

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5036840号
(P5036840)

(45) 発行日 平成24年9月26日(2012.9.26)

(24) 登録日 平成24年7月13日(2012.7.13)

(51) Int.Cl.

F I

H O 1 L 33/38 (2010.01)

H O 1 L 33/00 2 1 0

H O 1 L 33/42 (2010.01)

H O 1 L 33/00 2 2 2

請求項の数 2 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2010-70230 (P2010-70230)
(22) 出願日 平成22年3月25日(2010.3.25)
(65) 公開番号 特開2011-204875 (P2011-204875A)
(43) 公開日 平成23年10月13日(2011.10.13)
審査請求日 平成23年12月1日(2011.12.1)

早期審査対象出願

(73) 特許権者 000003078
株式会社東芝
東京都港区芝浦一丁目1番1号
(74) 代理人 100108062
弁理士 日向寺 雅彦
(72) 発明者 鎌倉 孝信
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社
東芝内

審査官 百瀬 正之

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 発光素子

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

発光層を有する半導体積層体と、
島状または網状の凸部が設けられた第1の面と、前記半導体積層体との間でオーミック
コンタクトを可能とする第2の面と、を有する透明電極と、
前記第1の面における前記凸部の上面に設けられた合金層と、
前記合金層の上面に設けられたパッド電極と、
を備え、
前記合金層は、前記透明電極を構成する元素と、前記パッド電極を構成する元素と、を
含み、
前記第1の面における前記凸部の周囲の底面は、前記透明電極が露出してなることを特
徴とする発光素子。

【請求項 2】

島状の前記凸部の平均ピッチ、および網状の前記凸部の周囲の前記底面の平均ピッチ、
の少なくともいずれかは10nm以上～3μm以下の範囲であることを特徴とする請求項
1記載の発光素子。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、発光素子に関する。

【背景技術】

【0002】

発光素子の上面を光取り出し側とする場合、ワイヤボンディングを行うパッド電極の面積が広いと放出光が遮られ光取り出し効率が低下する。

【0003】

発光層を含む半導体積層体とパッド電極との間に透明電極を設けると、キャリアを発光層の面内に広げパッド電極を小さくすることができる。このために、光取り出し効率を改善できる。

【0004】

しかし、ボンディングワイヤと平坦な表面のパッド電極とのボンディング接着強度を保とうとすると、ボンディングワイヤのつぶれ径は $80 \sim 100 \mu\text{m}$ などと大きくなり、パッド電極の面積の縮小には限界がある。このため、 100 lm/w 以上の発光効率を有する発光素子のチップサイズは、通常では $200 \mu\text{m} \times 200 \mu\text{m}$ 以上の大きさとなる。

【0005】

特許文献1には、透光性電極を有するp側電極を備えた窒化物半導体素子が開示されている。この例では、透光性電極の表面に放出光を散乱または回折する凹凸が形成されており、光取り出し効率が改善される。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2006-128227号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

光取り出し効率が改善され、かつチップサイズの縮小が容易な発光素子を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の一態様によれば、発光層を有する半導体積層体と、島状または網状の凸部が設けられた第1の面と、前記半導体積層体との間でオーミックコンタクトを可能とする第2の面と、を有する透明電極と、前記第1の面における前記凸部の上面に設けられた合金層と、前記合金層の上面に設けられたパッド電極と、を備え、前記合金層は、前記透明電極を構成する元素と、前記パッド電極を構成する元素と、を含み、前記第1の面における前記凸部の周囲の底面は、前記透明電極が露出してなることを特徴とする発光素子が提供される。

【発明の効果】

【0010】

光取り出し効率が改善され、かつチップサイズの縮小が容易な発光素子が提供される。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】図1(a)は第1の実施形態にかかる発光素子の模式平面図、図1(b)はA-A線に沿った模式断面図、図1(c)は部分拡大模式断面図、である。

【図2】図2(a)は第1の実施形態の発光素子を用いた発光装置の模式断面図、図2(b)はその部分拡大模式断面図、である。

【図3】図3(a)～(f)は、第1の実施形態にかかる発光素子の製造方法の工程断面図である。

【図4】図4(a)～(c)はパッド電極を形成する工程断面図、図3(d)および(e)は部分拡大模式平面図、である。

【図5】図5(a)～(d)は第2の実施形態にかかる発光素子の製造方法の工程断面図、図5(e)および(f)は模式平面図、である。

【図6】図6(a)～(g)は第3の実施形態にかかる発光素子の製造方法の工程断面図

10

20

30

40

50

、図 6 (h) および (i)) は模式平面図、である。

【図 7】図 7 (a) は第 4 の実施形態にかかる発光素子の模式平面図、図 7 (b) は E - E 線に沿った模式断面図、である。

【図 8】第 5 の実施形態にかかる発光素子の模式断面図である。

【図 9】図 9 (a) は第 6 の実施形態にかかる発光素子の模式平面図、図 9 (b) は F - F 線に沿った模式断面図、である。

【図 10】図 10 (a) および (b) は、合金層の近傍の模式断面図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 2 】

以下、図面を参照しつつ、本発明の実施の形態について説明する。

10

図 1 (a) は本発明の第 1 の実施形態にかかる発光素子の模式平面図、図 1 (b) は A - A 線に沿った模式断面図、図 1 (c) は領域 B の部分拡大模式断面図、である。

基板 10 の上には、接着層 12 を介して、半導体積層体 22 が設けられている。半導体積層体 22 の上には、透明電極 30、パッド電極 32、がこの順序で積層されている。また、基板 10 の下面には下部電極 34 が設けられている。パッド電極 32 は、例えば直径が R P の円とする。

