

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2007 年 2 月 1 日 (01.02.2007)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2007/013674 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 33/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2006/315347
- (22) 国際出願日: 2006 年 7 月 27 日 (27.07.2006)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2005-218932 2005 年 7 月 28 日 (28.07.2005) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 昭和電工株式会社 (SHOWA DENKO K.K.) [JP/JP]; 〒1058518 東京都港区芝大門一丁目 13 番 9 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 竹内 良一 (TAKEUCHI, Rouichi) [JP/JP]; 〒3691871 埼玉県

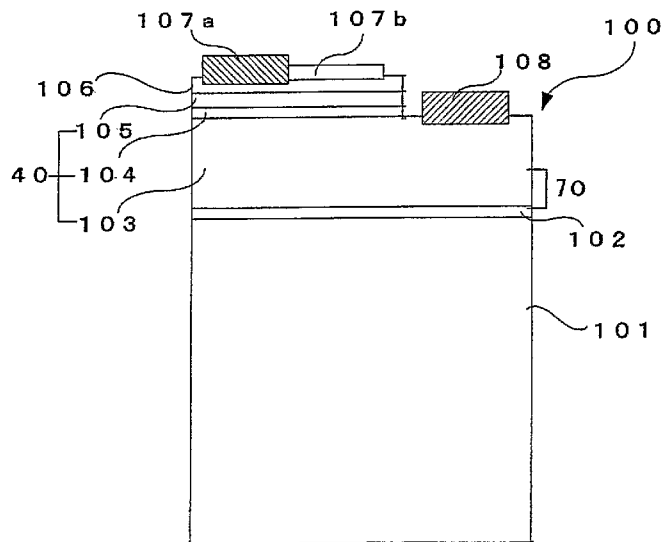
秩父市下影森 1505 番地 昭和電工株式会社内 Saitama (JP). 宇田川 隆 (UDAGAWA, Takashi) [JP/JP]; 〒3691871 埼玉県秩父市下影森 1505 番地 昭和電工株式会社内 Saitama (JP).

- (74) 代理人: 福田 賢三, 外 (FUKUDA, Kenzo et al.); 〒1050003 東京都港区西新橋一丁目 6 番 13 号 柏屋ビル Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

[続葉有]

(54) Title: LIGHT EMITTING DIODE AND LIGHT EMITTING DIODE LAMP

(54) 発明の名称: 発光ダイオード及び発光ダイオードランプ



(57) Abstract: A light emitting diode (10) is provided with a substrate (101) composed of a first conductivity type silicon (Si) single crystal (101); a light emitting section (40) on the substrate, which has a pn junction structure and is composed of a group III nitride semiconductor; a first polarity ohmic electrode (107a) arranged on the light emitting section (40) for the first conductivity type semiconductor; and a second polarity ohmic electrode (108) for a second conductivity type semiconductor, on the same side of the substrate (101) as the light emitting section (40). The light emitting diode is also provided with a second pn junction structure section (30), which is different from the pn junction structure of the light emitting section (10) and is composed pn junction of a first conductivity type semiconductor layer (102) and a second conductivity type semiconductor layer (103).

(57) 要約: 本発明は、第1の伝導形の珪素(Si)単結晶(シリコン)からなる基板(101)と、その基板上のIII族窒化物半導体から構成されたpn接合構造型の発光部(40)

[続葉有]



WO 2007/013674 A1



(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

添付公開書類:

— 国際調査報告書

と、その発光部(40)上に設けられた第1の伝導形の半導体のための第1の極性のオーミック電極(107a)と、基板(101)に関して発光部(40)と同一側の、第2の伝導形の半導体のための第2の極性のオーミック電極(108)と、が備えられている発光ダイオード(10)において、上記発光部(10)のpn接合構造とは別の、第1の伝導形の半導体層(102)と第2の伝導形の半導体層(103)とのpn接合からなる第2pn接合構造部(30)を備えることから成る。

明 細 書

発光ダイオード及び発光ダイオードランプ

技術分野

本発明は、第1の伝導形の珪素単結晶基板と、その珪素単結晶基板上のIII族窒化物半導体から構成された第1のpn接合構造部を含む発光部と、その発光部上に設けられた第1の伝導形の半導体のための第1の極性のオーミック電極と、珪素単結晶基板に関して発光部と同一側の、第2の伝導形の半導体のための第2の極性のオーミック電極と、が備えられている発光ダイオード及びその発光ダイオードを用いた発光ダイオードランプに関する。

