、発光素子上に多重反射を防止する構造を形成する多重反射防止構造形成工程と、を含み、前記多重反射防止構造形成工程は、前記凹凸形状の形成された転写層の上から前記転写層の下地層までエッチングして前記凹凸形状の元の形状を前記転写層の下地層に転写すること、前記凹凸形状を元のままにしてその凹凸形状を用いること、前記凹凸形状の凹部に元の凹部の形状を反映させた結晶成長層から成る凹凸形状をさらに形成すること、のいずれか一つを実施することにより前記多重反射を防止する構造を形成する発光素子の製造方法である。

【0008】

請求項2の発明は、請求項1に記載の発光素子の製造方法において、転写層が形成され、さらに多重反射防止構造が形成される発光素子構成面が透明結晶基板を剥離した半導体表面であり、前記透明結晶基板剥離前に、半導体側に基板保持層を設けるものである。

10

【0009】

請求項3の発明は、請求項2に記載の発光素子の製造方法において、前記透明結晶基板を剥離した半導体表面に形成される凹凸形状が1000nm～2000nmピッチの回折格子であり、前記凹凸形状形成面上に、10μm～50μmピッチのプリズム形状を形成するものである。

【0010】

請求項4の発明は、請求項2に記載の発光素子の製造方法において、半導体がGaNであり、透明結晶基板を剥離したGaN表面に転写層として軟化層が塗布され、前記軟化層に転写される凹凸形状が複数個の六角形パターンであり、六角形パターンの凹部に露出したGaNの表面に、前記軟化層に転写された凸部をマスクとして用いて、GaNを再成長させて多重反射防止構造となる凹凸形状を形成するものである。

20

【0011】

請求項5の発明は、請求項2に記載の発光素子の製造方法において、半導体がGaNであり、透明結晶基板を剥離したGaN表面にエネルギーを供給し、GaNを軟化して転写層とする場合、圧力が20気圧以上の窒素雰囲気のもとでGaNに凹凸形状を転写するものである。

【0012】

請求項6の発明は、請求項1に記載の発光素子の製造方法において、モールドが透明モールドであり、転写層を軟化するエネルギーを供給する手段がレーザー光であり、転写層材料がレーザー光を吸収しない材料の場合、該転写層材料とモールドの間に、レーザー光を吸収する加熱層を形成するものである。

30

【0013】

請求項7の発明は、請求項1に記載の発光素子の製造方法において、転写層を軟化又は硬化するためのエネルギーを供給する手段がレーザー光であり、転写層材料とモールドがレーザー光を吸収しない材料の場合、転写層の下地材料に吸収される波長のレーザー光を下地材料に照射し、下地材料の発熱により転写層材料を軟化又は硬化させるものである。

【0014】

請求項8の発明は、請求項1に記載の発光素子の製造方法において、転写層が硬化時に収縮する材料の場合、転写層材料の領域を形状部と非形状部に分けてエネルギーを供給するものである。

40

【0015】

請求項9の発明は、透明結晶基板上に半導体を積層して形成した発光層を持つ少なくとも1個以上の発光素子を有する基板を切断して得られる発光素子であって、エネルギーを供給して軟化又は硬化する形状転写用の転写層を前記発光層に平行な発光素子構成面であって透明結晶基板を剥離して成る半導体表面の全面又は一部に形成する転写層形成工程と、前記により形成された転写層に凹凸形状を有するモールドを用いて凹凸形状を転写する転写工程と、前記により転写された凹凸形状を元に、発光素子上に多重反射を防止する構造を形成する多重反射防止構造形成工程と、により形成された多重反射防止構造を備え、前記多重反射防止構造が、前記凹凸形状の形成された転写層の上から前記転写層の下地層ま

50

でエッチングして前記凹凸形状の元の形状を前記転写層の下地層である半導体の表面に転写することにより形成されており、前記半導体が前記透明結晶基板の剥離前に半導体側に設けた基板保持層によって保持されている多重反射防止構造を備えた発光素子である。

【0016】

請求項10の発明は、請求項9に記載の多重反射防止構造を備えた発光素子において、前記透明結晶基板を剥離した半導体表面に形成された多重反射防止構造の凹凸形状が1000nm～2000nmピッチの回折格子であり、前記回折格子の凹凸形状形成面上に、10μm～50μmピッチのプリズム形状を形成したものである。

【発明の効果】

【0017】

請求項1の発明によれば、エンボス加工やインプリント加工が行える方法である、モールドを用いる方法で凹凸形状を転写層に形成し、その転写形状を元にして、発光素子や発光素子モジュールの表面に微細構造を形成することができるので、発光素子上に設計の自由度の高い方法で多重反射防止構造を形成でき、光取り出し効率の優れた発光素子を製造できる。本発明のモールドを用いる方法によると、任意の形状と寸法の3次元的な凹凸形状を形成でき、また、多重反射防止構造を形成する加工限界は、リソグラフィの露光における光の波長に対する解像度限界と異なり、波長に依存しないモールドの加工限界で決まるものであり、リソグラフィによる以上に微細な加工ができる。また、エッチング、研磨と違い任意の凹凸形状を再現性良く制御して加工することができる。凹凸の形状設計自由度が拡大し、かつ形状精度を向上し、大面積を低コストで処理することが可能となる。機械加工モールドの場合、三角錐、四角錐、矩形等任意の凸形状が可能であり、また、Siモールドの場合、結晶方位に依存した形状を精度良く作製可能である。これらの組み合わせにより、要求される光学特性に合わせた、任意の凹凸形状が転写でき、発光素子の光取り出し効率向上ができる。また、工程が簡略化でき、低コストで、光取り出し効率を向上できる。

【0018】

請求項2の発明によれば、基板保持層を設けることで、光取り出し効率向上の阻害要因になっている半導体層と透明結晶基板との間の平滑界面を半導体層を傷つけることなく露出して、半導体表面に直接インプリント加工により凹凸形状を施すことができ、発光素子からの光取り出し効率向上ができる。

【0019】

請求項3の発明によれば、光放射面に形成した多重反射防止構造の上に形成したプリズム形状の構造により、発光分布を光放射方向（前面）に集光することができ、前面輝度を向上できる。また、プリズム形状の表面に更なるナノ構造（対象波長の1/4程度の周期と高さの構造、例えば周期略100nm、高さ100～200nm）を施すことにより、その面におけるフレネルロスを低減できる。

【0020】

請求項4の発明によれば、転写した凹凸形状を元にして形成した多重反射防止構造の凹凸形状表面が、結晶成長させた結晶表面になるので、形状精度、表面粗度が良い凹凸形状を再現性よく、作製することができ、光取り出し効率向上ができるだけでなく、製造歩留まり向上もできる。

【0021】

請求項5の発明によれば、難加工材料であるGaN表面に簡易に微細な凹凸形状を省プロセスで短時間で作製することが可能となり、生産性が向上する。

【0022】

請求項6の発明によれば、レーザ光のエネルギーを吸収しない材料でも、レーザ光による加熱溶融ができ、また、レーザ光により局所的に加熱できるので加熱冷却装置が不要になり、また、高スループットの加工が可能となる。

【0023】

請求項7の発明によれば、レーザ光のエネルギーを吸収しない樹脂を転写層用材料として

10

20

30

40

50

用いることができる。また、最初に下地との界面で転写層材料が加熱されて界面で溶融接着されるので、安定な処理ができる。

【0024】

請求項8の発明によれば、硬化又は冷却時に発生する転写層の全体収縮を抑えて応力を分散することができ、微細凹凸形状の変形や破壊をなくすることができる。

【0025】

請求項9の発明によれば、透明結晶基板を取り除いて現れた半導体の表面に多重反射防止構造を形成して、透明結晶基板という介在物なしに、半導体の面から光を直接外部に取り出すことができると共に任意の形状や精度の凹凸形状を元にした多重反射防止構造を備えることができるので、光取り出し効率の向上した発光素子の実現できる。