【 0 0 1 3 】

半導体積層体 22 は、基板 10 の側から、第 1 導電型のクラッド層 14、発光層 16、第 2 導電型のクラッド層 18、第 2 導電型の電流拡散層 20、などを少なくとも含み、この順序で積層されている。なお、基板 10 を透光性材料とすると、基板 10 における光吸収を低減し光取り出し効率を高めることができる。

20

【 0 0 1 4 】

図 1 (c) は、透明電極 30 およびパッド電極 32 を含む領域 B の拡大図である。透明電極 30 の第 1 の面 30 a は、高さ (段差) D の凸部 30 c の上面 30 d と、その側面 30 e と、凸部 30 c の周囲に設けられた底面 30 f と、を有する。パッド電極 32 は、凸部 30 c の上面 30 d および底面 30 f の上に設けられる。なお、図 1 (c) では、パッド電極 32 は凸部 30 c の側面 30 e にも接触している。また、透明電極 30 の第 1 の面 30 a の反対側の第 2 の面 30 b は、半導体積層体 22 とオーミックコンタクトを形成している。

【 0 0 1 5 】

30

図 2 (a) は第 1 の実施形態にかかる発光素子を用いた発光装置の模式断面図、図 2 (b) はその部分拡大模式断面図、である。

Au などからなるボンディングワイヤ 60 は、キャピラリなどを介して超音波が印加されつつ第 1 のリード 62 の上に設けられた発光素子 5 のパッド電極 32 と熱圧着される。また、ボンディングワイヤ 60 は、第 2 のリード 64 の端部と、同様な工程で熱圧着される。

【 0 0 1 6 】

パッド電極 32 は表面に凹凸を有している。図 2 (b) のように、ボンディングワイヤ 60 の先端部は、パッド電極 32 の凹部へ食い込みつつ、凸部の上面 32 a、凸部の側面 32 b、凸部 30 c の周囲の底面 32 c、などに熱圧着される。Au からなるボンディングワイヤ 60 は、放電によりワイヤの先端部が局所的に 1000 近傍に熱せられ、表面張力などにより形状がボール形状となる。

40

【 0 0 1 7 】

ボール状のボンディングワイヤ 60 の先端は、キャピラリの先端部によりパッド電極 32 の上面 32 a に押しつけられる。この場合、ボール状のワイヤ先端部は、パッド電極 32 の凸部の上面 32 a、側面 32 b、底面 32 c、などの広い接合面積に押しつけられ、つぶれて広がる。また、ボール状のワイヤ先端部が凸部 30 c の段差に食い込みアンカー効果を生じる。このために、表面が平坦であるパッド電極と比較して、ワイヤボンディング接着強度を高めることが容易となる。

【 0 0 1 8 】

50

また、発明者らが行った実験によれば、パッド電極32を、厚さ(T1)が20~200nmの範囲のAuからなるものとし、凸部30cの高さDを180nm、島状のパッド電極32の凸部の平均ピッチを10nm~3μmの範囲、とした場合、ワイヤボンディングに必要な放電電流、荷重、超音波出力が低減でき、ワイヤつぶれ径を小さくできることが判明した。他方、微小凹凸が形成されていない平坦なパッド電極では、超音波出力などをより大きくすることが必要であり、15~30μmの直径のAuワイヤが80~100μmの範囲の直径までつぶれが広がった。このために、パッド電極はこのワイヤつぶれ以上に大きくすることが必要であった。これに対して、第1の実施形態では、ワイヤのつぶれ径は、60μm以下とできた。また、パッド電極32の厚さを20nmと小さくしても接着強度を保つことができた。このために、パッド電極32のサイズを縮小でき、光取り出し効率(輝度)を高めることができた。

10

【0019】

なお、図2のように、発光素子5を覆うように設けられた樹脂層66に、蛍光体粒子を分散配置することができる。この場合、発光素子5の発光波長を紫外光~青紫色光の範囲とすると、蛍光体粒子による波長変換光を放出可能となる。このため、発光素子5の放出光と、波長変換光と、の混合光として白色光を得ることができる。

【0020】

図3(a)~(f)は、第1の実施形態にかかる発光素子の製造方法の工程断面図である。

半導体積層体22の材料は、InGaAlN系、InAlGaP系、AlGaAs系、などとできるが、これらに限定されるものではない。なお、本明細書において、InGaAlN系材料とは、組成式 $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_z\text{N}$ ($0 < x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq z \leq 1$)で表されるものとし、アクセプタやドナーとする元素を含んでもよいものとする。また、InAlGaP系材料とは、 $\text{In}_x(\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y})_{1-x}\text{P}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$)なる組成式で表され、ドナーやアクセプタとなる元素を含むものとする。さらに、AlGaAs系材料とは、 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ ($0 \leq x \leq 1$)なる組成式で表され、ドナーやアクセプタを含むものとする。

20

【0021】

図3において、半導体積層体22はInGaAlN系からなるものとする。また、第2導電型をp型とするが、本発明はこれに限定されずn型であってもよい。p型クラッド層の上方に設けられたp型GaNコンタクト層の上に必要に応じてTiを数nmと薄く設けたのち、スパッタ法などを用いてITO(Indium Tin Oxide)やZnOなどからなる透明電極30を数百nmの厚さで形成する。この場合、リフトオフ法を用いると、必要領域にのみ透明電極30を形成できる。

30

【0022】

続いて、フォトリソグラフィ材をスピンコート法により、例えば200nmの厚さで成膜する。PEP法などを用いて、パッド電極32とする領域のみを開口し、窒素雰囲気中かつ160℃でベーキングする。

