

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4239508号
(P4239508)

(45) 発行日 平成21年3月18日 (2009.3.18)

(24) 登録日 平成21年1月9日 (2009.1.9)

(51) Int. Cl.

F I

H O 1 L 33/00 (2006.01)

H O 1 L 33/00 E

H O 1 L 21/28 (2006.01)

H O 1 L 33/00 C

H O 1 L 21/28 3 O 1 B

請求項の数 6 (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2002-225268 (P2002-225268)
 (22) 出願日 平成14年8月1日 (2002.8.1)
 (65) 公開番号 特開2004-71655 (P2004-71655A)
 (43) 公開日 平成16年3月4日 (2004.3.4)
 審査請求日 平成17年7月29日 (2005.7.29)

(73) 特許権者 000226057
 日亜化学工業株式会社
 徳島県阿南市上中町岡491番地100
 (74) 代理人 100104949
 弁理士 豊栖 康司
 (74) 代理人 100074354
 弁理士 豊栖 康弘
 (72) 発明者 園部 真也
 徳島県阿南市上中町岡491番地100
 日亜化学工業株式会社内
 (72) 発明者 出口 宏一郎
 徳島県阿南市上中町岡491番地100
 日亜化学工業株式会社内

審査官 高橋 健司

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】

n型窒化物半導体とp型窒化物半導体を少なくとも有し、前記p型窒化物半導体の所定の一部にp電極を備える発光素子において、

前記p電極は、前記p型窒化物半導体に対して第2の部材よりも接触抵抗が低い第1の部材と、前記発光素子の光に対して第1の部材よりも反射率の高い第2の部材から少なくとも構成され、

前記第1の部材は、前記p型窒化物半導体が露出した開口部を有し、

前記第2の部材はA gであり、前記開口部内のみに充填されており、前記第1の部材上面に配置されていないことを特徴とする発光素子。

【請求項 2】

前記第1の部材は、複数の開口部を有するメッシュ形状であり、前記メッシュ形状の開口部内に前記第2の部材が充填されており、前記第2の部材は前記第1の部材に取り囲まれていることを特徴とする請求項1に記載の発光素子。

【請求項 3】

前記第1の部材は、Ni、Au、Rh、Ir、Pdから選択された少なくとも1つの元素を含む構成であることを特徴とする請求項1または2に記載の発光素子。

【請求項 4】

n型窒化物半導体とp型窒化物半導体を少なくとも有し、前記p型窒化物半導体の所定の一部にp電極を備える発光素子において、

10

20

前記 p 電極は、Ni、Au、Rh、Ir、Pd から選択された少なくとも 1 つの元素を含む構成である第 1 の部材と、前記発光素子の光に対して第 1 の部材よりも反射率の高い Ag である第 2 の部材から少なくとも構成され、

前記第 1 の部材は、前記 p 型窒化物半導体が露出した開口部を複数有するメッシュ形状であり、

前記第 2 の部材は、前記第 1 の部材に取り囲まれるように前記メッシュ形状の開口部内に充填されていることを特徴とする発光素子。

【請求項 5】

前記 n 型窒化物半導体に設けられた n 電極を、前記 p 電極と同一面側に備え、

前記第 1 の部材と前記 p 型窒化物半導体との接触面積は、前記 p 電極の形成面側から見て、前記 n 電極から離れるに従って徐々に大きくなっていることを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれか一に記載の発光素子。

【請求項 6】

前記 n 型窒化物半導体に設けられた n 電極を、前記 p 電極と対向する面側に備え、

前記 n 電極直上に位置する部位近傍における前記第 1 の部材と前記 p 型窒化物半導体との接触面積は、他の部位における前記第 1 の部材と前記 p 型窒化物半導体との接触面積よりも小さいことを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれか一に記載の発光素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、窒化物半導体 ($In_xAl_yGa_{1-x-y}N$ 、 $0 < x$ 、 $0 < y$ 、 $x + y < 1$) を層構造に含む発光素子に係わり、特に発光効率を飛躍的に向上させた窒化物半導体発光素子に関する。

【0002】

【従来の技術】

窒化物半導体を層構造に含む窒化物半導体発光素子は高輝度純緑色発光 LED、青色発光 LED として、フルカラー LED ディスプレイ、交通信号灯、バックライトなど、様々な分野で広く利用されている。