10

【0026】

請求項10の発明によれば、プリズム形状により前面輝度の向上した発光素子が実現できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0027】

以下、本発明の一実施形態に係る多重反射防止構造を備えた発光素子とその製造方法について、図面を参照して説明する。図1及び図2(a)(b)は多重反射防止構造を備えた発光素子を示す。図1に示す発光素子1は、サファイア(Al_2O_3)からなる透明結晶基板2の一方の面にn型Ga N 半導体3とp型Ga N 半導体4が順に積層され、それぞれに電極31、41が形成され、透明結晶基板2の他方の面(図の上方)には、微細凹凸形状からなる多重反射防止構造21が形成されている。電極31、41を介して両半導体に電圧を印加することにより両半導体3、4の界面部分の発光層からの光のうち、例えば上方に向かう光が照明や表示等の用途に用いられる。発光素子1の製造工程は後述する。

20

【0028】

上述の発光素子1では、多重反射防止構造21が形成されているため、透明結晶基板2の表面上に積層された半導体3、4の発光層から発せられた光は、半導体発光層及び透明結晶基板2を透過し、発光素子1の外部に効率良く取り出される。半導体発光層及び透明結晶基板2の屈折率は、例えば、上述の透明結晶基板2(Al_2O_3)では $n=1.768$ 、半導体3、4(Ga N)では $n=2.5$ 、(その他GaAsでは $n=3.3\sim 3.8$ 、GaPでは $n=3.31$ 、SiC基板では $n=3.1\sim 4.1$)のように、光を取り出される外部側の大気屈折率略 $n=1$ に比べて大きく、半導体発光層及び透明結晶基板2の内部において、全反射が発生しやすいので、このような多重反射防止構造がない場合、全反射の繰り返しによる多重反射のため外部への光取り出し効率が低下する。

30

【0029】

そこで、透明結晶基板と空気の界面に凹凸を形成し、乱反射、または回折させることにより、外部への光取り出し効率を向上したものが発光素子1である。発光素子内部の界面、又は発光素子の外部表面(すなわち空気との界面)、特に発光素子の発光層に平行な発光素子構成面に、凹凸形状を形成する手法として、本発明において、モールド(転写型)の凹凸形状を転写するエンボス加工、インプリント加工が用いられる。エンボス加工、インプリント加工は、圧縮成形技術の微細加工領域への応用であり、形成できる凹凸形状のサイズや精度の自由度が大きく、生産性の向上、低コスト化が可能である。

40

【0030】

上述のインプリント加工技術の微細加工の極限として、1995年Princeton大学のChouらによって提案されたナノインプリント技術は、安価でありながら10nm程度の解像度を有する加工技術として知られている。本発明の多重反射防止構造を備えた発光素子とその製造方法において、このようなインプリント加工技術が用いられる。製造方法は、図2に示す発光素子の説明の後で行う。

【0031】

図2(a)に示す発光素子11は、図1に示した発光素子1における透明結晶基板2を取り除いて現れた半導体3の表面に多重反射防止構造34を形成したものである。この発

50

光素子 11 では、半導体 3 の面から、透明結晶基板という介在物なしに、光を直接外部に効率よく取り出すことができる。発光素子 11 のような構成にするには、保持層 7 を形成する必要がある。保持層 7 は、半導体 3、4 を保持するための樹脂層 7₁ と、実装用の実装面電極 3₂、4₂ と、実装面電極 3₂、4₂ から半導体面電極 3₁、4₁ に電流を注入できるように両電極間を導通させる電極導通路 3₃、4₃ を備えて形成されている。

【0032】

また、図 2 (b) に示す発光素子 11a は、前述の図 2 (a) に示す発光素子 11 において、多重反射防止構造 34 として 1000nm ~ 2000nm ピッチの回折格子をなす凹凸形状を形成し、さらにその凹凸形状の面の上に、10μm ~ 50μm ピッチ（好ましくは 10μm ~ 20μm ピッチ）のプリズム形状構造 52a を形成した発光素子である。発光素子 11a は、光放射面に形成した多重反射防止構造 34 の上に形成したプリズム形状構造 52a により、発光分布を光放射方向（図の上方）に集光することができ、前面輝度の向上ができる。また、発光素子 11a のプリズム形状構造 52a の表面に、更なるナノ構造（対象波長の 1/4 程度の周期と高さの構造、例えば、周期略 100nm、高さ 100 ~ 200nm）を施すことにより、その面におけるフレネルロスを低減することができる。

10

【0033】

次に、前述の発光素子 1 の製造工程について説明する。図 3 (a) ~ (f) は、発光素子 1 の製造工程を示す。図 3 (a) に示すように、例えばサファイヤ (Al_2O_3) からなる 1 つの透明結晶基板 2 の上に、半導体 3、4 を積層した発光層から成る少なくとも 1 個以上の発光素子が形成される。透明結晶基板 2 に、発光素子実装時のハンドリングが可能な厚みの保持層の役目と光学的な役目とを課す場合、透明結晶基板 2 の表面に多重反射防止構造が形成される。

20

【0034】

図 3 (b) に示すように、透明結晶基板 2 の上に、凹凸形状を転写する転写層 5 の材料としてレジスト（例えば PMMA；メタクリル樹脂）を略 1μm 厚みにスピコートし、PMMA のガラス転移温度 T_g 以上に加熱することにより軟化させる（転写層形成工程）。続いて、図 3 (b) (c) に示すように、略 1μm ピッチの凹凸形状 61 を有するモールド 6 を、4Ma の圧力 P でプレスして、PMMA からなる転写層 5 に凹凸形状 61 を転写する（転写工程）。

30

【0035】

その後、PMMA が冷却固化した転写層 50 からモールド 6 を離脱させ、図 3 (d) に示すように、反応性イオン R によるエッチング (RIE エッチング) を行い、転写層 50 及びその下地までエッチングによる削り取り加工をすると、転写層 50 に転写された凹凸形状を元に、発光素子の透明結晶基板 2 の上に多重反射を防止する構造を形成することができる（多重反射防止構造形成工程）。図 3 (e) に示すように、透明結晶基板 2 の表面に凹凸形状からなる多重反射防止構造 21 が形成される。この後、一体となっていた複数の発光素子を、基板切断により個片化して、図 3 (f) に示すように、個々の発光素子 1 が得られる。

【0036】

このような、モールドのプレスと、その後のエッチング加工によると、CD（コンパクトディスク）等を作製するのと同様に安価に大面積（基板全体）の一括加工ができ、多重反射防止構造を備えた発光素子の大量生産が可能となる。また、ピラミッド形状等の略任意の 3 次元凹凸形状を加工形成することができ、全反射ロスを効果的に低減して発光素子の光取り出し効率を向上することができる。

40

【0037】

次に、多重反射防止構造を備えた発光素子の製造工程フローの概要を説明する。図 4 は、概要工程フローを示す。製造工程は、一部上述したように、まず、半導体を積層して発光層を形成することで、複数の発光素子が透明結晶基板上に形成される (S1)。続いて、転写層形成工程 (S2) において、(#10) 転写層材料の配置、(#20) 転写層材

50

料の軟化が行われる。転写工程（S3）において、（#30）凹凸形状を有するモールドを転写層材料の上に配置、（#40）モールドを軟化層に押圧して凹凸転写、（#50）軟化層の固化と凹凸形状固定、（#60）モールドの転写層材料からの剥離が行われる。