【0023】

続いて、スピンコート法を用いてブロックコポリマー40を200nmの厚さでコートする(図3(a))。ブロックコポリマー40は、ポリスチレン(PS)-ポリメチルメタクリレート(PMMA)およびPMMAホモポリマーを、例えば等量混合し、PSホモポリマーおよびプロピレングリコールモノエーテルアセテート(PGMEA)を溶媒として調合する。ブロックコポリマー40は、例えば110℃でベーキングを行い、窒素雰囲気中で250℃のアニールで相分離ができる。すなわち、PSとPMMAが自己組織的に凝集し、数十から数百nmのPS層41が形成される(図3(b))。この場合、PSとPMMAの組成比を変えると、粒子径の大きさや粒子の占有率などを変えることができる。本実施形態では、占有率を50%の近傍などとする。

40

【0024】

続いて図3(c)のようにRIE(Reactive Ion Etching)を行うと、PMMAが選

50

択エッチングにより除去される。図3(d)は領域Bの拡大図であり、PS層41が、例えば10nm~3μmの範囲に分布した平均ピッチを有する島状パターンとして残る。平均ピッチが10nmよりも小さいと、ボンディングワイヤの先端部のボールの食いつきが不十分である。また、平均ピッチが3μmよりも大きいと、平坦な面に近づきボンディングワイヤの接着強度が不十分となる。なお、1つの島からみて、周囲の島との距離のうち、最短となる距離をピッチPIとする。また、その距離は、ランダムな形状の島状パターンを等しい面積の円と置き換え、その中心間の距離とする。このようにして、島状パターンの平均ピッチを、それぞれのピッチPIの平均値として定義する。

【0025】

続いて、Cl(塩素)を主成分とするガスを用いてRIEを行うと、島状のPS層41をマスクとして透明電極30に、図3(e)のような島状の凸部30cを有する第1の面30aを形成できる。続いて、パッド電極とする領域のPS層41を除去すると、図3(f)の拡大図(領域B)のように、凸部30cの上面30d、凸部30cの側面30e、凸部30cの周囲の底面30f、とから構成される透明電極30の第1の面30aができる。

【0026】

図4(a)~(c)はパッド電極を形成する工程断面図、図4(d)および(e)は部分拡大模式平面図、である。

図4(a)のように、AuまたはAlなどを含むパッド電極材を全面に形成する。図4(b)は、部分拡大模式断面図であり、透明電極30の第1の面30a上に、パターンが転写されたパッド電極32a、32bが形成される。この場合、例えば厚さが2nmのTiを透明電極30の上に設けると密着性を高めることができる。さらに、TiとAuとの間に、RhやHfのような高融点金属膜を数十nm設けると金属間の拡散や合金を抑制可能なバリア膜として作用させることができる。

【0027】

続いて、図4(c)のように、パッド電極の領域としない領域のパッド電極材をリフトオフ法により除去する。

【0028】

図4(d)は、図4(b)の模式平面図である。PSとPMMMAの分子量比率を1:3とすると、凸部30cは島状のパッド電極32となり、その周囲は連続した底面30fを構成するパッド電極32となる。また、PSとPMMMAとの分子量比率を3:1とすると、PMMMAが島状に凝集し反転パターンとできる。すなわち、図4(e)のように、凸部30cは網(メッシュ)状のパッド電極32となり、その開口部の底面30fを構成するパッド電極32が露出する。底面30fの平均ピッチは、例えば10nm~3μmの範囲に分布させることができる。なお、1つの網状の凸部の開口部の底面30fからみて、周囲の開口部の底面30fとの距離のうち、最短となる距離をピッチPBとする。また、その距離は、ランダムな形状の網状の凸部30cの開口部の底面30fを等しい面積の円と置き換え、その中心間の距離とする。このようにして、開口部の底面30fの平均ピッチを、それぞれのピッチPBの平均値として定義する。

【0029】

図5(a)~(d)は第2の実施形態にかかる発光素子の製造方法の工程断面図であり、図5(e)および(f)は模式平面図、である。

ブロックコポリマーの相分離、続くRIE工程までの工程は図3(a)~(c)までと同じとする。こののち、マスクとして用いたPS層41を残したまま、パッド電極32とするAu膜を全面に形成する(図5(a)および(b))。続いて、フォトリジスト膜42を除去し、パッド電極としない領域のAu膜およびPS層41を除去する。

【0030】

さらに透明電極30の凸部30cの上のPS層41を除去するとその上のAu膜が除去され、図5(c)および(d)の構造が得られる。すなわち、透明電極30の凸部30cの上面30dは島状であり、その周囲には連続した網状の底面30fの上にパッド電極3

10

20

30

40

50

2が、図5(e)のように設けられている。この工程で、マスクとするPS層41の厚さが足りない場合、ブロックコポリマー40を塗布する前に、例えばSiO₂を含む溶液を数百nmの厚さで塗布してもよい。なお、パッド電極32を透明電極30の凸部30cから突出させると、パッド電極32の表面にワイヤボンディングを行うことが容易となる。

【0031】

PSの比率を増大させると透明電極30の凸部30cの表面が連続した網状となり(図5(f))、その開口部に設けられたパッド電極32を囲む構造となる。第2の実施形態では、透明電極30の凸部30cのうち、ワイヤつぶれにより光が遮られる領域以外では、離間したパッド電極32の間から光が上方に通過可能であるので、光取り出し効率(輝度)がさらに高められる。

10

【0032】

図6(a)~(g)は第3の実施形態にかかる発光素子の製造方法の工程断面図、図6(h)および(i)は模式平面図、である。

図6(a)のように、透明電極30の全面にパッド電極材を形成し、ブロックコポリマー40、フォトレジスト膜42をこの順序で積層し、ブロックコポリマー40の相分離を行いPS層41を形成する(図6(b))。続いて、PEP法を用いて、フォトレジスト膜42をパターニングする(図6(c))。パッド電極とする領域以外のPS層41およびパッド電極材を除去する(図6(d))。

