

(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2005-94043

(P2005-94043A)

(43) 公開日 平成17年4月7日(2005.4.7)

(51) Int.Cl.⁷
H01L 33/00F I
H01L 33/00C
テーマコード (参考)
5 F O 4 1

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2004-367183 (P2004-367183)	(71) 出願人	000005821
(22) 出願日	平成16年12月20日 (2004.12.20)		松下電器産業株式会社
(62) 分割の表示	特願平10-342864の分割		大阪府門真市大字門真1006番地
原出願日	平成10年12月2日 (1998.12.2)	(74) 代理人	100097445
			弁理士 岩橋 文雄
		(74) 代理人	100103355
			弁理士 坂口 智康
		(74) 代理人	100109667
			弁理士 内藤 浩樹
		(72) 発明者	奥 保成
			大阪府門真市大字門真1006番地 松下
			電器産業株式会社内
		(72) 発明者	亀井 英徳
			大阪府門真市大字門真1006番地 松下
			電器産業株式会社内

最終頁に続く

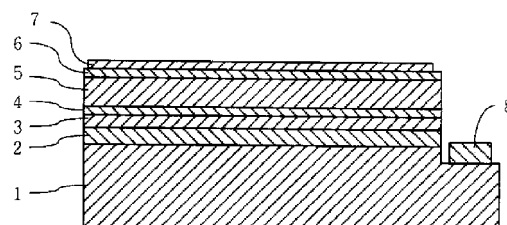
(54) 【発明の名称】窒化ガリウム系化合物半導体発光素子

(57) 【要約】

【課題】窒化ガリウム系化合物半導体からなる基板を用い、この基板の側を主発光面側とする発光素子において、発光素子直上での配光特性を改善するとともに、発光強度を高く保持することができる新規な構造を提供することを目的とする。

【解決手段】n型の窒化ガリウム系化合物半導体からなる基板1の上に、窒化ガリウム系化合物半導体からなるn型クラッド層2と活性層3とp型クラッド層との積層構造が設けられ、前記基板1に接続される電極を有する半導体発光素子において、前記電極を、前記積層構造の表面側からその一部を除去させて露出された前記基板1の表面に直接接して設けることによって、主発光面側に配置される電極を不要とし発光素子直上の配光分布を均一なものとすることができる。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

n 型の窒化ガリウム系化合物半導体からなる基板の上に、窒化ガリウム系化合物半導体からなる n 型クラッド層と活性層と p 型クラッド層との積層構造が設けられ、前記基板に接続される電極を有する半導体発光素子であって、前記電極は、前記積層構造の表面側からその一部を除去させて露出された前記基板の表面に直接接して設けられていることを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

【請求項 2】

前記 n 型クラッド層は、その電子濃度が $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 以上で $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 未満であることを特徴とする請求項 1 記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

10

【請求項 3】

前記 n 型クラッド層は、GaN からなることを特徴とする請求項 2 記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は発光ダイオードに利用される半導体発光素子に係り、特に窒化ガリウム系化合物半導体からなる基板を用いた窒化ガリウム系化合物発光素子に関する。

【背景技術】

【0002】

窒化ガリウム系化合物半導体は、可視光発光デバイスや高温動作電子デバイス用の半導体材料として多用されるようになっており、青色や緑色の発光ダイオードの分野での展開が進んでいる。

20

【0003】

可視光で発光可能な窒化ガリウム系化合物半導体発光素子は、基本的には、サファイアや SiC 等からなる基板の上にバッファ層を介して、n 型クラッド層と、発光層となる InGa_xN_{1-x} からなる活性層と、p 型クラッド層とを積層させたものが主流である。特に、近來では、基板にサファイアを用い、有機金属気相成長法により、GaN や AlN 等からなる低温成長バッファ層を介してダブルヘテロ構造を成長させたものは、高輝度で信頼性が高く、屋外用のパネルディスプレイ用発光ダイオード等に広く用いられるようになってきている。

