

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4597363号
(P4597363)

(45) 発行日 平成22年12月15日 (2010.12.15)

(24) 登録日 平成22年10月1日 (2010.10.1)

(51) Int. Cl. F I
H O 1 L 33/32 (2010.01) H O 1 L 33/00 1 8 6

請求項の数 10 (全 10 頁)

| | | | |
|---------------|-------------------------------|-----------|---------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2000-508147 (P2000-508147) | (73) 特許権者 | 592054856 |
| (86) (22) 出願日 | 平成10年8月28日 (1998.8.28) | | クリー インコーポレイテッド |
| (65) 公表番号 | 特表2001-514451 (P2001-514451A) | | C R E E I N C . |
| (43) 公表日 | 平成13年9月11日 (2001.9.11) | | アメリカ合衆国 ノースカロライナ州 2 |
| (86) 国際出願番号 | PCT/US1998/017849 | | 7703 ダラム シリコン ドライブ |
| (87) 国際公開番号 | W01999/010936 | | 4600 |
| (87) 国際公開日 | 平成11年3月4日 (1999.3.4) | (74) 代理人 | 100140109 |
| 審査請求日 | 平成17年6月2日 (2005.6.2) | | 弁理士 小野 新次郎 |
| 審判番号 | 不服2009-8901 (P2009-8901/J1) | (74) 代理人 | 100089705 |
| 審判請求日 | 平成21年4月23日 (2009.4.23) | | 弁理士 社本 一夫 |
| (31) 優先権主張番号 | 08/920,409 | (74) 代理人 | 100075270 |
| (32) 優先日 | 平成9年8月29日 (1997.8.29) | | 弁理士 小林 泰 |
| (33) 優先権主張国 | 米国 (US) | (74) 代理人 | 100080137 |
| | | | 弁理士 千葉 昭男 |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 標準パッケージで使用される信頼性が高い強固な第III族発光ダイオード

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

高信頼性の発光ダイオードであって、このダイオードは：

炭化ケイ素基板（11）；

上記基板上的緩衝構造（12）；

上記緩衝構造上に p 型第III族窒化物接触層（14）を有する第III族窒化物ヘテロ接合ダイオード（13）；

上記基板に対するオーミック接触（15）；を含み、さらに、

上記 p 型接触層に対する半透明の白金オーミック接触（16）；及び

上記白金オーミック接触上の窒化ケイ素パシベーション層（17）

を含むことを特徴とする上記ダイオード。

【請求項 2】

上記ダイオードはシングルヘテロ接合ダイオードを含む請求項 1 記載の高信頼性発光ダイオード。

【請求項 3】

上記ダイオードはダブルヘテロ接合ダイオードを含む請求項 1 記載の高信頼性発光ダイオード。

【請求項 4】

上記接触層は窒化ガリウムを含む請求項 1 記載の高信頼性発光ダイオード。

【請求項 5】

10

20

可視スペクトルの青色部分で発光する請求項 1 の発光ダイオード；
赤色発光ダイオード；及び
緑色発光ダイオード
を含むピクセル。

【請求項 6】

上記炭化ケイ素基板は炭化ケイ素の 3 C , 4 H , 6 H , 及び 1 5 R のポリタイプからなる群から選ばれる単結晶である請求項 1 記載の高信頼性発光ダイオード。

【請求項 7】

プラスチックレンズ内に請求項 1 記載のダイオードを包含する L E D ランプ。

【請求項 8】

請求項 1 記載の複数の発光ダイオード、又は請求項 5 記載の複数のピクセル又は請求項 7 記載の複数の L E D ランプを含む表示装置。

【請求項 9】

上記発光ダイオード又は上記 L E D ランプは可視スペクトルの青色部分で発光し、そして複数の赤色発光ダイオード又は L E D ランプ及び複数の緑色発光ダイオード又は L E D ランプを更に含む請求項 8 記載の表示装置。