【0033】

PS層41をマスクに、Arを主成分とするガス雰囲気中でAuなどを含むパッド電極32のRIE加工を行い、Clを主成分とするガス雰囲気中で透明電極30のRIE加工を行う(図6(e))。さらに、PS層41を除去する(図6(f))。この結果、図6(g)のように、透明電極30の凸部30cの上面30dにパッド電極32が形成された発光素子が完成する。凸部30cの周囲の底面30fには、透明電極30が露出している。図6(h)は、透明電極30の凸部30cが島状のパッド電極32の構造である。この工程で、マスクとするPS層41の厚さが足りない場合、ブロックコポリマー40を塗布する前に、例えばSiO₂を含む液を数百nmの厚さで塗布してもよい。

20

【0034】

また、図6(i)において、PSの相対組成比を増加すると、凸部30cの上面30dが連続した網状となり、その開口部の底面30fが透明電極30とできる。第3の実施形態では、透明電極30の底面30fのうち、ワイヤつぶれにより光が遮られる領域以外では光が上方に通過可能であるので、光取り出し効率(輝度)がさらに高められる。

30

【0035】

第3の実施形態では、パッド電極32の側面および透明電極30の側面が、ボンディングワイヤのボールと接触可能となり、食い込みがより確実となる。ボールと接触しない領域では、例えば封止樹脂が凹凸に食い込み、接着をより確実にできる。

【0036】

次に、第1~第3の実施形態にかかる発光素子の輝度と、透明電極の上に平坦なパッド電極層(厚さ1μm)を有する比較例の輝度と、を光学シミュレーションによりそれぞれ比較した。

40

(表1)は、比較例にかかる発光素子の輝度に対する第1の実施形態にかかる発光素子の輝度の改善率(%)である。なお、第1の実施形態のパッド電極32は20nmの厚さを有するものとし、パッド電極32における光透過率を30%に設定した。

【0037】

【表 1】

透明電極寸法	透過率30%	ボール径80		ボール径70		ボール径60	
パッド径		110	100	100	90	90	80
300		1.7%	1.0%	1.5%	0.9%	1.3%	0.8%
250		2.5%	1.6%	2.2%	1.3%	1.9%	1.1%
200		4.4%	2.6%	3.7%	2.2%	3.2%	1.9%
170		6.9%	4.0%	5.7%	3.3%	4.7%	2.8%
140		13.3%	7.2%	10.2%	5.7%	8.0%	4.5%
110		51.6%	19.9%	28.3%	13.1%	18.5%	9.3%
90		—	—	—	43.3%	60.9%	21.4%

(単位: μm)

10

【0038】

(表1)から、透明電極30の寸法(正方形としその辺長で表す)をパッド電極32の外周径近傍とすると輝度改善効果が大いことが明らかである。また、同一の直径のパッド電極32の場合、ボンディングワイヤのつぶれ径を小さくすると、輝度の改善率をより高くすることができる。(表1)において、透明電極30の寸法を90 μm 角、パッド電極32の直径を90 μm 、ボールつぶれ径を60 μm とすると輝度の改善率を60.9%と一番高くできる。なお、試作において、輝度の改善率は略80%であった。

【0039】

次に、パッド電極32の厚さを200 nmとし、パッド電極32の光透過率を50%に設定した場合、比較例にかかる発光素子の輝度に対する第2の実施形態にかかる発光素子の輝度の改善率(%)を示す。

20

【0041】

この場合、透明電極30の寸法を90 μm 角、パッド電極32の外周径を90 μm 、ワイヤつぶれ径を60 μm 、とすると、輝度の改善率は101.4%と一番高くできた。また、実験における輝度の改善率は略100%であった。なお、パッド電極32は島状に離間していても直径をその分布の外周径で表すものとする。

【0042】

次に、パッド電極32の厚さは200 nmとし、パッド電極32の光透過率を70%に設定した場合、比較例にかかる発光素子の輝度に対する第3の実施形態にかかる発光素子の輝度の改善率(%)を示す。

30

【0044】

この場合、透明電極30の寸法を90 μm 角、パッド径を90 μm 、ボールつぶれ径を60 μm とすると、輝度の改善率は142%と一番高くできた。実験における輝度の改善率は、略150%であった。

【0045】

すなわち、第1～第3の実施形態において、ワイヤボンディング接着強度を高めることにより、ボールつぶれ径を小さくできる。このために、パッド電極32のサイズを縮小できる。さらに、パッド電極32の光透過率を30%以上とできるので、透明電極30のサイズをパッド電極32の外周径まで縮小しても高い輝度を保つことができる。このようにして、チップサイズの縮小が容易となる。

40

【0046】

さらにボールつぶれ径を小さくした場合の輝度の改善効果を示す。第2または第3の実施形態によりパッド電極32の光透過率は70%と設定した。

【0048】

透明電極30の寸法は70 μm 角、パッド電極32の外周径は70 μm 、ボールつぶれ径は40 μm 、とすると、輝度の改善率は172.1%と一番高くできた。このため、例えば、チップサイズを140 μm ×140 μm と縮小しても、チップサイズが250 μm ×250 μm の発光素子の輝度よりも略25%高い輝度とすることができる。

【0049】

50

次に、第 1 ~ 第 3 の実施形態にかかる発光素子の信頼性試験の結果を示す。

【 0 0 5 1 】

パッド電極 3 2 の厚さが 2 0 n m の比較例では、マイナス 4 0 と 1 1 0 との繰り返し温度サイクル実装試験において、4 0 0 サイクルで 2 0 個すべてがオープン不良となった。これに対して第 1 ~ 第 3 の実施形態にかかる発光素子では、2 0 0 0 サイクル経過後においてもオープン不良を生じなかった。