30

【0004】

しかしながら、最近、GaN からなる基板が作製されるようになり、これを用いた窒化ガリウム系化合物半導体発光素子がいくつか提案されるようになってきている。例えば、特開平 7 94784 号公報には、GaN を基板とし基板の上に p-n 接合を含む積層体を形成させた青色発光素子が開示されている。この公報によれば、GaN を基板として用い他の赤色発光ダイオード等と同様に対向する電極の間に基板が存在する構造が可能となり、電極位置に対する制約をなくすることができるとされている。

【0005】

また、特開平 10 150220 号公報においては、n 型 GaN からなる基板を用い、基板の側を主発光面側とすることができる発光素子が開示されている。

40

【0006】

図 2 は、上記公報において示された従来の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の構造を示す断面図である。n 型の GaN からなる基板 11 の上には、n 型クラッド 12 層と、活性層 13 と、p 型クラッド層 14 とが順次積層されており、基板 11 の積層面側でない一面の上の一部に n 側電極 15 が設けられ、p 型クラッド層 14 の上の全面にわたって p 側電極 16 が設けられている。p 側電極 16 を下向きに実装することにより、n 側電極 15 を設けた面の側を主発光面側とし、面発光を得ることができる。このような構成によれば、電流・光出力特性が改善された安価な発光素子を提供することができるとされている。

50

【特許文献１】特開平 7 9 4 7 8 4 号公報

【特許文献２】特開平 1 0 1 5 0 2 2 0 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 7 】

図 2 に示す構造の発光素子においては、GaN からなる基板 1 1 が活性層 1 3 からの発光に対し透明であるので、基板 1 1 に設けた n 側電極 1 5 の側を主発光面とすることができる。この n 側電極 1 5 は、通常、ワイヤボンディング用のパッドとして用いられるため、発光に対し透過性を有しない程度の厚膜で形成される。

【 0 0 0 8 】

したがって、この電極の下に活性層 1 3 で発せられ基板 1 1 の主発光面の側へ向かう光は、厚膜の n 側電極 1 5 で遮られてしまうこととなる。このため、発光素子の上方における配光特性は、n 側電極 1 5 を形成した領域の上部で落ち込む凹状の分布となる。このような分布の配光特性は、発光素子直上で均一な配光特性と高い発光強度を必要とする用途においては望ましくないという問題がある。

【 0 0 0 9 】

このような凹状の分布を回避しようとして主発光面となる基板 1 1 の面積を大きくするために n 側電極 1 5 のサイズを小さくすると、ワイヤボンディングの作業が困難となるので、n 側電極 1 5 のサイズを小さくすることは好ましくない。したがって、ボンディング等の電氣的接続の作業性を確保してもなお発光特性を改善することができる発光素子が望

【 0 0 1 0 】

本発明において解決すべき課題は、窒化ガリウム系化合物半導体からなる基板を用い、この基板の側を主発光面側とする発光素子において、発光素子直上での配光特性を改善するとともに、発光強度を高く保持することができる新規な構造を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 1 】

本発明は、n 型の窒化ガリウム系化合物半導体からなる基板の上に、窒化ガリウム系化合物半導体からなる n 型クラッド層と活性層と p 型クラッド層との積層構造が設けられ、前記基板に接続される電極を有する半導体発光素子であって、前記電極は、前記積層構造の表面側からその一部を除去させて露出された前記基板の表面に直接接して設けられていることを特徴とする。

【 0 0 1 2 】

また、本発明においては、前記 n 型クラッド層は、その電子濃度が $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 以上で $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 未満であることを特徴とする。

【 0 0 1 3 】

このような構成によれば、基板の側を主発光面側とする発光素子において、発光素子直上での配光特性を改善することができるのと同時に、発光強度を高く保持することが可能となる。

【発明の効果】

【 0 0 1 4 】

以上のように本発明によれば、窒化ガリウム系化合物半導体からなる基板を用い、この基板の側を主発光面側とする発光素子において、発光素子直上での配光特性を改善するとともに、発光強度を高く保持することができるので、発光素子直上で均一な配光分布が望まれる表面実装型発光ダイオードや発光素子を基板上に複数配列させたライン状光源などの用途に好適に用いることができる。