10

背景技術

長期に亘り安定して動作するpn接合型発光ダイオード(LED)を得るためには、例えば、静電気等により、不用意にpn接合型発光部に逆方向の過電流が通流するのを防止できる技術手段を講ずることが重要である。従来では、LEDの電氣的耐性の向上を目的として、ツェナー(Zener)ダイオード等の電子部品をLEDに接続して、LEDを電氣的に保護する方法が多く採られてきた。特に、層厚の薄い化合物半導体層から構成されるpn接合型発光部を備えた窒化ガリウム(GaN)系LEDや、燐化アルミニウム・ガリウム・インジウム(AlGaInP)系LEDでは、ツェナーダイオードをLED駆動用電気回路にわざわざ付加し、組み込んで耐電圧性の向上を果たす手段が開示されている(日本特開2005-20038号公報(特許文献1)参照)。

15

20

25

また、日本特開2005-57228号公報(特許文献2)及び日本特開2000-188425号公報(特許文献3)には、コンデンサや抵抗を複雑に組み込んだLED駆動用電源回路を配備することにより、LEDの耐電圧性を高める技術が開示されている。

また、pn接合型LEDと、LEDとは別個にpn接合型保護ダイオードを設けて、それらを電氣的に並列に結線することにより、LED逆方向電圧に対する

耐電圧性を向上させる技術も開示されている（日本特開昭52-61982号公報（特許文献4）参照）。さらに、pn接合型保護ダイオードをLEDとは別個の単体素子として設ける上記の技術に加えて、同一の基板上に隣接して別個にpn接合型保護ダイオードを設け、pn接合型発光部へ逆方向の過電圧が印加されるのを回避しようとする技術手段も開示されている（日本特開平10-200159号公報（特許文献5）参照）。

しかし、上記従来技術のうち、特許文献1～3では、ツェナーダイオードやコンデンサ等の耐電圧性を上げるための電子部品を電源回路に付帯して配置するスペースを必要とし、LEDが徒に大型化してしまう問題がある。また、より良く耐電圧性を向上させるために、電源回路に組み込む電子部品の部品数を増加させると、回路組立て技術が複雑になり、LEDの製造コストの上昇を避けられない問題がある。

また、特許文献4、5の如く保護ダイオードを単品部品として別個に使用し、しかも、電氣的に並列に結線させて、pn接合型発光部へ不用意に通流する逆方向電流に対する耐電圧性を向上させようとする場合、保護ダイオードを配置するための空間が要求され、帰結されるLEDのチップサイズは自ずと大型化してしまう。また、不用意な逆方向への過電流からpn接合型発光部を電氣的に保護する機能を発揮させるために、LEDとは別個に設ける保護ダイオードには、LEDの発光部へ動作電流を流通させるために必要な電極に加え、保護ダイオード自身を動作させるための電極が必要とされる。例えば、上記の特許文献4に記載される単品のpn接合型保護ダイオードを隣接して配置したLEDにあっては、合計3個（特許文献4の第4図参照）、または多い場合には合計4個（特許文献4の第1図参照）の入力及び出力電極を形成する必要がある、LEDを作製するための工程を煩雑としていることは否めない。

25 本発明は上記に鑑み提案されたもので、耐電圧を向上させても小型化とコスト低減が可能で、さらに保護ダイオードも不要となる発光ダイオード及び発光ダイオードランプを提供することを目的とする。

発明の開示

1) 上記目的を達成するために、第1の発明は、第1の伝導形の珪素単結晶基板と、その珪素単結晶基板上のIII族窒化物半導体から構成された第1のpn接合構造部を含む発光部と、その発光部上に設けられた第1の伝導形の半導体のための第1の極性のオーミック電極と、珪素単結晶基板に関して発光部と同一側の、
5 第2の伝導形の半導体のための第2の極性のオーミック電極と、が備えられている発光ダイオードにおいて、上記第1の伝導形の珪素単結晶基板と、その珪素単結晶基板に接合させて設けられた第2の伝導形の半導体層とで、珪素単結晶基板から発光部に渡る領域に第2のpn接合構造部を構成したことから成る。

2) 第2の発明は、第1の伝導形の珪素単結晶基板と、その珪素単結晶基板上
10 のIII族窒化物半導体から構成された第1のpn接合構造部を含む発光部と、その発光部上に設けられた第1の伝導形の半導体のための第1の極性のオーミック電極と、珪素単結晶基板に関して発光部と同一側の、第2の伝導形の半導体のための第2の極性のオーミック電極と、が備えられている発光ダイオードにおいて、
15 上記第1の伝導形の珪素単結晶基板に接合させて設けられた第2の伝導形の中間層と、その中間層に接合させて設けられた第2の伝導形の半導体層とを備え、第1の伝導形の珪素単結晶基板と第2の伝導形の中間層とで、珪素単結晶基板から発光部に渡る領域に第2のpn接合構造部を構成したことから成る。