【0003】

これらの LED は、一般に、サファイアなどの基板上に、目的に応じた種々の n 型窒化物半導体乃至 p 型窒化物半導体が積層された構造となっている。さらに、p 型窒化物半導体上には p 電極が配置され、n 型窒化物半導体上には n 電極が配置されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、省エネなどに伴い、発光出力の低下を伴わずに消費電力の低減を可能とする LED が望まれている現在において、上記の構成では十分とは言えず、さらなる改良が求められている。

【0005】

すなわち、上記した従来の LED は、発光領域にて発光した光が各種半導体または基板を介して LED の上面および側面から出射される。より詳細には、発光領域から出射された光の一部は、あらゆる界面、すなわち基板と半導体との界面、半導体と半導体の界面、あるいは半導体と電極との界面で反射してしまう。そして、このような行程を複数回繰り返しても各々の部材に吸収されずに残った光が、LED から出射される。

【0006】

ここで、LED は、電流を均一に流すために、p 型窒化物半導体の略全面に p 電極を備える構成が主流であるが、光の一部が全面に設けられた p 電極自体に吸収されてしまうという問題があった。これにより、発光領域からの光の一部が無駄になり、LED 外部に光を効率よく取り出すことができなかった。さらにこれに伴い、LED を長寿命化することが困難となってしまうという問題もあった。

【0007】

10

20

30

40

50

また一般に、A g は高反射材料であり上記の p 電極に主として用いることで容易に取り出し効率を改善することが出来るが、接触抵抗を安定して低くすることは難しく、消費電力を十分低くすることが出来ない。また A g は容易にプラスイオンとなり、イオンマイグレーションを起こすことが知られており十分な信頼性に確保することが難しい。

【 0 0 0 8 】

本発明はこのような問題を解決するために成されたものであり、特に p 電極を特定の構成とすることにより、発光素子における光の取り出し効率をさらに向上させ、寿命の長い発光素子を提供することを目的とする。

【 0 0 0 9 】

【課題を解決するための手段】

本発明の発光素子は、n 型窒化物半導体と p 型窒化物半導体を少なくとも有し、p 型窒化物半導体の所定の一部に p 電極を備える発光素子である。特に、p 電極は、前記 p 型窒化物半導体に対して第 2 の部材よりも接触抵抗が低い第 1 の部材と、発光素子の光に対して第 1 の部材よりも反射率の高い第 2 の部材から少なくとも構成されており、前記第 1 の部材は、前記 p 型窒化物半導体が露出した開口部を有し、前記第 2 の部材は A g であり、前記開口部内のみに充填されており、前記第 1 の部材上面に配置されていないことを特徴とする。これにより、発光素子からの光を第 1 の部材又は第 2 の部材により反射させ、発光素子の側面あるいは鉛直方向から効率よく光を取り出すことができる。また、第 2 の部材を A g とすることで、効率の良い光反射を得ることができ、結果として発光素子の発光効率を向上させることができる。また、p 電極は、A g よりも接触抵抗の低い第 1 の部材を有するので、実際に発光素子を駆動する際に、電流が主に第 1 の部材に集中する。これにより A g の移動、すなわちイオンマイグレーションを抑制し、信頼性を向上させることができる。

【 0 0 1 0 】

また、前記第 1 の部材は、複数の開口部を有するメッシュ形状であり、前記メッシュ形状の開口部内に前記第 2 の部材が充填されており、前記第 2 の部材は前記第 1 の部材に取り囲まれていることが好ましい。これにより、複数の開口部に第 2 の部材が充填されるので、第 2 の部材をより均等に配置することができる。

【 0 0 1 1 】

また、第 1 の部材は、N i、A u、R h、I r、P d、から選択された少なくとも 1 つの元素を含むことが好ましい。これにより、オーミック接触を容易に得ることができる。

【 0 0 1 2 】

また、n 型窒化物半導体と p 型窒化物半導体を少なくとも有し、前記 p 型窒化物半導体の所定の一部に p 電極を備える発光素子において、前記 p 電極は、N i、A u、R h、I r、P d から選択された少なくとも 1 つの元素を含む構成である第 1 の部材と、前記発光素子の光に対して第 1 の部材よりも反射率の高い A g である第 2 の部材から少なくとも構成され、前記第 1 の部材は、前記 p 型窒化物半導体が露出した開口部を複数有するメッシュ形状であり、前記第 2 の部材は、前記第 1 の部材に取り囲まれるように前記メッシュ形状の開口部内に充填されていることを特徴とする。