また、発光素子直上での発光強度を高く保持することができるので、従来の砲弾形状の樹脂レンズ付き発光ダイオードにも用いることができる。

さらに、n 側電極の配置と n 型クラッド層の電子濃度の条件を特定することにより、n 型の基板と n 型クラッド層における電流広がりが確保されるので、n 側電極のサイズを小さ

10

20

30

40

50

くすることが可能となる。このため、Auバンプ等による電氣的接続を用いることができるので、電極サイズによるワイヤボンディング等の作業性の制約が解消され、電氣的接続の作業性が確保される。

【発明を実施するための最良の形態】

【0015】

請求項1に記載の発明は、n型の窒化ガリウム系化合物半導体からなる基板の上に、窒化ガリウム系化合物半導体からなるn型クラッド層と活性層とp型クラッド層との積層構造が設けられ、前記基板に接続される電極を有する半導体発光素子であって、前記電極は、前記積層構造の表面側からその一部を除去させて露出された前記基板の表面に直接接して設けられていることを特徴とするものであり、基板側を主発光面側とする場合に発光素子直上での配光特性をほぼ均一なものとすることができるという作用を有する。 10

【0016】

請求項2に記載の発明は、請求項1に記載の発明において、前記n型クラッド層は、その電子濃度が $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 以上で $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 未満であることを特徴とするものを特徴とするものであり、n側電極から基板へ注入された電子が基板とn型クラッド層との界面で広がりやすくなるという作用を有する。

【0017】

請求項3に記載の発明は、請求項2に記載の発明において、前記n型クラッド層は、GaNからなることを特徴とするものであり、n型クラッド層の結晶性を良好なものとすることができるとともに、電子濃度を上記範囲に制御しやすいという作用を有する。 20

【0018】

以下に、本発明の実施の形態の具体例を、図1を参照しながら説明する。

【0019】

(実施の形態)

図1に、本発明の一実施の形態に係る窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の構造を示す断面図を示す。

【0020】

図1において、n型のGaNからなる基板1の上に、GaNからなるn型クラッド層2と、InGaNからなる活性層3と、GaNからなる第一p型クラッド層4と、AlGaNからなる第二p型クラッド層5と、InGaNからなるp型コンタクト層6とが、が順次積層されている。p型コンタクト層6の表面上にはp側電極7が形成されており、p型コンタクト層6の表面側から、p型コンタクト層6と第二p型クラッド層5と第一p型クラッド層4と活性層3とn型クラッド層2と基板1の一部をエッチングにより除去して露出された基板1の表面上に、n側電極8が形成されている。 30

【0021】

基板1には、n型窒化ガリウム系化合物半導体を使用することができる。中でも、製造が比較的容易で、かつ比較的結晶性の良好なものが得られるGaNからなるものを使用することが好ましい。基板1にはSiやGe等のn型不純物がドーピングされて、その電子濃度を $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ から $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ の範囲に制御されたものを用いる。電子濃度が $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ よりも低くなると、抵抗率が高くなり基板1に注入された電子が基板1で広がりにくくなる傾向にあるからであり、 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ よりも高くなると、n型不純物を高濃度にドーピングしたことに起因して基板1の結晶性が悪くなる傾向にあるからである。 40

【0022】

n型クラッド層2には、活性層3よりもバンドギャップの大きいn型の窒化ガリウム系化合物半導体を用いることができ、その電子濃度を $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 以上で $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 未満とすることが望ましい。電子濃度をこの範囲に特定することで、基板1との電子濃度の差、すなわち抵抗率の差を大きくとることができ、基板1とn型クラッド層2との界面において、基板1の電子が面内で十分に広がり、これにより活性層3への均一な電子の注入が実現できるため、活性層3における発光分布が均一となり、その結果、基板1の 50

側の主発光面で均一な面発光が得られるからである。

【0023】

n型クラッド層2には、Ga₂NやAlGa₂N、InGa₂N等を用いることができるが、基板1にGa₂Nを用いる場合には、n型不純物をドーピングした、またはアンドーピングのGa₂Nを用いることが望ましい。窒化ガリウム系化合物半導体は、アンドーピングの状態でもn型の導電性を示すからであり、中でもGa₂Nはn型不純物をドーピングすることにより電子濃度を制御することが容易だからである。しかも、上記の電子濃度の範囲であれば、n型不純物をドーピングすることによるn型クラッド層2の結晶性の低下を防ぐことができるので、その上に成長させる活性層3の結晶性を低下させることがなく、発光効率を高く保持できる点においても好ましい。