3) 第3の発明は、第1の伝導形の珪素単結晶基板と、その珪素単結晶基板上
20 のIII族窒化物半導体から構成された第1のpn接合構造部を含む発光部と、その発光部上に設けられた第1の伝導形の半導体のための第1の極性のオーミック電極と、珪素単結晶基板に関して発光部と同一側の、第2の伝導形の半導体のための第2の極性のオーミック電極と、が備えられている発光ダイオードにおいて、
上記第1の伝導形の珪素単結晶基板に接合させて設けられた第1の伝導形の中間層と、その中間層に接合させて設けられた第2の伝導形の半導体層とを備え、
25 第1の伝導形の中間層と第2の伝導形の半導体層とで、珪素単結晶基板から発光部に渡る領域に第2のpn接合構造部を構成したことから成る。

4) 第4の発明は、上記した2)項または3)項に記載の発明の構成に加えて、上記中間層は、珪素を富裕に含む非化学量論的組成を有する炭化珪素(SiC)から構成されていることから成る。

5) 第5の発明は、上記した2) 項または3) 項に記載の発明の構成に加えて、上記中間層は、III 族窒化物半導体から構成されていることから成る。

6) 第6の発明は、上記した1) 項から5) 項の何れか1 項に記載の発明の構成に加えて、上記第2の伝導形の半導体層は、燐化硼素 (BP) 系半導体から構成されていることから成る。

7) 第7の発明は、上記した1) 項から5) 項の何れか1 項に記載の発明の構成に加えて、上記第2の伝導形の半導体層は、第2の伝導形の III 族窒化物半導体材料から構成されていることから成る。

8) 第8の発明は、上記した1) 項から7) 項の何れか1 項に記載の発明の構成に加えて、上記第2のpn接合構造部におけるpn接合構造の逆方向の耐電圧が、上記第1のpn接合構造部を含む発光部を備えた発光ダイオードの順方向電圧を超えて高く、発光ダイオードの逆方向電圧よりも小さいことから成る。

9) 第9の発明は、上記した8) 項に記載の発光ダイオードを、支持器に固定して構成した発光ダイオードランプであって、第1の伝導形の珪素単結晶基板と、第1の極性のオーミック電極とが、略同一の電位に電氣的に接続されていることから成る。

10) 第10の発明は、上記した9) 項に記載の発明の構成に加えて、上記第1の伝導形の珪素単結晶基板と電氣的に接触する支持器の領域を、第1の極性のオーミック電極と略同一の電位としたことから成る。

本発明では、発光部の第1のpn接合構造部とは別に、珪素単結晶基板から発光部に亘る領域に第2のpn接合構造部を構成し、例えばその第2のpn接合構造部を、第1の伝導形の珪素単結晶基板と、その珪素単結晶基板に接合させて設けられた第2の伝導形の半導体層とで構成し、また第1の伝導形の珪素単結晶基板に接合させて設けられた第2の伝導形の間層と、その中間層に接合させて設けられた第2の伝導形の半導体層とを備えてその第1の伝導形の珪素単結晶基板と第2の伝導形の間層とで構成し、また第1の伝導形の珪素単結晶基板に接合させて設けられた第1の伝導形の間層と、その中間層に接合させて設けられた第2の伝導形の半導体層とを備えてその第1の伝導形の間層と第2の伝導形の半導体層とで構成するようにしたので、発光ダイオード (LED) の耐電圧を向

上させることができる。

- また、従来技術の如く、保護ダイオード等を新たに付加させる必要もなく、また、LEDとそれらの電子部品とを電氣的に接続するために電極を追加して設ける必要もなく、従って、LEDを動作するに最低限必要な陽極及び陰極を設ければ良いため、簡便に小型のLEDを提供できる。

- また、本発明では、同一のLEDチップに内包させる逆方向の耐電圧性を向上させるためのpn接合構造を、珪素単結晶基板から発光部に渡る領域に設けたので、静電気等により、不用意に印加される逆方向の電圧により、過大な電流が発光部に流れ、発光部が破壊されるのを防止するのに有効なpn接合を構成でき、
- 従って、逆方向の耐電圧性を向上させることができる。

特に、珪素単結晶基板から発光部に渡る領域に設ける第2のpn接合構造部を、中間層を利用して構成したので、上記の逆方向の耐電圧性をより一層向上させることができる。

- また本発明では、同一のLEDチップに内包させる逆方向の耐電圧性を向上させるための第2のpn接合構造部をなす第2の伝導形の半導体層を、禁止帯幅が比較的に大とする炭化珪素やIII族窒化物半導体から構成することとしたので、静電気等により、不用意に印加される逆方向の電圧により、過大な電流が発光部に流れ、発光部が破壊されるのを防止するに有効な高い耐電圧性のpn接合構造を構成することができる。