【0038】

さらに、多重反射防止構造形成工程（S4）において、（#70）凹凸形状を転写した転写層材料の上から下地層までエッチングして下地層に多重反射防止構造が形成される。なお、多重反射防止構造形成工程（S4）が転写工程（S3）で完了する場合があります、このときは、（#70）ケース2のように、凹凸形状を転写して固定した転写層構造がそのまま多重反射防止構造とされる。また、下地をエッチングして削るのではなく、（#70）ケース3のように、凹凸形状を元にして（マスクとして用いて）凹凸形状を成長させて（例えば、結晶成長やCVD成膜）、多重反射防止構造形成することも行われる。最後に、複数の発光素子が形成された基板を切断して個々の発光素子を得る基板切断による発光素子の個片化が行われる（S5）。

【0039】

上述の各工程ステップにおいて、図4に示すように、多重反射防止構造の形成場所や、軟化層材料選択と軟化層形成手段等において種々の選択肢があり得る。また、図4に示す以外の工程組合せや、製造方法を用いることができ、その一部は後述される。

【0040】

図4をさらに詳細に説明する。転写層形成工程（S2）の「（#10）転写層材料の配置」における、「（#11）ケース1、透明結晶基板の上に配置」の例が、前出の図1及び図3に示した発光素子1である。また、「（#12）ケース2、透明結晶基板を剥離して半導体表面に配置」の例は、前出の図2（a）（b）に示した発光素子11、11aであり、その詳細製造工程は、図9及び図10により後述される。

【0041】

「（#20）転写層材料の軟化」において、「（#21）熱可塑性材料の場合」、固体状態の材料に、例えば、レーザ光による熱や光エネルギーを供給して軟化が行われ、「（#22）軟材料の場合」、材料配置により軟化が完了する。また、用いられる転写層材料によっては、樹脂の変性等が行われるため、この2通りの軟化方法に限定されるものではない。

【0042】

転写工程（S4）の「（#50）軟化層を固化、凹凸形状固定」において、「（#51）熱可塑性材料の場合」では、冷却して固化され、「（#52）熱硬化性材料の場合」では、例えば赤外線領域のレーザ光により加熱して固化され、「（#53）光硬化性材料の場合」では、例えば紫外線領域のレーザ光を照射して固化される。

【0043】

次に、形状転写用のモールドについて説明する。図5は、シリコン（Si）製モールドを用いた多重反射防止構造の製造工程を示し、図6は、金属製モールドを用いた場合を示す。図5（a）に示すような凹部からなる凹凸形状61を備えたSi製のモールド6は、凹凸形状パターンが大きい場合、通常の半導体製造工程で作製でき、また、凹部のピッチが1μm以下の場合、電子ビーム（EB）描画等によるパターンニングとKOH液によるエッチングによりSiを加工して作製できる。透明結晶基板2の上に設けられた転写層5にモールド6を押圧し、その後、転写層5を硬化させてモールド6を除去すると、図5（c）に示すように、固化した転写層50の上に転写した凹凸形状51が得られる。

【0044】

続いて、図5（b1）に示すように、転写層50の厚み分dをエッチングすると、図5（c）（c1）に示すように、透明結晶基板2に多重反射防止構造21が形成される。エッチングは、下地の透明結晶基板2が表れるまで、例えば、酸素（O₂）プラズマによる転写層50のエッチングを行い、その後、転写層50と透明結晶基板2のエッチング速度の等しい反応性エッチング（RIE）を行うことにより、形状転写の忠実度が高い（多重反射防止構造21が凹凸形状61を精度良く反映している）加工を、高速に行うことがで

10

20

30

40

50

きる。

【0045】

また、凹凸形状のピッチが $1\mu\text{m}$ 程度までなら、金属材料を機械加工による切削で、モールドを作製可能である。機械加工の場合、バイトの刃先形状を加工することで、図6(a)に示すように、頂角を任意に設定したピラミッド形状の凸部からなる凹凸形状61を有するモールド6を形成できる。このような凸部を有するモールド6を用いた多重反射防止構造の形成は、図5における説明と同様に行われる。また、前述のSi製モールド6をもとに、電鋳により凹凸が逆転したレプリカモールドを作製して、凸部を有するモールド6を得ることができる。

【0046】

上述のように、機械加工製のモールドの場合、三角錐、四角錐、矩形等任意の凸形状が可能であり、また、Siモールドの場合、結晶方位に依存した形状を凹形状を精度良く作製可能である。これらの組み合わせにより、要求光学特性に合わせたモールドを用いて、任意の形状を転写して多重反射防止構造を形成でき、発光光学素子の光取り出し効率向上ができる。

【0047】

次に、工程を簡略した多重反射防止構造の製造工程を説明する。図7、図8は、多重反射防止構造の製造工程を示す。ここで説明する工程は、前出の図4におけるステップS4の「(#70) ケース2」に対応する。図7(a)に示すように、透明結晶基板2として、サファイア結晶基板(屈折率 $n=1.77$)を用いて、その表面に、転写層5として、屈折率 $n=1.7$ 程度のポリマ、例えば、三井化学(株)のアンテリオール($n=1.74$)、又は、無機有機ハイブリッド材料等を塗布する。インプリント加工によりモールド6の凹凸形状61を、転写層5に転写し、固化すると、図7(b)(c)に示すように、転写層50に凹凸形状51が得られる。図8は図7におけるモールドの凹凸形状が違うのみであり、説明は省略する。結晶基板2と転写層50の屈折率が略等しく設定されているので、凹凸形状51をそのまま多重反射防止構造とすることができる。この方法によると工程が簡略化でき、低コストで、発光素子の光取り出し効率を向上できる。

【0048】

次に、前述の発光素子11の製造工程について説明する。図9(a)～(i)は、発光素子11の製造工程を示す。前述同様に、図9(a)に示すように、透明結晶基板2の上にGa₂N半導体から成る複数の発光素子が形成される。続いて、図9(b)に示すように、透明結晶基板2と反対側の半導体表面に、樹脂層71と銅箔72からなる銅貼り積層板(RCC: Resin Coated Copper)70を張り付ける。その後、銅貼り積層板70に対して、通常のプリント基板処理工程であるVIA形成、パターンニング、めっき等を行い、図9(c)に示すように、保持層7を備えた発光素子とする。保持層7は、半導体3、4を保持するための樹脂層71と、実装用の実装面電極32、42と、実装面電極32、42から半導体面電極31、41に電流を注入できるように両電極間を導通させる電極導通路33、43を備えて形成されている。保持層7は、面実装用に好適に用いられる。

【0049】

続いて、図9(d)に示すように、透明結晶基板2を透過して、半導体3に、例えばエキシマレーザー光LBを照射することにより、界面のGa₂Nを分解して透明結晶基板2を剥離し、半導体3の表面Sを露出させる。透明結晶基板2を剥離したGa₂N層は、厚みが数 μm と薄く、剥離処理や剥離後の実装処理におけるハンドリング時の破壊防止のために保持層7が用いられる。

【0050】

透明結晶基板2が剥離・除去されたGa₂N表面SにはGaが存在する。このGaは、酸、アルカリ等で洗浄され、Ga₂N層が露出される。その後、図9(e)～(i)に示すように、露出したGa₂N表面にPMMAやSOG(Spin on Glass)等のレジストを塗布し、前出の図3(a)～(f)で説明した処理と同様の処理を行い、発光素子

10

20

30

40

50

11が得られる。これらの工程で用いられるモールド6は、例えば、1000～2000nm周期のピラミッド型の凹凸形状を転写できるモールドであり、機械切削加工で作製した金属モールドでもよく、またエッチング加工したSiモールドでもよい。また、それぞれの型の電鍍レプリカモールドを用いてもよい。