10

【0024】

n型クラッド層2の層厚は、0.05 μm以上で0.5 μm以下の範囲とすることが望ましい。0.05 μmよりも薄いと電流広がりの効果が小さくなる傾向にあり、0.5 μmよりも厚くなると発光素子のシリーズ抵抗が高くなって動作電圧が高くなるからである。そして、n型クラッド層2の層厚に応じて電子濃度を調整することで、電流広がりの効果を奏しながらシリーズ抵抗の低減を図ることができる。本発明者らの知見によれば、n型クラッド層2の層厚を厚くするとともに電子濃度を上記範囲内で高くすると良い。

【0025】

活性層3には、Inを含み、n型クラッド層2並びに第一及び第二p型クラッド層4、5のバンドギャップよりも小さいバンドギャップを有する窒化ガリウム系化合物半導体を用いることができる。特に、Alを含まないInGa₂Nを用いると、青色から緑色の波長域での発光強度を高くすることができる。さらに、膜厚を100 nmよりも薄くして単一量子井戸構造とすると、活性層3の結晶性を高めることができ、発光効率をより一層高めることができる。

20

【0026】

また、活性層3は、膜厚を100 nmよりも薄いInGa₂Nからなる量子井戸層と、この量子井戸層よりもバンドギャップの大きいInGa₂N、Ga₂N等からなる障壁層とを交互に積層させた多重量子井戸構造とすることもできる。

【0027】

第一p型クラッド層4には、活性層3よりもバンドギャップの大きい窒化ガリウム系化合物半導体を用いることができる。特に、Ga₂Nを用いると、活性層3との界面の結晶性を良好に保つことができるので、好ましい。

30

【0028】

第一p型クラッド層4にはp型不純物がドーピングされて、導電性をp型とされる。このp型不純物をドーピングするのに結晶成長時にp型不純物の原料ガスを流すことで実現することもできるが、第一p型クラッド層4の上に成長させる第二p型クラッド層5にドーピングさせたp型不純物を拡散させてドーピングすると、発光効率を高めることができる。

【0029】

第一p型クラッド層4の層厚は、30 nm以上60 nm以下の範囲とすることが好ましい。

40

【0030】

第二p型クラッド層5には、活性層3よりもバンドギャップの大きい窒化ガリウム系化合物半導体を用いることができる。特に、第一p型クラッド層4よりもバンドギャップの大きいAlGa₂Nを用いると、活性層3への電子の閉じ込めを効率的に行うことができ、発光効率を高くすることができるので好ましい。さらに、第一p型クラッド層4と接する側からp型コンタクト層6と接する側にかけて、Al組成が収斂するように組成を傾斜させて変化させた構造とすると、発光効率を高くするとともに、動作電圧を低減することができるので好ましい。

【0031】

第二p型クラッド層5の層厚は、0.03 μm以上で0.3 μm以下の範囲とすること

50

が好ましい。

【0032】

p型コンタクト層6には、Ga_NやInGa_N、AlGa_Nを用いることができるが、p側電極7との接触抵抗を小さくできるGa_NやInGa_Nを用いることが好ましい。特に、組成傾斜させたAlGa_Nからなる第二p型クラッド層5とInGa_Nからなるp型コンタクト層6とを組み合わせると、発光効率の向上と動作電圧の低減を同時に効果的に行うことができる。

【0033】

p型コンタクト層6の層厚は、0.02 μm以上0.2 μm以下の範囲とすることが好ましい。

10

【0034】

第一p型クラッド層4、第二p型クラッド層5、およびp型コンタクト層6にドーパされるp型不純物には、Mg、Zn、Cd、C等を用いることができるが、比較的容易にp型とすることができるMgを用いることが好ましい。