【請求項 10】

上記ヘテロ接合ダイオード及び接触層は：

上記緩衝構造上の n 型窒化ガリウムエピタキシャル層；

上記窒化ガリウム層上の n 型窒化アルミニウムガリウムエピタキシャル層；

上記 n 型窒化アルミニウムガリウムエピタキシャル層上の補償型 n 型窒化ガリウム活性層；

上記窒化ガリウム活性層上の p 型窒化アルミニウムガリウム層；及び

上記 p 型窒化アルミニウムガリウム層上の p 型窒化ガリウム接触層
を含む請求項 1 記載の高信頼性発光ダイオード。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する分野】

本発明は発光ダイオード、特に標準パッケージで使用される第 III 族窒化物から形成される発光ダイオードに関するものである。

【0002】

【従来の背景】

発光ダイオードは電気エネルギーを光放射に変換する p n 接合デバイスである。特に、適切な順方向バイアス条件下で LED は電磁スペクトルの紫外、可視、及び赤外の領域で外部自然放射を放出する。

【0003】

電磁スペクトルの可視及び近可視部分及びこれらの特徴に精通した人に知られているように、光の短波長（青及び紫外のような）は高周波数、高エネルギー遷移を示し、そして光の長波長（赤及び赤外のような）は低周波数、低エネルギー遷移を示す。

【0004】

従って、発光ダイオードに関しては、これが放出するスペクトルの特定部分、即ちその色はエミッションを生じる遷移のエネルギーに基く。この遷移エネルギーは特定物質のバンドギャップによって大部分決定される。従って、発光ダイオードがスペクトルの青又は紫外部分を放出するためには、この半導体物質のバンドギャップは青又は紫外線を生じる十分なエネルギーを持つ遷移を支持するのに十分に大きい（十分に広い）ことが必要である。

【0005】

従って、スペクトルの青及び紫外部分を放出する発光ダイオードを構成する候補物質はダイヤモンド、炭化ケイ素（SiC）及び第 III 族窒化物、例えば窒化ガリウム（GaN）、窒化インジウムガリウム（InGaN）、窒化アルミニウムガリウム（AlGaIn）のような周期律表の

10

20

30

40

50

第III族元素から形成される二元、三元(ternary and tertiary)窒化物のような特定の広いバンドギャップの物質に限定される。

【0006】

青色LEDの分野において、その広いバンドギャップのためおよび間接ではなくて直接遷移物質としての特徴のために、第III族窒化物に研究が集中している。当業者によく理解されているように、直接バンドギャップ物質はそのエネルギー転換が部分的に光として、部分的に振動エネルギー（光子）としてよりもむしろ主に光（光子）の形であるため、高効率を生じる傾向がある。

【0007】

LED及びその他の光子デバイスの構造、量子力学及び作動について多方面にわたる検討がSze, 半導体物質の物理学, 2版(1981年, ジョン Wiley & Sons, Inc.)に記載されている。これらの原理はこの技術分野でよく理解されているため、本発明を説明し裏付けを与えるのに必要である場合を除いては特に繰り返さない。

10

【0008】

一般的に、発光ダイオードは協同して p-n 接合を形成する反対導電型の物質からなる 2 層を含む。これらの物質は典型的に基板上にエピタキシャル層の形状を成す。最も好ましくは、オーミック接触が基板及び上部エピタキシャル層に対して形成されて、パッケージの最適効率のための“縦型”デバイスを形成する。

【0009】

この点に関して、LEDは多くの場合、最終用途のためにLEDランプの形状でパッケージングされる。典型的なLEDランプはLEDチップ（又は“ダイ”、用語の“チップ”はしばしばLEDよりも集積回路を意味するために使用される）及びプラスチック（又はときどきガラス）レンズを含む。特定のLED用として、レンズは光学フィルタとして使用されてコントラストを高めるために着色されるが、しかし青色LED用の場合には、レンズは所望の青色発光を妨害しないように好ましくは無色である。典型的なランプの形状は当業者に公知であり、例えば上述したSzeの697~700頁に開示されている。一般に、ランプとしてパッケージングされたLEDは表示器及び英数字表示装置のような種々の用途に使用できる。

20

【0010】

多少の配慮は必要であるが、LEDは特定のタイプのデバイスに適用できる。例えば、第III族窒化物デバイスは典型的にはサファイア又は炭化ケイ素基板上に形成される。SiCは導電的にドーピングできるため、炭化ケイ素基板は多くの環境で望まれている。従ってSiC基板は“頂部”及び“底部”にオーミック接触を有する“縦型”デバイス用の基礎を形成できる。これに対して、サファイアはその絶縁特性のため、縦型デバイスに使用できない。