さらにまた、前記 n 型窒化物半導体に設けられた n 電極を、前記 p 電極と同一面側に備え、前記第 1 の部材と前記 p 型窒化物半導体との接触面積は、前記 p 電極の形成面側から見て、前記 n 電極から離れるに従って徐々に大きくすることもできる。

あるいは、前記 n 型窒化物半導体に設けられた n 電極を、前記 p 電極と対向する面側に備え、前記 n 電極直上に位置する部位近傍における前記第 1 の部材と前記 p 型窒化物半導体との接触面積は、他の部位における前記第 1 の部材と前記 p 型窒化物半導体との接触面積よりも小さくすることもできる。

【 0 0 1 3 】

【発明の実施の形態】

本実施の形態では、発光素子として L E D (Light Emitting Diode) を用いた例について説明する。本発明に係る L E D を構成する各半導体層としては種々の窒化物半導体を用

10

20

30

40

50

いることができる。例えば、有機金属気相成長法（MOCVD）、ハイドライド気相成長法（HVPE）などにより $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ （但し、 $0 < x$ 、 $0 < y$ 、 $x + y < 1$ ）からなる半導体を好適に用いることができる。また、その層構造としては、公知の層構造を用いることができる。例えば、MIS接合、PIN接合やPN接合を有したホモ構造、シングルヘテロ構造あるいはダブルヘテロ構造のものが挙げられる。また、特定の層を超格子構造としたり、活性層を量子効果が生ずる薄膜に形成させた単一量子井戸構造や多重量子井戸構造とすることもできる。さらに、発光素子の所定の位置に公知の種々の蛍光体を配置させ、発光素子からの光を所望の光に変換することもできる。

【0014】

またLEDは、一般的には、特定の基板上に各半導体層を成長させて形成されるが、その際、基板に絶縁性基板を用いその絶縁性基板を最終的に取り除かない場合、通常、p電極およびn電極はいずれもLEDの同一面側に形成されることになる。この場合、フェイスアップ実装すなわち半導体側を視認側に配置し発光された光を半導体側から取り出すことも可能であるし、フェイスダウン実装すなわち基板側を視認側に配置し発光された光を基板側から取り出すことも可能である。もちろん、初めから絶縁性基板を用いず、あるいは最終的に絶縁性基板を取り除くことにより、p電極とn電極が半導体層構造を介して対向するように配置された構成とすることもできる。

【0015】

以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。ただし、以下に示す実施の形態は、本発明の技術思想を具体化するためのLEDを例示するものであって、本発明のLEDを以下のものに特定するものではない。さらに、各図面が示す部材の大きさや位置関係などは、説明を明確にするため誇張していることがある。

（実施の形態1）

図1、2に基づいて、実施の形態1のLEDについて説明する。ここでは、図に示すように同一面側にp電極およびn電極を配置したLEDについて説明する。図1は、本実施の形態のLEDを電極形成面側から見た概略図である。また、図2は、本実施の形態のLEDの層構成を示す模式的断面図であり、図1のA-A部における断面を表す。

【0016】

図2に示すように、本実施の形態の発光素子は、例えば、サファイア基板11上にGa_{0.9}Nバッファ層12、ノンドープGa_{0.9}N層13、n型コンタクト層となるSiドープGa_{0.9}N層14、n型クラッド層となるSiドープGa_{0.9}N層15、活性層となるInGa_{0.9}N層16、p型クラッド層となるMgドープAlGa_{0.9}N層17、p型コンタクト層となるMgドープGa_{0.9}N層18が、順次積層された層構造を有する。さらに、MgドープGa_{0.9}N層18、MgドープAlGa_{0.9}N層17、InGa_{0.9}N層16、SiドープGa_{0.9}N層15、SiドープGa_{0.9}N層14が部分的にエッチング等により除去され、SiドープGa_{0.9}N層14の露出面にn電極19が形成され、MgドープGa_{0.9}N層18の上面の略全面にp電極20が設けられている。なお、本実施の形態では、「特許請求の範囲」に記載するn型窒化物半導体がn型コンタクト層となるSiドープGa_{0.9}N層14に対応し、p型窒化物半導体がp型コンタクト層となるMgドープGa_{0.9}N層18に対応する。