【0051】

次に、前述の発光素子11aの製造工程について説明する。図10(a)～(e)は、発光素子11aの製造工程を示す。図10(a)に示す発光素子は、前述の図9(h)に示す工程における(切断前の)発光素子11である。この切断前の発光素子11に対して、図10(b)に示すように、多重反射防止構造の形成された半導体3の表面上に、転写層5を形成する。続いて、図19(b)(c)に示すように、凹凸形状62を有するモールド6を転写層5に押圧する。凹凸形状62は、下記のプリズム形状の反転型になっている。転写層5が固化すると、図10(d)に示すように、プリズム形状52aを備えた(切断前の)発光素子が得られ、これを切断して、図10(e)に示すように発光素子11aがえられる。

【0052】

発光素子11aの多重反射防止構造34及びプリズム形状52aは、それぞれを形成するモールドの凹凸形状を所要の形状に設定して、それぞれ1000nm～2000nmピッチの回折格子状の凹凸形状、及び10μm～50μmピッチのプリズム形状、好ましくは10μm～20μmピッチのプリズム形状とすることができる。

【0053】

次に、前述のプリズム形状52aの表面におけるナノ構造について説明する。図11は、プリズム形状部のナノ構造を示し、図12(a)(b)は、ナノ構造形成に用いられるタングステン薄膜のSEM写真を示す。図11に示すように、プリズム形状52aの表面には、周期が略100nm、高さが100～200nmであるナノ構造53からなる無反射層が形成されている。この、ナノ構造53は、プリズム形状を形成するためのモールド内表面にタングステン(W)をスパッタ蒸着し、このモールドを用いてタングステン薄膜形状の凹凸形状を転写して形成される。Arプラズマを用いてタングステンをスパッタ蒸着する場合、Arガス圧によってタングステン膜質制御をすることができる。例えばプラズマ生成条件(500W、90mTorr)において、図12(a)(b)に示すように、100nmオーダーの柱状構造のタングステン膜が得られる。また、そのタングステン膜表面の凹凸形状も、100nmオーダーとなり、その凹凸形状をモールド内表面に形成することで、ナノ構造をプリズム形状表面に転写して無反射ナノ構造を形成することができる。

【0054】

次に、エッチングではなく結晶成長により多重反射防止構造を形成する方法について説明する。図13は、結晶成長による多重反射防止構造の形成工程を示す。ここで説明する工程は、前出の図4におけるステップS4の「(#70)ケース3」に対応する。この方法は、例えば、発光層を形成する半導体がGaNの場合に適用される。図13(a)に示すように、透明結晶基板を剥離した半導体(GaN)3の表面に、転写層5としてSOGが100nmの厚さに塗布される。続いて、複数の六角形パターンの凹凸形状63を有するモールド6を用いて、転写層5に六角形パターンがナノインプリント法で形状転写され、固化されて、図13(b)に示すように、転写層50に開口した六角形パターン53が形成される。

【0055】

この六角形パターン53の形状寸法は、例えば、パターン間の隙間 $d1 = 100\text{nm}$ 、1つのパターンにおける対向辺の間隔 $d2 = 1000 \sim 2000\text{nm}$ である。六角形パターン53の凹部は、酸素イオンRによるRIEでSOG残渣をエッチング除去することにより、GaN表面が露出される。六角形パターン53の凹部に露出したGaN(半導体3)の表面に、転写層50をマスクとして用いて、MOPVE/MOCVDによるGaNの結晶成長を行う。成長するGaN結晶は、GaNの六方晶結晶構造を反映して、図13(

c) に示すように、高さが略1000～2000nmの六角錐形状となる。

【0056】

続いて、SOGによる転写層(SiO₂)50をふっ酸(HF)でエッチング除去して、図13(d)に示すように、GaN半導体3と一体となった六角錐形状の凹凸形状30からなる多重反射防止構造が得られる。凹凸形状の表面が、結晶表面になるので、形状精度、表面粗度が良い凹凸形状を再現性よく、作製することができ、また下地GaNと同一の材質で構成されているので屈折率の差がなく、光取り出し効率向上に寄与するだけでなく、歩留まり向上にも寄与する。

【0057】

次に、半導体そのものを転写層とする多重反射防止構造形成方法について説明する。図14は、用いられるモールドと凹凸形状が形成された半導体を示し、図15(a)～(d)はその製造工程を示し、図16は製造工程のフローを示す。この方法は、例えば、発光層を形成する半導体がGaNの場合に適用される。透明結晶基板を剥離したGaN表面にエネルギーを供給し、GaNを軟化して転写層として用いられる。この場合、圧力が20気圧以上の窒素雰囲気のもとで転写処理が行われる。モールド6は、透明な材質、すなわち石英で形成され、図14(a)(b)に示すように、凹部からなる凹凸形状61を有し、従って、半導体3にピラミッド状の凹凸形状34が形成される。以下に、各工程を順に説明する。

【0058】

透明結晶基板への半導体(GaN)積層が行われ(S11)、転写層形成工程(S12)において、透明結晶基板が剥離される。図15(a)に示すように、剥離された半導体3は、凹凸形状を有するモールド6と共にプロセス容器Cに封入される。次に、図15(b)に示すように、モールド6を透過して、エキシマレーザ光LBが半導体3の表面に照射される。レーザ光LBの照射により、半導体(GaN)3の表面が熔融・軟化する。GaNは、窒素解離圧が高いため、常圧下で高温にすると窒素が抜け出て分解してしまうので、熔融状態にすることができない。そこで、GaNを熔融・軟化状態にするには、20気圧以上の窒素雰囲気のもとで、1600℃以上に加熱する。20気圧以上にするすることで、GaNがGaとN₂に分解せず、熔融状態となる。

【0059】

続いて、転写工程(S13)において、図15(c)に示すように、モールド6に圧力Pを加えて、熔融したGaNに押圧する。次に、熔融したGaNの冷却と固化の後、図15(d)に示すように、モールドを固化したGaN(半導体3)から剥離して、モールド6の凹凸形状61を転写した半導体3が得られる。この状態で、多重反射防止構造形成工程(S14)が完了する。

【0060】

上述の工程において、窒素雰囲気圧力を下げる方策として、石英モールド6とGaNの界面に、NaにCaを添加したフラックスを配置させてGaN熔融時のN抜けを抑制する方法や、プラズマ、ラジカルガン等により窒素ラジカル、イオンの導入、あるいは、解離し易いNH₄等の導入による窒素のGaへの溶け込み支援の方法を用いることができる。

【0061】

次に、上記同様にGaNに直接形状転写を行う場合に、モールドに窒素閉じ込め効果を行わせる方法について説明する。図17は、用いられるモールドと凹凸形状が形成された半導体を示し、図18(a)～(d)はその製造工程を示す。ここで用いるモールド6aは、前出の図14(a)のモールド6に対して、窒素閉じ込め用の枠体64を設けたものである。図18に示す工程は、前出の図15と同様の工程であるが、用いるモールドの形状が異なっている。そこで、図18(b)(c)に示すように、モールド6aで閉じた空間65を作製し、Gaと分解したN₂をその微小空間65に閉じこめることができる。この状態で、2MPa(略20気圧)以上の圧力Pでプレスするとともに、レーザ光による加熱で、微小空間のみを高温・高圧状態に保持できる。窒素を閉じ込められなかった部分

10

20

30

40

50

では、図18(c)(d)に示すように、単体のGa金属36が発生する。後工程でこのGa金属36を除去して、図18(e)に示すように、モールド6aの凹凸形状61を転写した半導体3が得られる。