【0035】

p側電極7には、AuやNi、Pt、Pd、Mg等の単体金属、あるいはそれらの合金や積層構造を用いることができる。特に、発光波長に対する反射率が高いPt、Mg等の金属を用いると、活性層3からp側電極7の側へ向かう光を反射させて、基板1の側から取り出すことができるので、発光強度向上の面で好ましい。

【0036】

20

n側電極8は、基板1の上に形成されたn型クラッド層2、活性層3、第一p型クラッド層4、第二p型クラッド層5およびp型コンタクト層6からなる積層構造の表面側からこれらの一部を除去させて露出させた基板1の表面に直接接して形成される。n側電極8をこのように配置する構成とすることにより、基板1の前記積層構造を形成していない面側を主発光面とすることができ、上記したn型クラッド層2と基板1との界面における電流広がり効果により、この主発光面において均一な面発光が得られる。

【0037】

n側電極8には、AlやTi等の単体金属、またはAlやTi、Au、Ni、V、Cr等を含む合金、若しくはそれらの積層構造を用いることができる。

【実施例】

30

【0038】

以下、本発明の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の製造方法の具体例について図面を参照しながら説明する。以下の実施例は、主として有機金属気相成長法を用いた窒化ガリウム系化合物半導体の成長方法を示すものであるが、成長方法はこれに限定されるものではなく、分子線エピタキシー法や有機金属分子線エピタキシー法等を用いることも可能である。

【0039】

(実施例) 本実施例においては、図1に示す窒化ガリウム系化合物半導体発光素子を作製した。

【0040】

40

まず、表面を鏡面に仕上げられたGa_Nからなる基板1を反応管内の基板ホルダーに載置した後、基板1の表面温度を1100℃に10分間保ち、水素ガスを流しながら基板1を加熱することにより、基板1の表面に付着している有機物等の汚れや水分を取り除くためのクリーニングを行った。

【0041】

続いて、基板1の表面温度を1100℃に5分間保ち、水素ガスと窒素ガスとアンモニアとを流しながら、基板1の表面の結晶性を向上させる。

【0042】

次に、基板1の表面温度を1050℃にまで降下させた後、主キャリアガスとして窒素ガスと水素ガスを流しながら、トリメチルガリウム(TMG)を含むTMG用のキャリア

50

ガスと、Si源である SiH_4 （モノシラン）ガスと、を流しながら成長させて、SiをドーピングしたGaNからなるn型クラッド層2を $0.2\text{ }\mu\text{m}$ の厚さで成長させた。このn型クラッド層2の電子濃度は $3 \times 10^{16}\text{ cm}^{-3}$ であった。

【0043】

n型クラッド層2を成長後、TMG用のキャリアガスと SiH_4 ガスとを止め、基板温度を750 にまで低下させ、750 において、主キャリアガスとして窒素ガスを流し、新たにTMG用のキャリアガスと、TMI用のキャリアガスと、を流しながらアンドープの $\text{In}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$ からなる単一量子井戸構造の活性層3を 3 nm の厚さで成長させた。

【0044】

活性層3を成長後、TMI用のキャリアガスを止め、TMG用のキャリアガスを流しながら基板温度を1050 に向けて昇温させながら、引き続きアンドープのGaNを 4 nm の厚さで成長させ、基板温度が1050 に達したら、新たに主キャリアガスとしての窒素ガスと水素ガスと、TMA用のキャリアガスと、Mg源である Cp_2Mg 用のキャリアガスと、を流しながら成長させて、MgをドーピングさせたAlGaNからなる第二p型クラッド層5を $0.1\text{ }\mu\text{m}$ の厚さで成長させる。このAlGaNの成長時には、TMA用のキャリアガスを時間とともにリニアに減少させつつ、TMG用のキャリアガスを時間とともにリニアに増加させて、組成が $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ から $\text{Al}_{0.01}\text{Ga}_{0.99}\text{N}$ まで変化した傾斜組成AlGaNとして第二p型クラッド層5を成長させた。

【0045】

この後、TMG用のキャリアガスとTMA用のキャリアガスとを止め、基板温度を1050 に保持し、MgをドーピングさせたAlGaNからアンドープで形成したGaNにMgを拡散させ、第一p型クラッド層4を形成させた。