【 0 0 5 2 】

図 7 (a) は第 4 の実施形態の模式平面図、図 7 (b) は E - E 線に沿った模式断面図、である。

I n G a A l N からなる窒化物系デバイスでは、透明または不透明の基板 8 0 上に半導体積層体 8 9 を形成する。半導体積層体 8 9 は、コンタクト層 8 2、クラッド層 8 3、発光層 8 4、クラッド層 8 5、コンタクト層 8 6、などを有している。また、透明基板としてはサファイヤや Z n O、不透明基板としては S i 基板、などを用いることができる。いずれも格子定数が大きく異なるため、バッファ層の形成プロセスや、基板 8 0 の面方位を選んだり、また、基板 8 0 自身に、数十 μ m 程度の周期構造の凸凹加工をしたりして、発光効率を上げる工夫がされる。この場合、基板 8 0 と同一の側にパッド電極 9 0 および下部電極 9 2 が設けられる。少なくとも発光層 8 4 の上方のパッド電極 9 0 は第 1 ~ 第 3 の実施形態のパッド電極とする。もちろん反対導電型の下部電極 9 2 も本実施形態のパッド電極構造としてもよい。なお、下部電極 9 2 とコンタクト層 8 2 との間に透明電極をさらに設けてもよい。

【 0 0 5 3 】

この場合、半田ボールや A u ボールなどからなるバンプを用いて、チップをフリップチップ構造によりパッケージに接着することができる。パッケージの接着面の側に、光反射層を設ければ、パッド電極 9 0 や下部電極 9 2 を透過した光を上方または側方に向かって反射できるので、光取り出し効率をより高めることができる。

【 0 0 5 4 】

図 8 は、第 5 の実施形態の模式断面図である。

透明電極を設けずに、オーミック電極 8 7 とパッド電極 9 0 との間でオーミックコンタクトを形成することも可能である。この場合、半導体積層体 8 9 の表面に段差を設ければよい。また、基板 8 0 を導電性基板とすれば、下部電極 9 2 を基板 8 0 の裏面側に設けることができる。

【 0 0 5 5 】

透明電極を設けず、パッド電極 9 0 を島状とした場合、つぶれたボンディングワイヤにより接続されていない領域の島からは半導体積層体 8 9 へキャリアが注入されない。このために、光出力が低下することになる。他方、パッド電極 9 0 が網状であればキャリア注入が減少することを抑制できる。

【 0 0 5 6 】

第 5 の実施形態において、ワイヤボンディング接着強度を高めることにより、ボールつぶれ径を小さくできる。このために、パッド電極 3 2 のサイズを縮小し、パッド電極 3 2 による遮光量を低減できる。さらに、パッド電極 3 2 の透過率を 3 0 % 以上とし、高い輝度を保つことができる。このようにして、チップサイズの縮小が容易となる。

【 0 0 5 7 】

図 9 (a) は第 6 の実施形態の模式平面図、図 9 (b) は F - F 線に沿った模式断面図、である。

半導体積層体 2 2 を、結晶成長基板ではない基板 9 8 と、接着層 9 7 を介してウェーハ接着することができる。この場合、半導体積層体 2 2 と、接着層 9 7 と、の間に反射層 9 5 を設けることが容易である。このために光取り出し効率をさらに高めることができる。

【 0 0 5 8 】

図 1 0 (a) および (b) は、合金層の模式断面図である。

パッド電極 3 2 と、I T O などからなる透明電極 3 0 と、の間、またはオーミック電極

10

20

30

40

50

８７と、半導体積層体２２と、の間、には３００～５００ 近傍の熱処理により薄い合金層９９が形成される。パッド電極３２の厚さを、２０ｎｍと小さくしても合金層９９が形成され光吸収を生じる。図１０（ａ）の第２の実施形態、および図１０（ｂ）の第３の実施形態において、合金層９９はパッド電極３２と接する領域のみに形成され、光が透過する上面３０ｃおよび底面３０ｆには形成されないで光吸収を低減できる。

【００５９】

第１～第６の実施形態にかかる発光素子では、パッド電極の光透過率およびワイヤボンディング接着強度を高め、輝度を高く保ちつつチップサイズの縮小が容易な発光素子が可能となる。このために、発光素子チップの量産性が改善され、その結果として価格が低減できる。このような発光素子は、照明装置、表示装置、信号機、などに広く用いることができる。

10

【００６０】

以上、図面を参照しつつ、本発明の実施の形態について説明した。しかしながら本発明は、これらの実施形態に限定されない。本発明を構成する半導体積層体、透明電極、パッド電極、凸部、段差、の材質、サイズ、形状、配置などに関して、当業者が設計変更を行ったものであっても、本発明の主旨を逸脱しない限り、本発明の範囲に包含される。