【0017】

また、本実施の形態では、p電極20上のn電極19から離れた位置にワイヤーを接続するためのパッド部21が部分的に形成され、n電極19上及びパッド部21上の開口部を除き、各電極及び各半導体を覆うように絶縁膜（図示せず）が設けられている。なお、n電極19は、n電極自体にワイヤーを接続するためのパッド部を含む構成とする。

【0018】

ここで、p電極20は、第1の部材20aであるRhと、第2の部材20bであるAgより構成される。本実施の形態では、図1に示すように、第1の部材20aがメッシュ形状であり、かつ第2の部材20bがメッシュ形状の開口部内及び第1の部材20a上面に形成されている。メッシュ形状の第1の部材20aは、p型コンタクト層であるMgドープGa_{0.9}N層18の上面の略全域に渡って形成されている。必然的に、第1の部材20aの

10

20

30

40

50

開口部に充填されている第2の部材20bも、p型コンタクト層であるMgドープGaN層18の上面の略全域に渡って形成されることになる。

【0019】

このように、第1の部材20aの開口部に第2の部材20bが充填されることにより、第2の部材20bがイオンマイグレーションし易い部材である場合に、第2の部材20bのイオンマイグレーションを軽減することができる。イオンマイグレーションは電極の+側から-側(p側からn側)に向けて生じる現象であり、p電極として例えばAgのみを用いると、実際にLEDを駆動した際に、Agがプラスイオン化し、n電極方向にAg自体が移動してしまう(この現象を「イオンマイグレーション」という)。具体的には、LED上面(電極形成面側)から見ると、p電極であるAgがp型窒化物半導体上をn電極方向に移動し、最悪の場合には、n電極が形成されるn型窒化物半導体上に落下したり、またはp型窒化物半導体及びn型窒化物半導体に渡ってLED側面に付着し、リークを誘発する可能性があった。

10

【0020】

しかしながら、本件発明のように、第2の部材20bであるAgよりも接触抵抗が低く電流が流れやすい第1の部材20aであるRhをメッシュ形状にすることにより、電流は主にRhとp型窒化物半導体の接触面を通り道とするので、Agのイオンマイグレーションが効果的に軽減されることになる。

【0021】

さらに、Agは窒化物半導体が放出可能な波長の大部分において非常に高い反射率を有する部材であるので、第1の部材20aの開口部に第2の部材20bであるAgを充填することにより、p電極16全域に渡り高い反射効率を得ることができる。このように構成することにより、発光素子全体として光の取り出し効率が向上する。

20

【0022】

さらに、第2の部材としてAg等の反射率の高い部材を用い、接触抵抗の低い第1の部材にオーミックアニール(オーミック接触のための熱処理)を施す際は、本実施の形態のように、第1の部材の開口部内および上面に第2の部材を形成することが好ましい。すなわち、一般に、Ag等の反射率の高い部材は熱処理を行うとその反射率が低下してしまう傾向がある。しかしながら、まずp型半導体に接触抵抗の低い第1の部材を形成しオーミックアニールを施した後に、さらに第1の部材の開口部内および上面に第2の部材を配置することにより、第2の部材に熱の影響を与えることなくp電極を形成することができる。

30

【0023】

また、本実施の形態のように、第2の部材20bを、第1の部材20aの開口部内だけでなく、第1の部材20a上面にも配置させることにより、p型コンタクト層となるMgドープGaN層18全体により均一に電流を拡散させることができる。すなわち、第2の部材20bは第1の部材20aよりも接触抵抗が高く電流が流れにくいので、p電極に流れ込む電流はp型コンタクト層とp電極の接触面全体に拡散する。その結果、LED全体により均一に電流が流れることになり、発光効率が向上すると考えられる。

【0024】

本実施の形態では、メッシュ形状の開口部をp電極全体に均等に配置した構成としたが本発明はこれに限定されない。例えば、LED全体により均一に電流が流れるように、接触抵抗の低い部材とp型コンタクト層との接触面積を、電極形成面側から見て、n電極から離れるに従って徐々に大きくなるように構成しても良い。すなわち、開口部の形状、大きさ、配置位置などは設計者側で任意に設定することができる。

40

【0025】

一方、第2の部材20bを、第1の部材20a上面に配置させずに第1の部材20aの開口部内だけに配置させることもできる。すなわち、p電極全体に渡って存在するメッシュ形状開口部それぞれにおいて、第1の部材20aが第2の部材20bを取り囲む形状とすることができるので、第2の部材20bのイオンマイグレーションをより効果的に軽減