30

【0011】

n型SiCは一般により導電性であり、そして光をより多く伝達するため、n型SiC基板はp型基板よりも好ましい傾向がある。

【0012】

その結果、SiC基板上の第III族窒化物デバイスは典型的にn型基板、n型緩衝層（又は複数層の組み合わせ）、n型エピタキシャル層、及び上記デバイスの“頂部”上のp型層（例えば、GaN）を含む。

40

【0013】

このような第III族窒化物LEDの発展、商業的紹介、及び使用は比較的最近である。従って、商業的な利用（この用語の“商業的”は製造されそして商品として販売される製品を一般に意味するが、これに限定されない）においては、デバイスの電子性能を低下させる特定の種類の物理的及び化学的なブレイクダウンを受ける。特に、LEDランプが室温又はそれ以上の温度の条件下で、また湿度及びその他の環境要素が正常な条件下で使用される場合、オーミック接触及び関連パシベーション層が互いに相互作用して光学的及び電気的性能が劣化する傾向を示すことが判明している。この劣化の問題はp型GaNの頂面層及びこの層に対するオーミック接触を含むデバイスにおいて特に深刻である。

50

【0014】

従って、第III族窒化物から作られる青色LEDの市販品では、パッケージングされたLEDチップは通常の環境の条件下でも比較的壊れ易いため、パッケージ自体が極めて特殊で強固である。例えば、日本の徳島のニチア化学産業から市販されているNSPG630S デバイスでは、p型層、オーミック接触、及びパシベーション層は曲げ易い透明な高分子物質で被覆され、次いでエポキシを基にしたポリマーのような硬質樹脂で封入される。

【0015】

例えば、ヨーロッパ公開出願番号0622858 (“窒化ガリウム系III~V族化合物半導体デバイス及びその製法”)において、中村等は“(p型窒化ガリウムに対する)p型電極は適当な金属物質から形成されてもよい”(6頁7行)と報告する。また中村は8種類の候補金属(Au, Ni, Pt, Al, Sn, In, Cr, 及びTi)を挙げ、そしてニッケルと金の組み合わせ(6頁、10-12及び33-35行)が好ましく選択されると述べている。更にパシベーション層(“保護フィルム”)を選択する場合、中村は単に一般的な基準を提供しているのみである(“保護フィルムを形成する物質はそれが透明であり、そして電氣的に絶縁性であるかぎり特に限定されない”9頁31-32行)。また中村は4種類の候補物質、即ち、二酸化ケイ素(SiO_2)、酸化チタン(TiO)、酸化アルミニウム(Al_2O_3)、及び窒化ケイ素(Si_3N_4)を挙げている。

PCT国際公開番号WO 96 / 24167号は、炭化ケイ素基板および窒化ガリウム活性層を有する緑 - 青 ~ 紫外線発光半導体レーザーを記載する。

【0016】

しかしながら、GaN系LEDを広範囲に採用した結果、このような物質を広く選択することは不適當であり、そしてその結果得られるLEDは市販のものよりも急速に品質が劣化することが判明した。特に、(1)p型GaNの頂部エピタキシャル層を含み、(2)チタンと金(“Ti/Au”)のような金属(又はこれらの組み合わせ)から形成されるオーミック接触を使用し、そして(3)パシベーション層として二酸化ケイ素(SiO_2)を使用するLEDは商業的に受け入れられない程度まで品質が急速に低下する傾向を示す。即ち、 SiO_2 の水透過性により水分がp型電極に到達してこの電極及びデバイス全体をかなり速く劣化させる。

【0017】

上述したように、複雑なパッケージは比較的壊れ易いダイ構造を保護する一つの方法である。しかしながら、製品の商業的な潜在能力を最大限に引き出すためには、第III族窒化物から形成されるLEDは第III族窒化物よりも簡単な物質用に使用されているランプパッケージに類似した普通のランプパッケージに封入できるような方法で製造される必要がある。