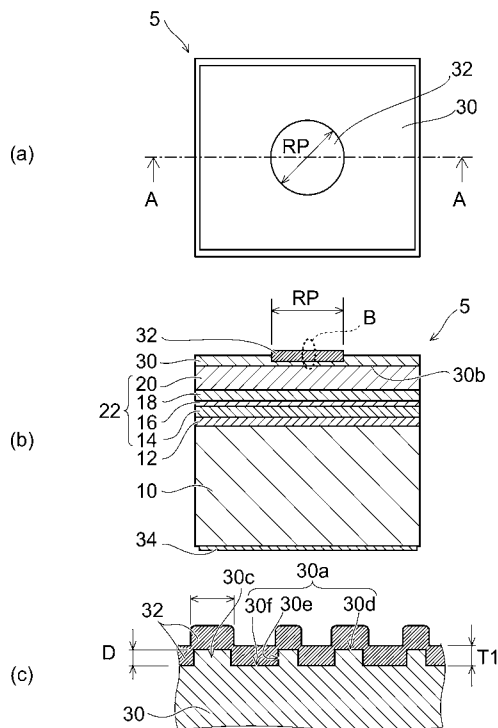
【符号の説明】

【００６１】

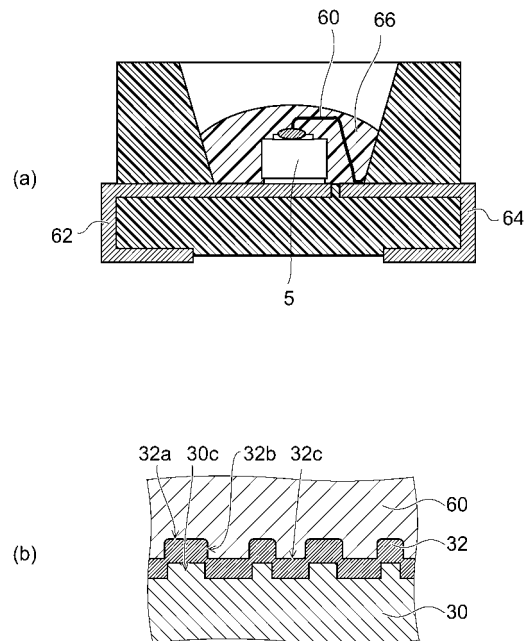
５ 発光素子、１６、８４ 発光層、２２、８９ 半導体積層体、３０、８８ 透明電極、３０ｃ 凸部、３０ｄ 上面、３０ｅ 側面、３０ｆ 底面、３２、９０ パッド電極

20

【図１】



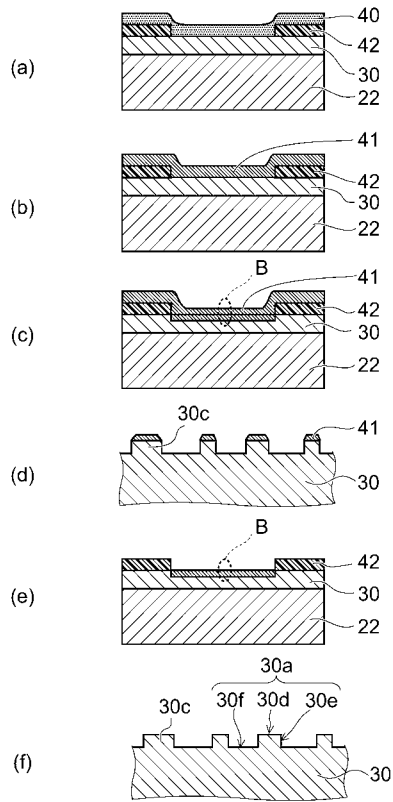
【図２】



60: ボンディングワイヤ 62: 第1のリード 64: 第2のリード 66: 樹脂層

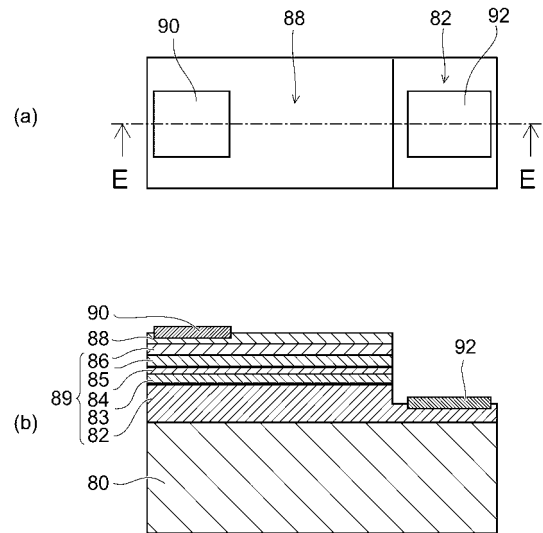
5: 発光素子 10: 基板 12: 接着層 14: クラッド層 16: 発光層 18: クラッド層
20: 電流拡散層 22: 半導体積層体 30: 透明電極 30a: 第1の面 32: パッド電極
34: 下部電極

【図 3】



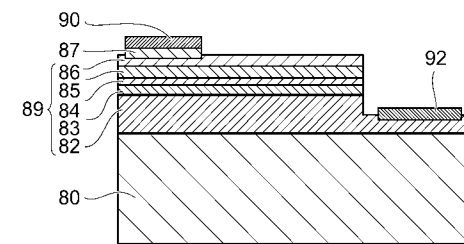
40:ブロッコポリマー 41:PS層 42:フォトレジスト膜

【図 7】



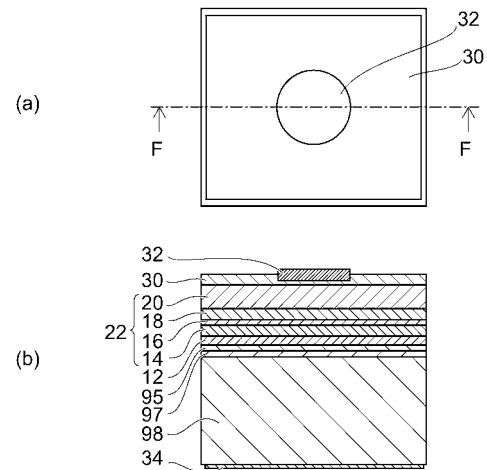
80:基板 82:コンタクト層 83:クラッド層 84:発光層 85:クラッド層
86:コンタクト層 88:透明電極 89:半導体積層体 90:パッド電極
92:下部電極