【0062】

次に、転写層材料の加熱方法について説明する。図19(a)～(e)及び図20(a)～(g)は、加熱層を用いた転写工程を示す。ここに示す加熱方法は、モールド6が透明モールドであり、転写層8を軟化するエネルギーを供給する手段がレーザー光LBであり、転写層8の材料がレーザー光LBを吸収しない材料の場合の加熱方法である。図19に示す方法においては、転写層8の材料とモールド6の間に、レーザー光LBを吸収する加熱層80が配置される。図19(a)に示す加熱層80として、例えば、銅薄膜(Cu、膜厚100nm)を形成する。この加熱層80は、図19(c)に示すように、モールド6で形状変化され、また、図19(e)に示す転写工程完了までに、又は、後続する多重反射防止構造形成工程において、RIEで除去される。このような加熱層80を用いると、レーザー光を吸収しない材料でも、レーザー光により加熱溶融ができ、また、レーザー光による局所加熱の利便性により加熱冷却装置が不要になり、高スループットで加工できる。

10

【0063】

また、図20に示す加熱方法においては、透明なモールド6の下部、すなわち転写層8の材料に接する側に、加熱層Mが形成される。この加熱層Mは、タングステン、タンタル、炭素等の高耐熱かつレーザー光吸収の材料を蒸着して形成される。図20(d)に示すように、レーザー光LBを透明モールド6を透過して照射すると、加熱層Mでレーザー光のエネルギーが吸収されて、モールド6の先端表面を昇温することができる。図20(d)(e)に示すように、部分的に昇温したモールド6により溶融した転写層81を形成して、モールド6の凹凸形状を転写することができる。モールド6、及び転写層8の材料が絶縁体であり、かつ、加熱層が導電性の場合、レーザー光照射だけでなく、加熱層Mへの通電による抵抗加熱を用いることができる。

20

【0064】

次に、さらに他の転写層材料の加熱方法について説明する。図21(a)～(f)及び図22(a)～(f)は、半導体3の加熱による転写層8の加熱を行う多重反射防止構造の製造工程を示す。ここに示す加熱方法は、転写層8を軟化又は硬化するためのエネルギーを供給する手段がレーザー光LBであり、転写層8とモールド6がレーザー光LBを吸収しない材料の場合、転写層8の下地材料に吸収される波長のレーザー光を下地材料に照射し、下地材料の発熱により転写層8を軟化又は硬化させる加熱方法である。

30

【0065】

まず図21において、転写層8は、熱可塑性のアクリル樹脂、ポリエステル樹脂、ポリアミド樹脂などのレジストであり、下地材料は透明結晶基板に形成した発光素子から透明基板を除去した半導体3であり、レーザー光LBは、近赤外、可視領域、近紫外の波長領域のレーザー光であり、例えば、YAG、半導体レーザー、高調波YAG、エキシマレーザーなどが用いられる。

【0066】

図21(a)(b)に示すように、半導体3の上に転写層8の材料、及びモールド6を配置する。そして、図21(c)に示すように、レーザー光LBを照射すると、モールド6及び転写層8を透過して下地の半導体3の表面が加熱され、その加熱層37からの熱によって溶融した転写層81が形成される。レーザー光LBによる加熱は、半導体3の上層表面のみ加熱するように行われ、また、転写層8のガラス転移温度Tg以上かつ半導体3の融解温度以下に温度制御して行われる。以下、図21(e)(f)において、前述のいずれかと同様に処理が行われて、多重反射防止構造の形成された半導体3が得られる。

40

【0067】

また、図22に示す加熱方法は、2種類のレーザー光LB、LB2を用いる方法であり、レーザー光LBは、図22(b)に示すように、転写層8には吸収されないが、下地の半導体3には吸収されるものであり、半導体3の加熱により、転写層8の下部に溶融した転写

50

層 8 1 を形成して、半導体 3 と転写層 8 を接着固定するのに用いられる。

【0068】

また、レーザ光 L B 2 は、転写層 8 に吸収されるものであり、図 2 2 (c) に示すように、半導体 3 に接着個体された転写層を加熱・溶融するのに用いられる。以下、図 2 2 (d) ~ (f) において前述のいずれかと同様の処理が行われる。このような加熱方法は、転写層 8 の厚みが μm オーダと比較的厚い場合に、転写層を安定に一樣に加熱するのに有用である。

【0069】

次に、複数の発光素子を大面積の基板上に形成する場合の、転写層の溶融／硬化について説明する。図 2 3 (a) は、例えば、21 個の発光素子を形成する基板 W を示し、図 2 3 (b) ~ (f)、及び図 2 4 (a) ~ (f) は多重反射防止構造形成工程を示す。ここで説明する方法は、転写層 8 が硬化時に収縮する材料の場合、転写層 8 の材料の領域を形状部と非形状部に分けてエネルギーを供給して、硬化及び冷却時に発生する転写層の全体収縮による、微細凹凸形状の変形、破壊を防止するための、転写層 8 の処理に関する。

【0070】

図 2 3 (a) に示す基板 W の全面に転写層が配置される場合、転写層の領域が、発光素子の形成される形状部 A 1 と、発光素子の配置されない隙間などの非形状部 A 2 とに区分される。図 2 3 (b) (c) に示される転写層 8 が、熱可塑性樹脂の場合、透明なモールド 6 を通して、転写層 8 が吸収する波長のレーザ光 L B を、形状部 A 1 部分の転写層 8 へのみ照射して、軟化した転写層 8 1 とする。モールド 6 は、非形状部 A 2 に対応した凹部を有しており、この部分に軟化していない転写層 8 を避けることができ、図 2 3 (d) に示すように、モールドを押圧して、形状転写を行うことができる。以下、図 2 3 (e) (f) において前述のいずれかと同様の処理が行われる。

【0071】

上述のような転写層 8 の処理を行うと、複数個の形状部が持つ大面積のモールド 6 で、大面積（ウエハ単位）に対して形状転写を行う場合に、形状精度確保と歩留まり確保に有効である。転写層 8 の材料は、熱可塑性のアクリル樹脂、ポリエステル樹脂、ポリアミド樹脂などのレジストが用いられ、レーザ光は、遠赤外領域の波長光、例えば、 CO_2 レーザ光などを用いることができる。

【0072】

また、図 2 4 (a) に示すように、転写層 5 が軟化状態の熱硬化性樹脂の場合、図 2 4 (b) に示すようにモールドを押圧して、図 2 4 (c) に示すように、まず、非形状部 A 2 に対応する転写層 5 にレーザ光 L B を照射して固化した転写層 5 1 とする。続いて、図 2 4 (d) に示すように、形状部 A 1 に対応する転写層にレーザ光 L B を照射して固化した転写層 5 1 とする。以下、図 2 4 (e) (f) において前述のいずれかと同様の処理が行われる。

【0073】

上述のような転写層 5 の処理を行うと、前記同様に、複数個の形状部が持つ大面積のモールド 6 で、大面積（ウエハ単位）に対して形状転写を行う場合に、形状精度確保と歩留まり確保に有効である。転写層 5 の材料は、熱硬化性のエポキシ樹脂やフェノール樹脂などが用いられ、レーザ光は、遠赤外領域の波長光、例えば、 CO_2 レーザ光などを用いることができる。

【0074】

また、転写層 5 が軟化状態の紫外線（UV）硬化性樹脂の場合、上記の熱光仮性樹脂の場合と同様に処理を行うことができる。転写層 5 の材料は、UV 硬化性アクリレートや UV 光化成エポキシ樹脂などが用いられ、レーザ光は、紫外線波長領域のレーザ光が用いられる。なお、本発明は、上記構成に限られることなく種々の変形が可能である。