【0018】

従って、普通の方法で封入することができ、そしてデバイスを幅広い商業的な用途に使用できるのに十分な時間、常温及び高温そして高湿度の条件に耐えることができる強いLEDが求められている。

【0019】

【発明の課題及び要約】

従って、本発明の目的は、標準パッケージ内で高い信頼性を付与し、そして高温と高湿度の条件に耐えることができる物理的に強固な発光ダイオードを提供することにある。

【0020】

本発明の上記目的はp型第III族窒化物(そして好ましくは窒化ガリウム)接触層を有する第III族ヘテロ接合ダイオード、上記p型接触層に対するオーミック接触、及び上記オーミック接触上のパシベーション層を含むダイオードであって、85 °Cの温度で85%の相対湿度の環境において10ミリアンペアで少なくとも1000時間動作させた後、原光パワー(original optical power)の少なくとも50%を発光し動作電圧が実質的に変化しない特徴を有するダイオードによって達成される。

【0021】

その他の特徴として、本発明は発光ダイオードとプラスチックレンズから形成されるLED

10

20

30

40

50

ランプを含む。

【 0 0 2 2 】

本発明の上記及びその他の目的及び効果は図面に基づく以下の詳細な説明から更に明白になるであろう。

【 0 0 2 3 】

【 詳細な記述 】

本発明は標準パッケージ内で高い信頼性を付与し、そして高温と高湿度の条件に耐えることができる物理的に強固な発光ダイオードである。

【 0 0 2 4 】

上述したように、オーミック接触は第III族窒化物LEDの劣化を防止するために、物理的、機械的、環境的及びパッケージのストレスから保護されなければならない。

10

【 0 0 2 5 】

この点に関して、図1はLED（“ダイ”）全体の写真である。図1のデバイスにおいて、二酸化ケイ素（ガラス）のパシベーション層は上記ダイの外縁の周りを除いて除去されている。ガラスが存在している部分は略正方形のダイの外周の周りの斑点又は着色された部分により通常表示される。この斑状の外観はガラスをダイから層間剥離する間にガラスの下の空気の隙間が変化するために生じる。図1に示されたダイにおいては、上記層間剥離は約3時の位置（時計回りに動く）で始まり、そして約11：00時の位置に達する。上記パシベーション層はダイの中央には存在せず、そしてワイヤボールボンドはボンドパッドに取り付けられたダイの真中に認められる。この具体例では、パシベーション層の中央部は試験後にダイが開封されている間に除去された。

20

【 0 0 2 6 】

図1に示されたダイのパシベーション層は試験をしている間にパッケージ内で層間剥離し、そして水分が上記パシベーション層の下側に浸透した。この層間剥離によりこの特定のデバイスの初期光出力は約20%減少した。次いで、上記水分はLEDランプのエポキシレズを通り、そしてランプパッケージの底部から導出されるリードの周りに浸透する傾向を示し、また上記の薄い半透明オーミック接触を劣化させ、そして最終的に完全に破損させる。この破損により光出力は低下し、そしてデバイスの順電圧が増大する。図1に示されたデバイスにおいて、オーミック接触の破損は暗く荒れた領域として上記ダイの中央のちょうど右側に示される。

30

【 0 0 2 7 】

図2は図1のダイの拡大写真である。図2に示すように、上記外周に残留するガラスはデバイスの内部メサから破断されており、そしてp型接触は破損している。暗く荒れた領域はオーミック接触（この例ではチタン及び金）が球状になっている場所である。公知のように、オーミック接触はp型層と適合性が悪いため、p型層を濡らすよりもむしろ玉になる傾向がある。従って、上記Ti/Auがボンドパッドの周囲で球状になるにつれて、デバイスは徐々に切断される。また光は上記接触が不連続になる領域でもはや発生しなくなる。p型窒化ガリウム表面は良導体ではなく、そして一般に高い抵抗率を示すため、空隙領域に広がる電流は乏しくなり、光の発生を助ける電流路を提供できなくなる。