【図 8】



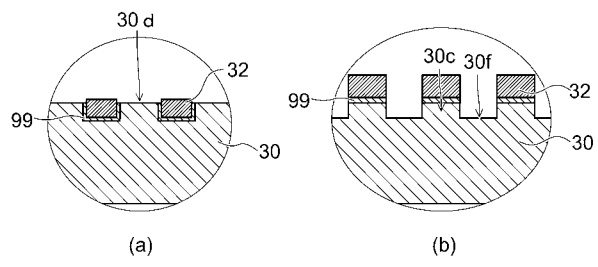
87:オーミック電極

【図 9】



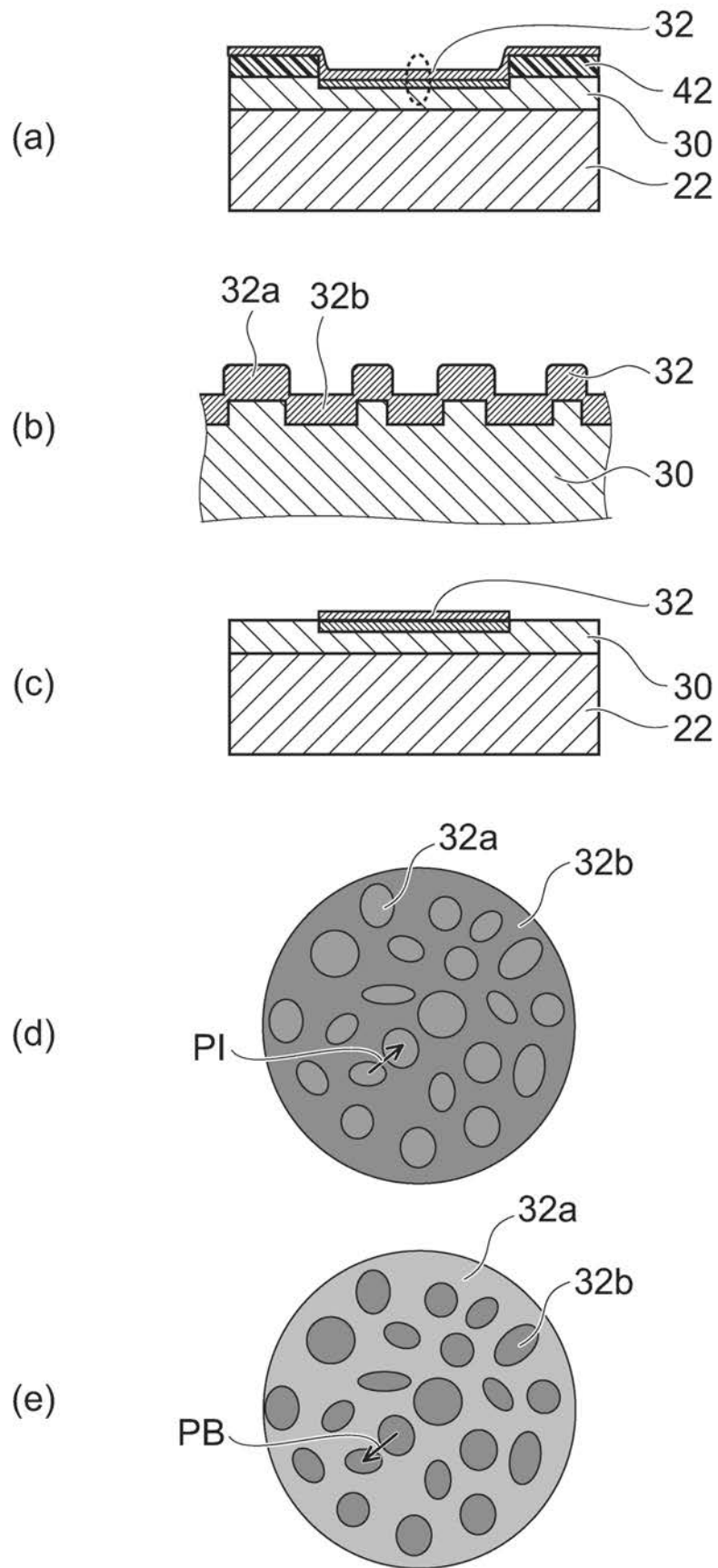
95:反射層 97:接着層 98:基板

【図 10】

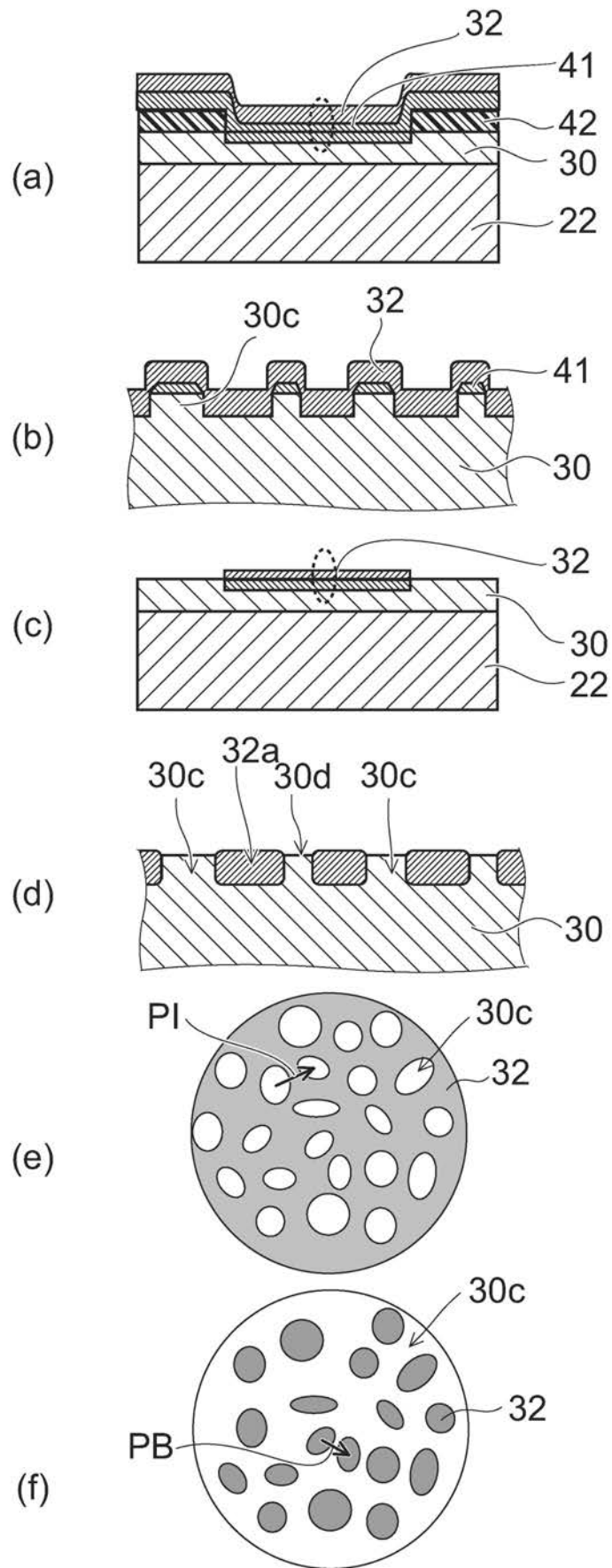


99: 合金層

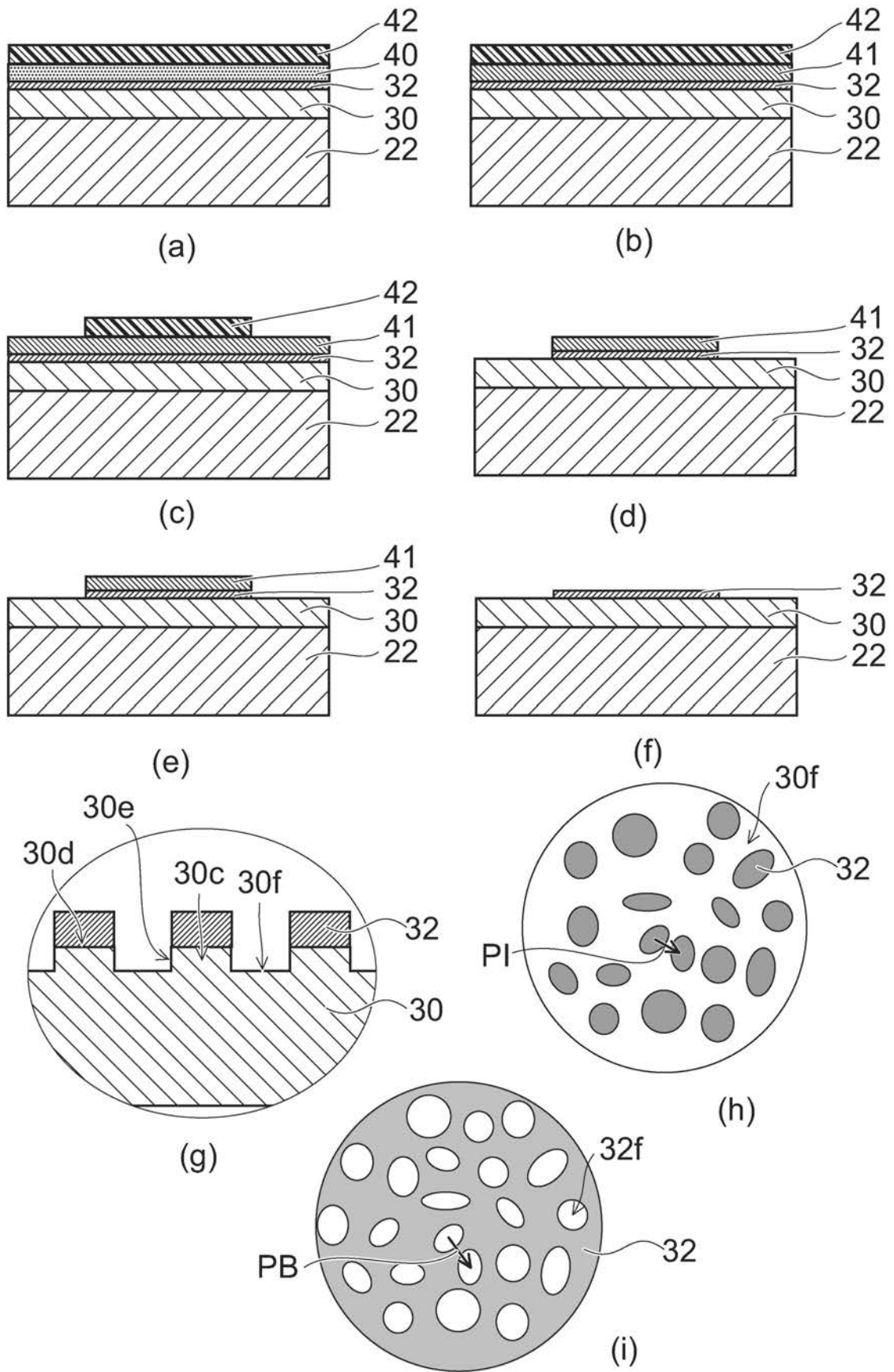
【 図 4 】



【図5】



【図 6】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2008-294306(JP,A)
特開2009-260237(JP,A)
特開2006-128227(JP,A)
特開2007-281037(JP,A)
特開2000-196152(JP,A)
特開2006-324324(JP,A)
特開2010-287761(JP,A)
特開2011-119333(JP,A)
特開2009-140965(JP,A)
特開2006-114813(JP,A)
特開2008-294188(JP,A)
特開平6-275867(JP,A)
特開2008-282966(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 33/00 - 33/64