【図面の簡単な説明】

【0075】

【図 1】本発明の一実施形態に係る多重反射防止構造を備えた発光素子の断面図。

10

20

30

40

50

【図 2】 (a) (b) は本発明の他の一実施形態に係る多重反射防止構造を備えた発光素子の断面図。

【図 3】 (a) ~ (f) は本発明の一実施形態に係る発光素子の製造工程を示す断面図。

【図 4】 本発明に係る発光素子の製造方法の概要工程フロー図。

【図 5】 (a) ~ (c) は本発明の一実施形態に係るモールドを用いた発光素子の多重反射防止構造の製造工程を示す斜視図、(b 1) は (b) における断面図、(c 1) は (c) における断面図。

【図 6】 (a) ~ (c) は本発明の一実施形態に係るモールドを用いた発光素子の多重反射防止構造の製造工程を示す斜視図、(b 1) は (b) における断面図、(c 1) は (c) における断面図。

10

【図 7】 (a) (b) は本発明の一実施形態に係る発光素子の多重反射防止構造の製造工程を示す斜視図、(c) は (b) における断面図。

【図 8】 (a) (b) は本発明の一実施形態に係る発光素子の多重反射防止構造の製造工程を示す斜視図、(c) は (b) における断面図。

【図 9】 (a) ~ (i) は本発明の一実施形態に係る発光素子の製造工程における断面図。

【図 10】 (a) ~ (f) は本発明の一実施形態に係る発光素子の製造工程における断面図。

【図 11】 本発明の一実施形態に係る発光素子の断面図とプリズム形状部分の拡大断面図。

20

【図 12】 (a) (b) は本発明の一実施形態に係る発光素子のナノ構造形成に用いられるタングステン薄膜層の拡大写真。

【図 13】 (a) ~ (d) は本発明の一実施形態に係る発光素子の多重反射防止構造の製造工程を示す斜視図。

【図 14】 (a) は本発明の発光素子の製造に用いられるモールドの斜視図、(b) 同モールドを用いて形状転写された半導体の斜視図。

【図 15】 (a) ~ (d) は本発明の一実施形態に係る発光素子の多重反射防止構造の製造工程を示す斜視図。

【図 16】 図 13 に示した本発明の発光素子の製造工程のフロー図。

【図 17】 (a) は本発明の発光素子の製造に用いられるモールドの斜視図、(b) 同モールドを用いて形状転写された半導体の斜視図。

30

【図 18】 (a) ~ (e) は本発明の一実施形態に係る発光素子の多重反射防止構造の製造工程を示す斜視図。

【図 19】 (a) ~ (e) は本発明の一実施形態に係る発光素子の多重反射防止構造の製造工程の転写工程までを示す斜視図。

【図 20】 (a) ~ (g) は本発明の一実施形態に係る発光素子の多重反射防止構造の製造工程の転写工程までを示す斜視図。

【図 21】 (a) ~ (f) は本発明の一実施形態に係る発光素子の多重反射防止構造の製造工程を示す斜視図。

【図 22】 (a) ~ (f) は本発明の一実施形態に係る発光素子の多重反射防止構造の製造工程を示す斜視図。

40

【図 23】 (a) は本発明の一実施形態に係る発光素子が形成される基板の平面図、(b) ~ (f) は同基板上の発光素子に多重反射防止構造を形成する製造工程を示す断面図。

【図 24】 (a) ~ (f) は本発明の一実施形態に係る発光素子の多重反射防止構造の製造工程を示す斜視図。

【図 25】 従来の発光素子の断面図。

【符号の説明】

【0076】

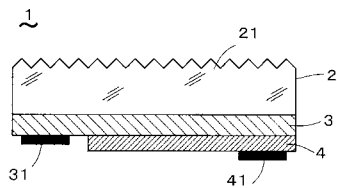
1, 11, 11a 発光素子

2 透明結晶基板

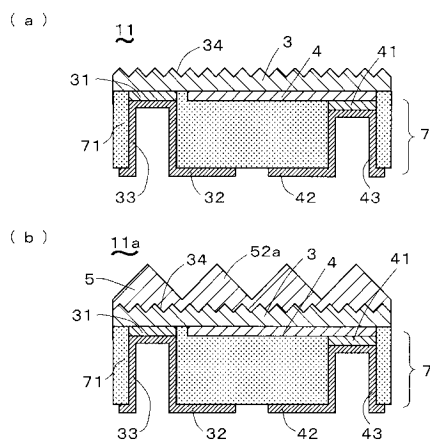
50

- 3, 4 半導体
 5, 8 転写層
 6 モールド
 30, 34, 51, 61 凹凸形状
 7 基板保持層
 21, 51, 52 多重反射防止構造
 52a プリズム形状
 80 加熱層
 LB レーザ光
 A1 形状部
 A2 非形状部
 M 加熱層