【 0 0 2 8 】

40

図3は高温と高湿度の条件に耐えられる本発明のダイオードの第1の態様を示す。このダイオードは総括的に10で示され、そして炭化ケイ素基板11を含み、その製造及び性質は例えばRE34, 861号（以前は第4, 866, 005号）を含む本発明の譲り受け人に譲渡された他の米国特許に明確に記述されている。好ましい態様では、上記炭化ケイ素基板は炭化ケイ素の3C, 4H, 6H, 及び15Rのポリタイプからなる群から選ばれる単結晶である。

【 0 0 2 9 】

好ましい態様において、本発明のLEDは炭化ケイ素基板11上に緩衝構造12を更に含む。この緩衝構造は炭化ケイ素基板11からデバイスの残りの第III族窒化物部分までの結晶及び機械的な転移の供給を助ける。適切な緩衝構造は例えば米国特許第5, 393, 993号；第5, 523, 589号；第5, 592, 501号及び第5, 739, 554号に開示されており、これらは全て本発

50

明に譲渡されている。ダイオード10は更に緩衝構造12上にp型第III族窒化物接触層14を有する第III族窒化物ヘテロ接合ダイオード構造13を有する。オーミック接触15が基板11に形成され、そして別のオーミック接触16が上記p型窒化エピタキシャル層に形成される。オーミック接触16は白金、パラジウム、金、チタンと金の組み合わせ、白金と金の組み合わせ、チタンと白金と金の組み合わせ、又は白金と酸化インジウムスズからなる群から選ばれ、そして最も好ましくは白金又はパラジウムから形成される。このデバイスはオーミック接触16上にパシベーション層17を有し、この好ましい材質は上記に述べられているが、窒化ケイ素から形成されることが最も好ましい。

【0030】

好ましい態様では、p型接触層は窒化ガリウムであり、そしてオーミック接触は白金である。最も好ましい態様では、ヘテロ構造ダイオードはダブルヘテロ構造であり、これは上記緩衝構造上のn型窒化ガリウムエピタキシャル層、上記n型窒化ガリウム層上のn型窒化アルミニウムガリウムエピタキシャル層、上記n型窒化アルミニウムガリウム層上の補償型n型窒化ガリウム活性層、上記窒化ガリウム活性層上のp型窒化アルミニウムガリウム層、及び上記p型窒化アルミニウムガリウム層上のp型窒化ガリウム接触層を含む。

【0031】

表1はこれらのオーミック接触物質を本発明のデバイスに対する適性に関して要約する。表1で使用される等級尺度で、“A”は優れた特性を意味するが、“C”は一般的に劣った特性を意味する。

【0032】

【表1】

表1

| 接触→ 特性↓ | Pt | Pd | Au | Ti/Au | Pt/Au | Ti/Pt/Au | Pt/ITO |
|--|----|----|----|-------|-------|----------|--------|
| オーム 性特徴 | A | A | B | B | A | B | A |
| 最小吸 収 | B | B | A | A | A | B | A |
| 透明性 | B | B | A | A | A | B | A |
| 電流の 広がり | B | B | A | A | A | A | A |
| 85/85/1 0におけ るパシ ベーション層 の付着 性 | A | A | B | B | B | B | A |
| 化学安 定性 | A | B | B | C | B | B | B |

【0033】

図3に示すように、好ましい態様において、オーミック接触16は上記p型窒化ガリウム層の実質的な部分を被覆して、上記p型窒化ガリウム層を横断して広がる電流を励起する。オーミック接触16はデバイスの発光部分を被覆しているため、このオーミック接触は好ましくは半透明になるほど十分に薄い。

【0034】

別の態様において、本発明はp型接触層14、このp型層14に対するオーミック接触16及びパシベーション層17を含む物理的に強固な発光ダイオードであって、85℃の温度で85%の相対湿度の環境において10ミリアンペアで少なくとも1000時間動作させた後、原光パワーの少なくとも50%を発光し、動作電圧が実質的に変化しない特徴を有するダイオードを含