50

することができる。この場合、第1の部材20aが、第2の部材20bのイオンマイグレーションを阻止する壁となると考えられる。また、p電極形成面側から見て、p電極の周縁に位置するRhを内部に比して高く形成し、その内部にAgを充填することにより、Agのイオンマイグレーションを効果的に防止することもできる。

(実施の形態2)

図3、4に基づいて、実施の形態2のLEDについて説明する。ここでは、図に示すようにp電極およびn電極が対向して配置されたLEDについて説明する。図3は、本実施の形態のLEDをp電極形成面側から見た概略図である。また、図4は、本実施の形態のLEDの層構成を示す模式的断面図であり、図3のA-A部における断面を表す。

【0026】

10

図4に示すように、本実施の形態の発光素子は、例えば、n型コンタクト層となるSiドープGaN層34、n型クラッド層となるSiドープGaN層35、活性層となるInGaN36、p型クラッド層となるMgドープAlGaN層37、p型コンタクト層となるMgドープGaN層38が、順次積層された層構造を有する。さらに、SiドープGaN層34にn電極39が形成され、MgドープGaN層38の略全面にp電極40が設けられている。なお、本実施の形態では、「特許請求の範囲」に記載するn型窒化物半導体がn型コンタクト層となるSiドープGaN層34に対応し、p型窒化物半導体がp型コンタクト層となるMgドープGaN層38に対応する。

【0027】

また、本実施の形態では、p電極形成面側から見て、p電極40上の略中央にワイヤーを接続するためのパッド部41が部分的に形成され、n電極39上及びパッド部41上の開口部を除き、各電極及び各半導体を覆うように絶縁膜(図示せず)が設けられている。なお、本実施の形態では、n電極39がワイヤーを接続するためのパッド部(図示せず)を含む構成とする。

20

【0028】

さらに、p電極40は、実施の形態1と同様に、第1の部材40aであるRhと、第2の部材40bであるAgより構成され、その構成は図3に示すように、第1の部材40aがメッシュ形状であり、かつ第2の部材40bがメッシュ形状の開口部内及び第1の部材40a上面に形成されている。メッシュ形状の第1の部材40aは、p型コンタクト層であるMgドープGaN層38の上面の略全域に渡って形成されている。必然的に、第1の部材40aの開口部に充填されている第2の部材40bも、p型コンタクト層であるMgドープGaN層38の上面の略全域に渡って形成されることになる。

30

【0029】

このように構成することで、実施の形態1と同様の効果を得ることができる。特に、本実施の形態のように各電極を対向するように配置する場合は、p電極側を実装基板に実装し、n電極側を視認側とすることが好ましい。これにより、n電極側を実装基板に実装しp電極側を視認側とする場合に比して、光の取り出し効率をより向上させることができる。

【0030】

また、本実施の形態のように、各電極を対向して配置させる場合は、接触抵抗が低い部材とp型窒化物半導体との接触面積を、p電極全体として不均一にすることができる。例えば、n電極直上に位置する部位近傍(図3ではp電極直下の部位近傍に相当する)におけるp型窒化物半導体との接触面積を他の部位に比較して小さくすることが好ましい。このように構成することにより、p電極とn電極を直線で結んだ部位近傍のみに電流を集中させずに、発光素子に流れる電流をより均一に全体に拡散させることができる。

40

【0031】

また、ここではp電極に部分的にパッド部を設ける構成としたが、p電極におけるパッド部は必ずしも必要ない。すなわち、例えば、サファイア基板上に種々の半導体を成長させた後そのサファイア基板を除去する際、p電極に導電性接続部材である半田等を用いて金属基板を張り合わせた後にサファイア基板が除去される。これは、金属基板をp電極側

50

に張り付けることによりある程度の厚みを確保し、サファイア基板を除去し易いようにするためである。このために、張り合わせられた金属基板を有する発光素子は、その金属基板自体がパッド部に相当することになる。なお、金属基板を構成する部材は特に限定されるものではないが、例えばCuとWの合金、AlとCuの合金等を用いることができる。
(実施の形態3)

特に図示はしないが、第1の部材と第2の部材の位置関係を逆転させる以外は、実施の形態1と同様に作製する。なお、本実施の形態においては、第2の部材であるAgを第1の部材であるRhで完全に覆う構成とすることがより好ましい。これにより、第2の部材であるAgのマイグレーションをさらに軽減させることができる。

(実施の形態4)