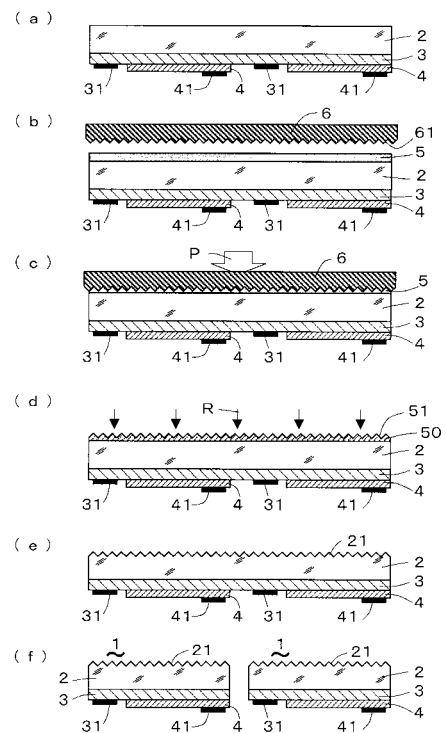
【図 1】



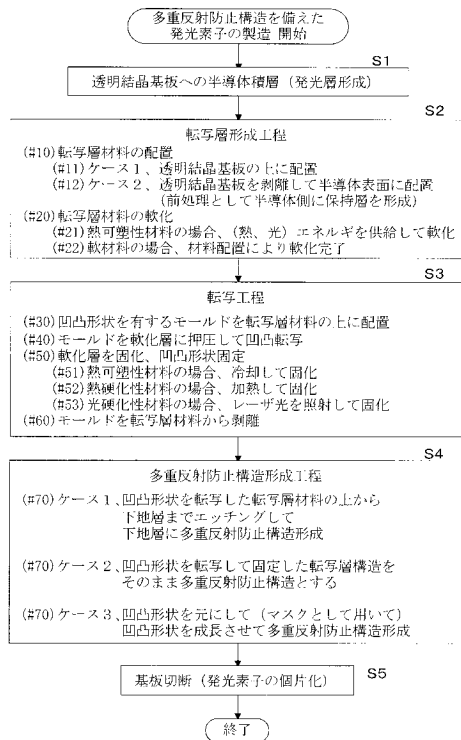
【図 2】



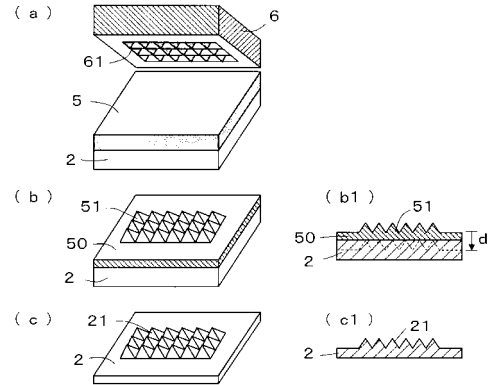
【図 3】



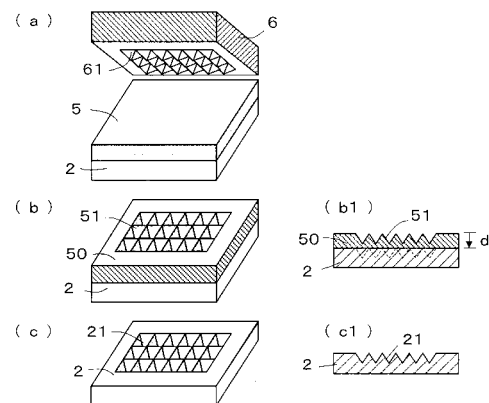
【図 4】



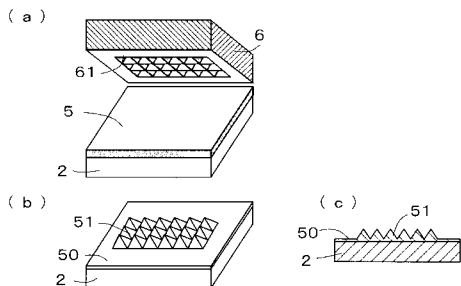
【図 5】



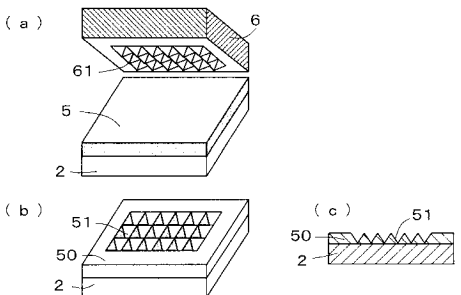
【図 6】



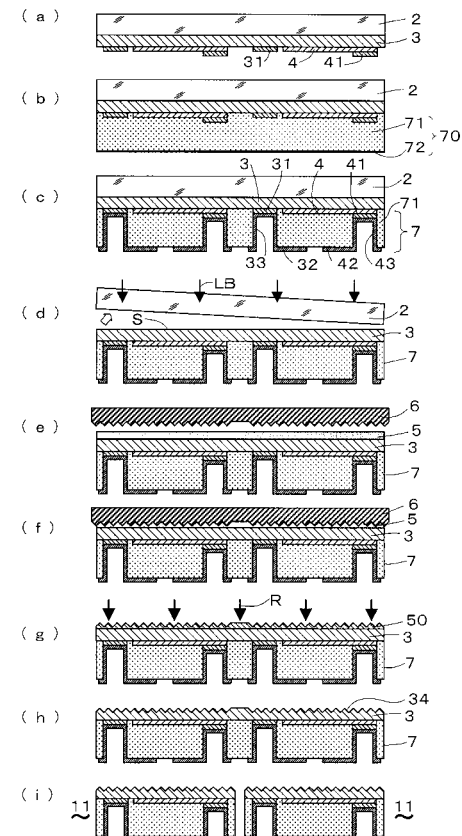
【図 7】



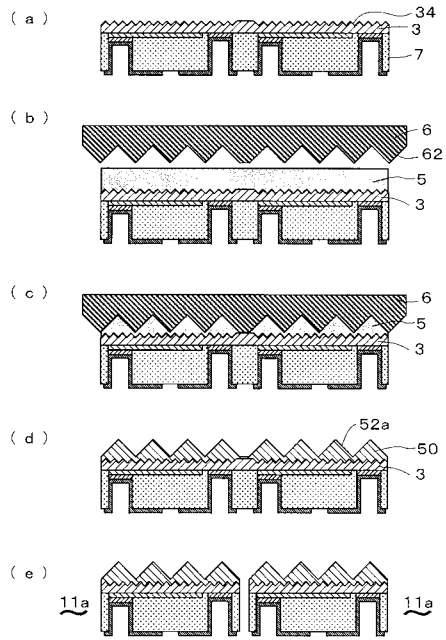
【図 8】



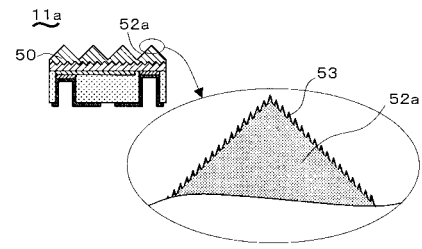
【図 9】



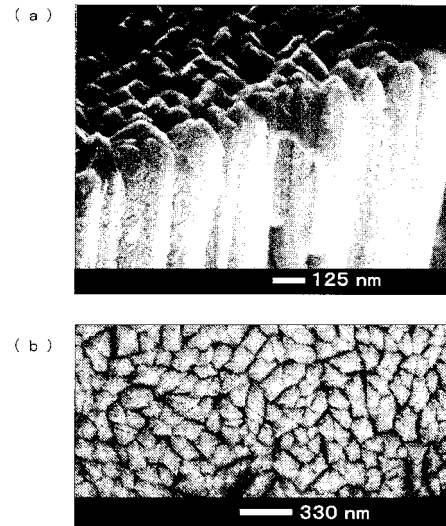
【図 10】



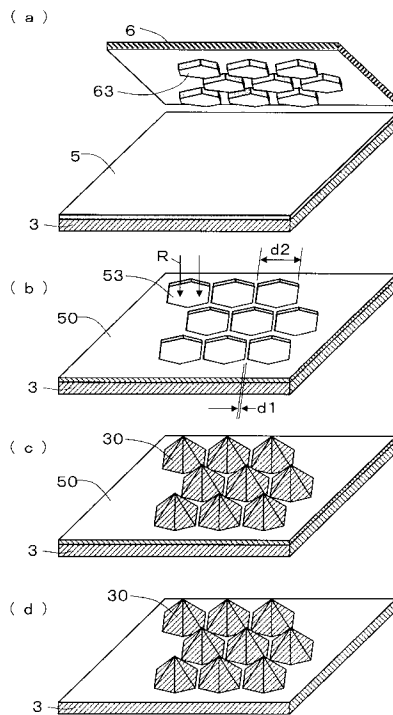
【図 11】



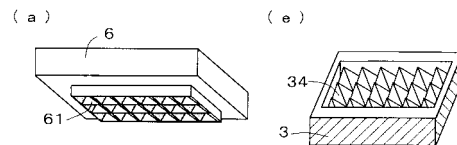
【図 12】



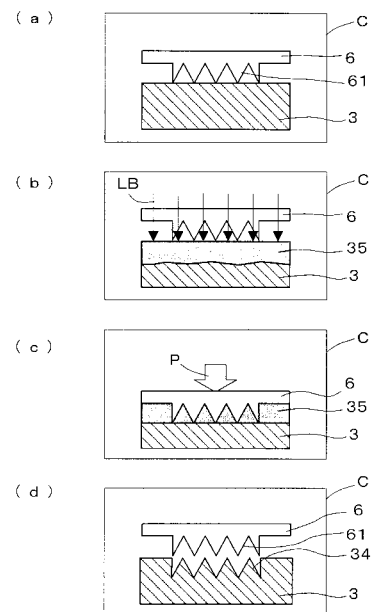
【図 13】



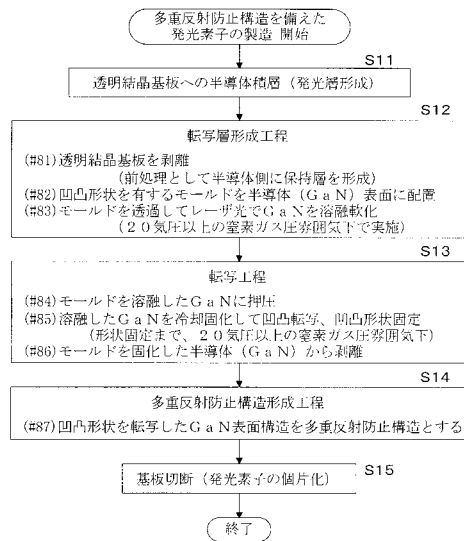
【図 14】