む。これらの条件は極端ではあるが予測される操作条件下でダイオードの信頼性を決定する目的のための“85/85/10”試験として知られている。

【0035】

品質が劣ったダイオードでさえも原（即ち、劣った）パワーの50%を技術的に維持できることはもちろん認められる。従って、好ましい態様では、原光パワーは概して高く、例えば20ミリアンペアの順電流入力で約800マイクロワット、又は20ミリアンペアの電流入力で約1600マイクロワットでさえある。85/85/10の試験の後に原光パワーの少なくとも50%を維持できるような出力を有するデバイスの能力はこの種のダイオードでは著しい進歩であると認識される。

【0036】

図3に示すダイオードは数多くの用途に使用できる。一つの有用な用途は表示装置、典型的には、本発明の複数の発光ダイオードを備える“数字”又は“英数字”表示装置であるが、これに限定されるものではない。特定の具体例では、本発明の青色発光ダイオードは赤-緑-青（“RGB”）ピクセル（画素）を形成するために赤及び緑のLEDを備える。このようなピクセルは別個に三原色を生成できるため、人間の目に見えるほとんど全ての色を生成する能力を有する。

【0037】

その他の用途としては、図3のダイオード10のようなダイオードはLEDランプ中に組み込まれる。図4は従ってこの種の典型的なランプの一例を示す。図4は本発明のダイオードを備えるために使用できるランプ構造の具体例であって、本発明のダイオードが使用されるランプの型をなんら限定するものではない。

【0038】

図4において、ランプ20はプラスチック（即ち、重合体）のレンズ21内に収納された本発明のダイオード10を含む。レンズ用のプラスチック物質はこの技術分野の熟達者に公知の幅広い重合体物質から過度の実験作業をすることなく選択できる。多くの場合、レンズ21はエポキシ樹脂から形成される。ランプ20はこのランプを他の電子回路素子に電氣的に接続するためのメタルリードフレーム22を備える。図4に示すように、メタルリードフレーム22はアノード23及びカソード24を含む。

【0039】

本発明のダイオードの態様において、複数のランプ20を組み込んで適当な表示装置を形成できる。特に、このタイプの窒化ガリウムデバイスは可視スペクトルの青色部分で発色するため、本発明のランプは、赤及び緑のLEDランプを組み込まれてフルカラーの表示装置を有利に形成できる。これらの表示装置は例えば、“純色フラットパネルディスプレイモジュール”として1995年12月29日に出願された出願番号08/580,771及び“LEDドットマトリックス駆動方法及び装置”として1996年6月10日に出願された出願番号08/631,926に開示されている。

【0040】

図5～8は本発明の利点を強調するいくつかの比較データをプロットする。図5は85/85/10試験条件下で第III族窒化物ダイオードの時間に対する相対強度（即ち、各ダイオードの初期強度を100%とみなす）をプロットする。図5及び6はp型窒化ガリウム（GaN）接触層、チタン/金（“Ti/Au”）オーミック接触、及び二酸化ケイ素（SiO₂）パシベーション層を有するダイオードのデータを示す。

【0041】

図5に示すように、ダイオードは急速に劣化が始まり、あるものは200時間より少ない時間で初期強度の50%以下に低下する。図6は図5と同じ条件下で同じダイオードの時間に対する順電圧（V_f）をプロットし、そしてかなりの数のダイオードが500時間以内に著しく劣化することを示す。

【0042】

図7及び8は本発明のダイオードのいくつかの利点を強調し、そしてp型GaN接触層、白金（Pt）オーミック接触、及び窒化ケイ素（Si₃N₄）パシベーション層を有するダイオードを

10

20

30

40

50

含む。相対強度に関して、試験された全てのダイオード（図7及び8では9種が示される）が85/85/10の条件下で1000時間後において初期強度の少なくとも80%を維持した。 V_f に関して、上記試験条件の基で1000時間後においても大きな変化は生じなかった。

【0043】

図面及び明細書で、本発明の代表的な実施態様が開示され、特定の用語が使用されているが、それらは単に総括的に且つ説明的に使用しているのみであり、本発明の範囲を制限する目的ではない。本発明の範囲は特許請求の範囲で記載されている。