特に図示はしないが、第1の部材と第2の部材の位置関係を逆転させる以外は、実施の形態2と同様に作製する。このようにしても実施の形態2と同様に、光の取り出し効率を効果的に向上させることができる。なお、本実施の形態においては、第2の部材であるAgを第1の部材であるRhで完全に覆う構成とすることがより好ましい。これにより、第2の部材であるAgのマイグレーションをさらに軽減させることができる。

【0032】

実施の形態1～4においては、第1の部材又は第2の部材の形状をメッシュ形状として説明したが、本発明は開口部を有していればよくメッシュ形状に限定されないことは言うまでもない。それ以外の形状としては、例えば、一方の部材を単にドット状に配置し、他の部材を少なくともドット間に充填することもできる。さらに、p電極は少なくとも第1の部材と第2の部材を備えていればよい。すなわち、本件発明の作用効果を阻害しないのであれば、さらに第3の部材、第4の部材等をp電極の構成に備えることもできる。

【0033】

【発明の効果】

以上説明した通り、本発明に係わる発光素子によれば、p電極における光の吸収を最小限に抑えることができる。これにより、光の取り出し効率を大幅に向上させることができる。また、マイグレーションを起こしやすいAg等の部材をp電極として用いても、そのマイグレーションを効果的に軽減することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施の形態1のLEDをp電極形成面側から見た平面図である。

【図2】図1のA-A部における断面図である。

【図3】実施の形態2のLEDをp電極形成面側から見た平面図である。

【図4】図3のA-A部における断面図である。

【符号の説明】

- 11・・・サファイア基板
- 12・・・GaNバッファ層
- 13・・・ノンドープGaN層
- 14、34・・・SiドープGaN層
- 15、35・・・SiドープGaN層
- 16、36・・・InGaN層
- 17、37・・・MgドープAlGaN層
- 18、38・・・MgドープGaN層
- 19、39・・・n電極
- 20、40・・・p電極
- 20a、40a・・・第1の部材
- 20b、40b・・・第2の部材
- 21、41・・・パッド

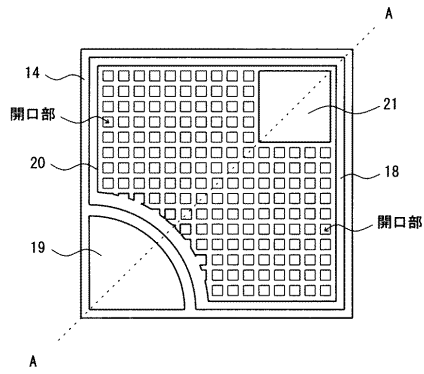
10

20

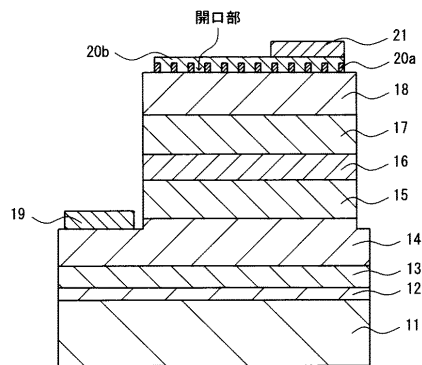
30

40

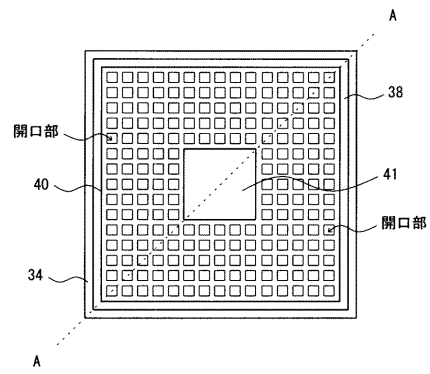
【図 1】



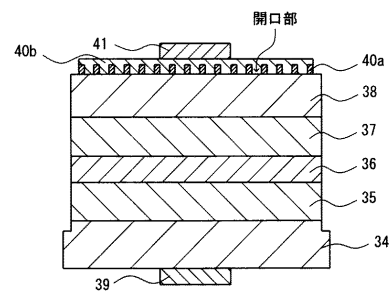
【図 2】



【図 3】



【図 4】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開 2 0 0 2 - 0 2 6 3 9 2 (J P , A)
特開平 0 9 - 1 2 9 9 3 1 (J P , A)
特開 2 0 0 1 - 1 4 8 5 1 1 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
H01L 33/00