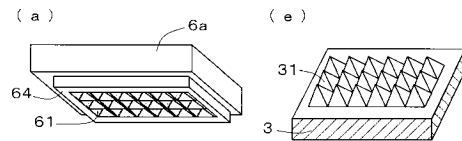
【図 15】



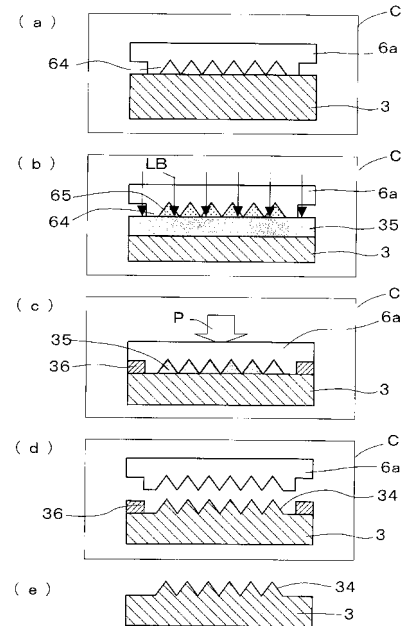
【図 16】



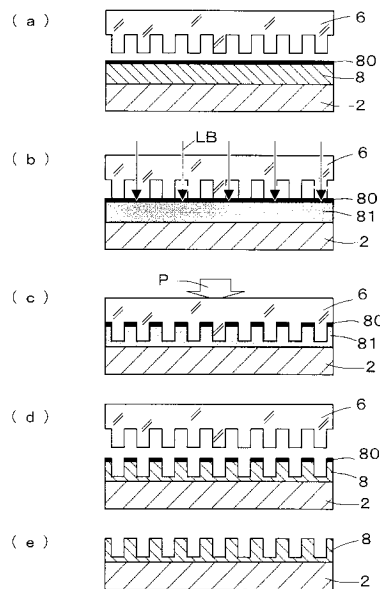
【図 17】



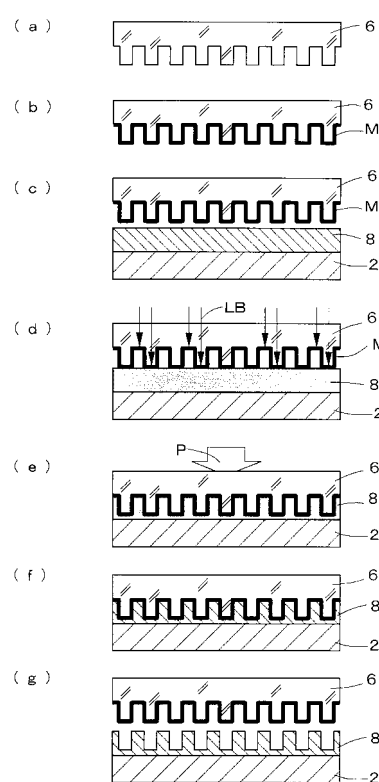
【図 18】



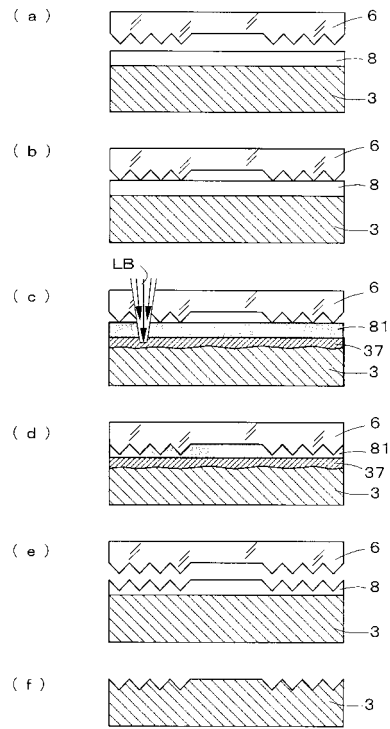
【図 19】



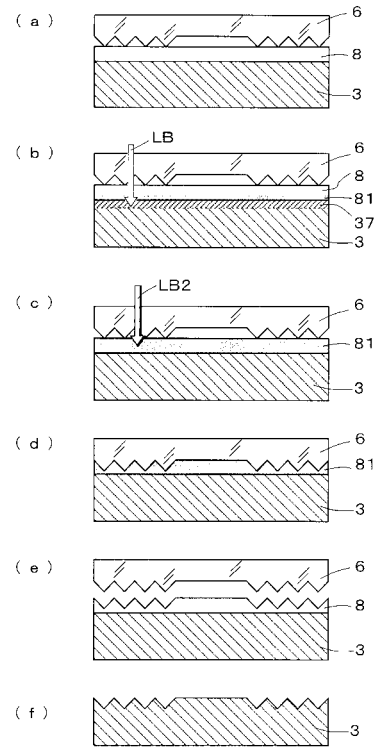
【図 20】



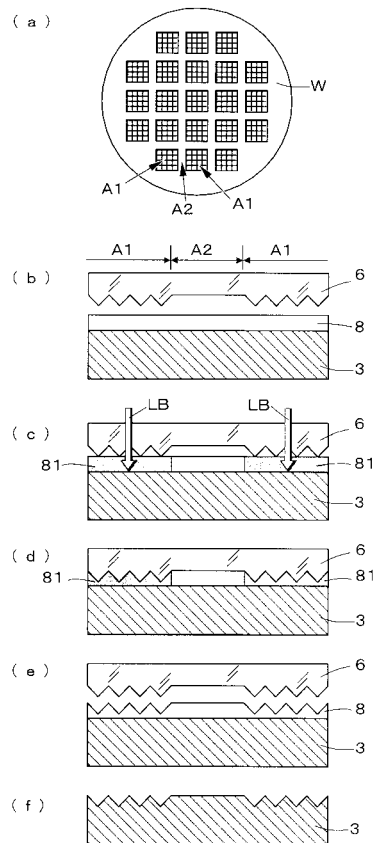
【図 2 1】



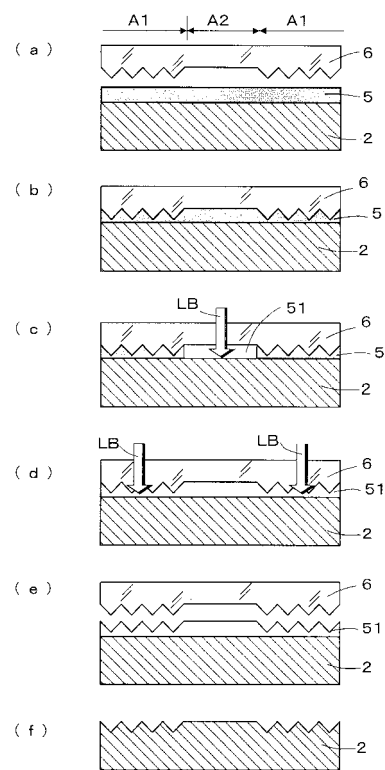
【図 2 2】



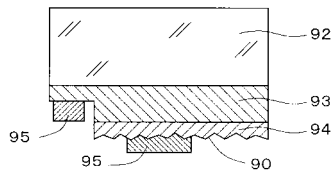
【図 2 3】



【図 2 4】



【図 25】



フロントページの続き

- (72)発明者 田中 健一郎
大阪府門真市大字門真1048番地 松下電工株式会社内
- (72)発明者 梶井 幹生
大阪府門真市大字門真1048番地 松下電工株式会社内

審査官 檀本 英吾

- (56)参考文献 特開2003-209283 (JP, A)
特開2003-046124 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01L 33/00