【図面の簡単な説明】

【図1】 図1は、窒化ガリウムからなる発光ダイオードの写真である。

【図2】 図2は、図1の窒化ガリウムからなる発光ダイオードの少し拡大した別の写真である。

10

【図3】 図3は、本発明に基づくLEDの略斜視図である。

【図4】 図4は、本発明のダイオードを備えるLEDランプの略図である。

【図5】 図5は、85/85/10の条件下で特定の第III族窒化物ダイオードに対する相対強度と時間との関係を示す図である。

【図6】 図6は、85/85/10の条件下で特定の第III族窒化物ダイオードに対する順電圧（ V_f ）と時間との関係を示す図である。

【図7】 図7は、85/85/10の条件の基で本発明のダイオードに対する相対強度と時間との関係を示す図である。

【図8】 図8は、85/85/10の条件の基で本発明のダイオードに対する順電圧（ V_f ）と時間との関係を示す図である。

20

【図1】

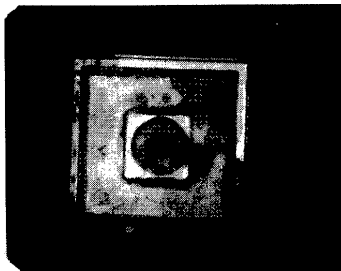


FIG. 1.

【図2】

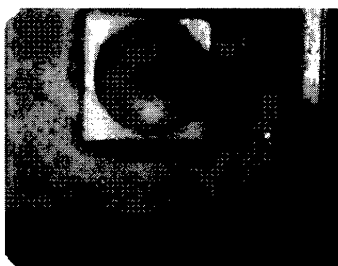


FIG. 2.

【図3】

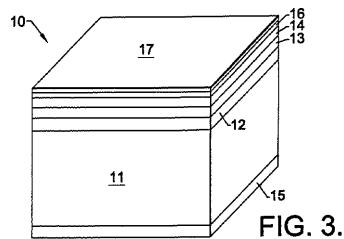


FIG. 3.

【図4】

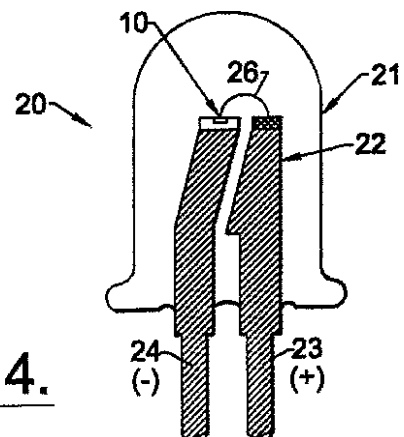
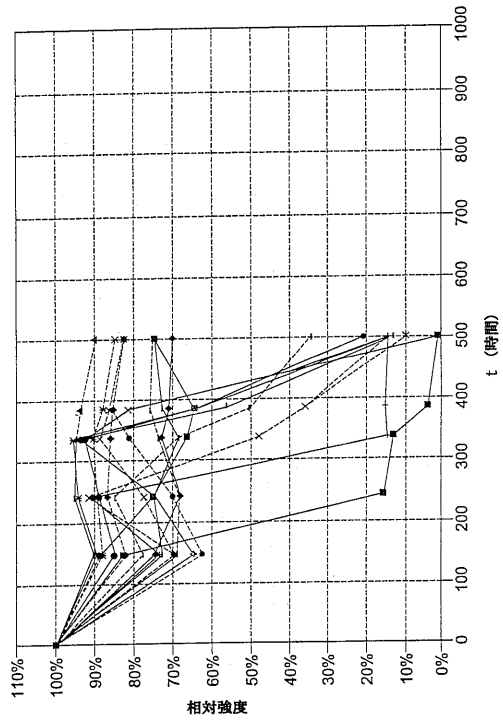
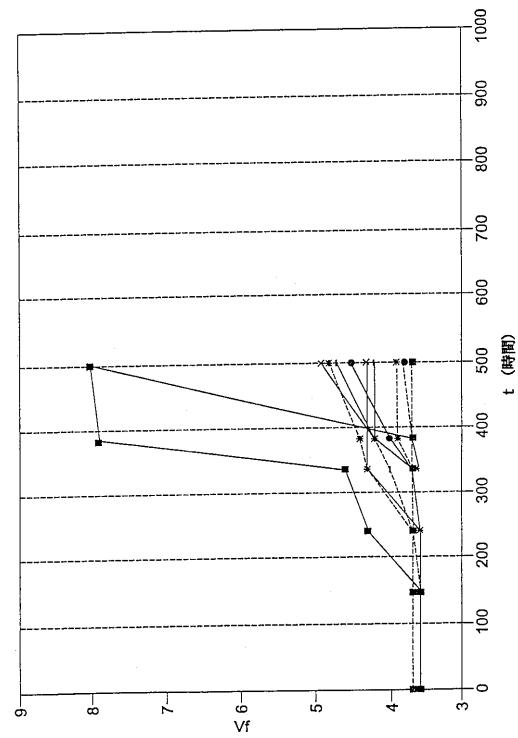