【0046】

第一p型クラッド層4および第二p型クラッド層5を形成後、基板温度を800 にまで低下させ、800 において、新たにTMG用のキャリアガスと、TMI用のキャリアガスと、 Cp_2Mg 用のキャリアガスと、を流しながら成長させて、Mgをドーピングさせた $\text{In}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ からなるp型コンタクト層6を $0.1\text{ }\mu\text{m}$ の厚さで成長させた。

【0047】

p型コンタクト層6を成長後、TMG用のキャリアガスとTMI用のキャリアガスと Cp_2Mg 用のキャリアガスとを止め、主キャリアガスとアンモニアをそのまま流しながら室温程度にまで冷却させて、ウェハーを反応管から取り出した。

【0048】

次に、p型コンタクト層6の表面上にCVD法により SiO_2 膜を堆積させた後、フォトリソグラフィにより所定の形状にパターンニングしてエッチング用のマスクを形成させた。そして、反応性イオンエッチング法により、p型コンタクト層6と第二p型クラッド層5と第一p型クラッド層4と活性層3とn型クラッド層2と基板1の一部を約 $0.5\text{ }\mu\text{m}$ の深さで積層方向と逆の方向に向かって除去させて、基板1の表面を露出させた。そして、フォトリソグラフィと蒸着法により露出させた基板1の表面上にAlからなるn側電極8を蒸着形成させた。さらに、同様にしてp型コンタクト層6の表面上にPtとAuとからなるp側電極7を蒸着形成させた。

【0049】

この後、基板1の裏面を研磨して $100\text{ }\mu\text{m}$ 程度の厚さに調整し、スクライブによりチップ状に分離した。このようにして、図1に示す窒化ガリウム系化合物半導体発光素子が得られた。

【0050】

この発光素子を、電極形成面側を下向きにして、正負一對の電極を有するSiダイオードの上にAuバンプにより接着させた。このとき、発光素子のp側電極7およびn側電極8が、それぞれSiダイオードの負電極および正電極と接続されるようして発光素子を搭載する。この後、発光素子を搭載させたSiダイオードを、Agペーストによりステム上

10

20

30

40

50

に載置し、Si ダイオードの正電極をステム上の電極にワイヤで結線し、その後樹脂モールドして発光ダイオードを作製した。この発光ダイオードを20mAの順方向電流で駆動したところ、ピーク発光波長470nmの青色で発光し、基板1の側から均一な面発光が得られた。このときの発光出力は1.1mWであり、順方向動作電圧は3.4Vであった。

【図面の簡単な説明】

【0051】

【図1】本発明の一実施の形態に係る窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の構造を示す断面図

【図2】従来の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の構造を示す断面図

【符号の説明】

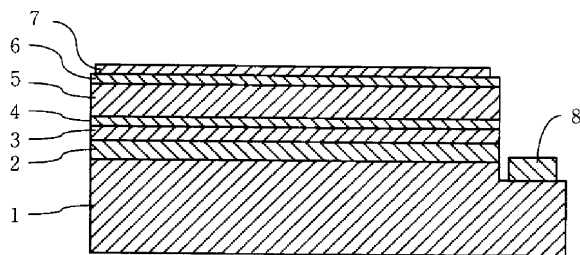
【0052】

- 1 基板
- 2 n型クラッド層
- 3 活性層
- 4 第一p型クラッド層
- 5 第二p型クラッド層
- 6 p型コンタクト層
- 7 p側電極
- 8 n側電極

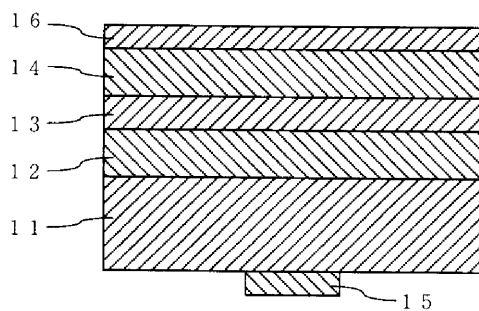
10

20

【図1】



【図2】



フロントページの続き

F ターム(参考) 5F041 AA03 AA05 CA13 CA34 CA40 CA65 DA04