FIG. 4.

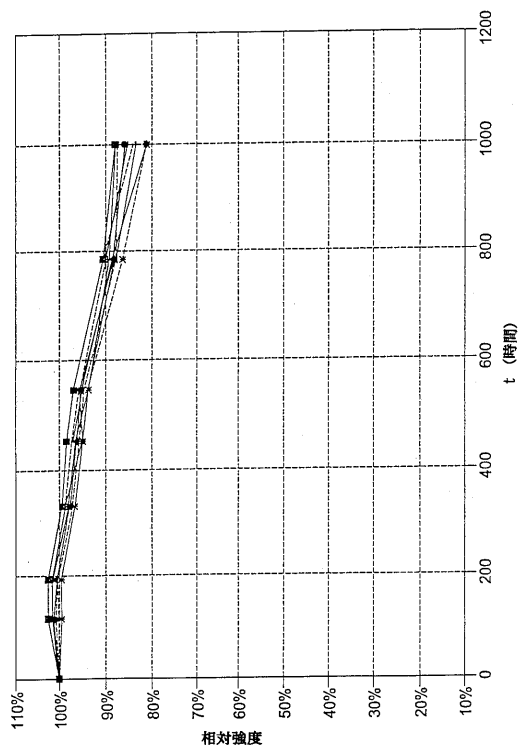
【図 5】



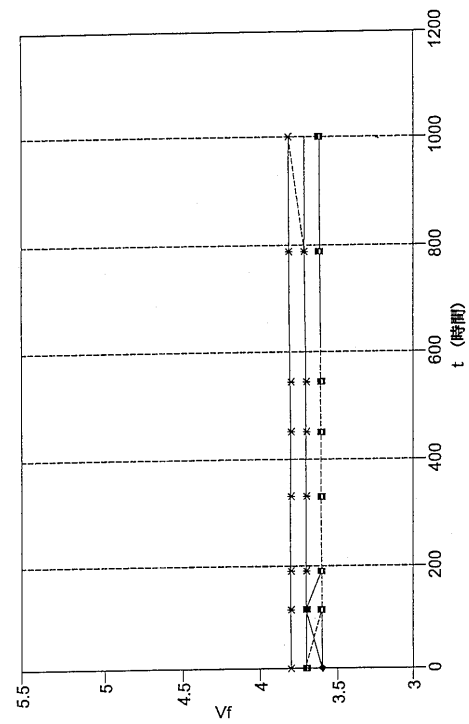
【図 6】



【図 7】



【図 8】



フロントページの続き

(74)代理人 100096013

弁理士 富田 博行

(74)代理人 100153028

弁理士 上田 忠

(72)発明者 スレイター, デーヴィッド・ビー, ジュニア

アメリカ合衆国ノース・カロライナ州27613, ローリ, ジャーラット・コーヴ 6304

(72)発明者 ネグリー, ジェラルド・エイチ

アメリカ合衆国ノース・カロライナ州27278, ヒルズボロ, エヌシー・86・エス 3512

(72)発明者 エドモンド, ジョン・アダム

アメリカ合衆国ノース・カロライナ州27511, ケアリー, ウエスト・ジュールズ・ヴァーン・
ウェイ 206

合議体

審判長 吉野 公夫

審判官 田部 元史

審判官 杉山 輝和

(56)参考文献 国際公開第96/24167(WO, A1)

特開平7-94783(JP, A)

特開平9-191160(JP, A)

特開平7-326823(JP, A)

特開平6-260680(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 33/00