- また本発明では、第2のpn接合構造部の逆方向の耐電圧を、pn接合型発光部を備えたLEDの順方向電圧を超えて高く、LEDの逆方向電圧よりも小さくしたので、不用意に印加される逆方向の電圧により、発光部へ過大な電流が流れ込むのを安定して、有効に回避でき、従って、逆方向の耐電圧性に優れるLEDを提供することができる。

- また本発明では、LEDを支持器に固定してLEDランプを作製するに際し、第1の伝導形の珪素単結晶基板と、第1の極性のオーミック電極とを、略同一の電位となる様に電氣的に接続して作製することとしたので、静電気等により、不用意に印加される逆方向の電圧に対して耐電圧性に優れるLEDランプを、従来の如く保護ダイオード等の電子部品を敢えて付帯させずとも、簡便に提供できる。

さらに、本発明では、第1の伝導形の珪素単結晶基板と、電氣的に接触する支持器の領域を、第1の極性のオーミック電極と略同一の電位に電氣的に接続してLEDランプを構成することとしたので、静電気等により、LEDの発光部に逆方向の過電流が不用意に流通するのを確実に回避でき、逆方向の耐電圧性に優れたLEDランプを、従来の如く保護ダイオード等の電子部品を敢えて付帯させずとも、簡便に提供できる。

図面の簡単な説明

- 第1図は、本発明の実施例1に記載のLEDの平面模式図である。
- 10 第2図は、第1図に記載のLEDの破線II-IIに沿った断面模式図である。
- 第3図は、本発明の実施例2に記載のLEDランプの断面模式図である。
- 第4図は、本発明の実施例3に記載のLEDの平面模式図である。
- 第5図は、第4図に記載のLEDの破線V-Vに沿った断面模式図である。
- 第6図は、本発明の実施例4に記載のLEDの平面模式図である。
- 15 第7図は、第6図に記載のLEDの破線VI-VIに沿った断面模式図である。

発明を実施するための最良の形態

本発明では、pn接合型構造の発光部を、珪素(Si)単結晶(シリコン)からなる基板上に形成する。基板には、n形またはp形の何れの伝導形の珪素単結晶も使用できる。なお、以下の説明では、n形、p形の何れか一方を第1の伝導形とし、他方を第2の伝導形とする。そして、基板とする珪素単結晶の伝導形を此处では、第1の伝導形とする。後述する様に、第1の極性のオーミック(Ohmic)電極を設ける半導体層も第1の伝導形の半導体層とする。

発光部は、窒化ガリウム(GaN)、窒化ガリウム・インジウム混晶(組成式 $Ga_xIn_{1-x}N$: $0 < x < 1$) や窒化アルミニウム・ガリウム混晶(組成式 $Al_yGa_{1-y}N$: $0 < y < 1$) 等のIII族窒化物半導体材料から構成する。発光部は、単一ヘテロ(SH) 或いは二重ヘテロ(DH) 構造の何れかから構成できる。発光部に備えられる発光層は、例えば、 $Al_yGa_{1-y}N/Ga_xIn_{1-x}N$ からなる単一量子井戸(SQW) 構造または多重量子井戸(MQW) 構造から構成でき

る。

そして本発明では、第1の伝導形の珪素単結晶基板と、その珪素単結晶基板上のIII族窒化物半導体から構成された第1のpn接合構造部を含む発光部と、その発光部上に設けられた第1の伝導形の半導体のための第1の極性のオーミック電極と、珪素単結晶基板に関して発光部と同一側の、第2の伝導形の半導体のための第2の極性のオーミック電極と、が備えられている発光ダイオードにおいて、珪素単結晶基板から発光部に渡る領域に第2のpn接合構造部を構成している。例えば、この第2のpn接合構造部を、(1)第1の伝導形の珪素単結晶基板と、その珪素単結晶基板に接合させて設けられた第2の伝導形の半導体層とで構成し、また(2)第1の伝導形の珪素単結晶基板に接合させて設けられた第2の伝導形の中間層と、その中間層に接合させて設けられた第2の伝導形の半導体層とを備えてその第1の伝導形の珪素単結晶基板と第2の伝導形の中間層とで構成し、また(3)第1の伝導形の珪素単結晶基板に接合させて設けられた第1の伝導形の中間層と、その中間層に接合させて設けられた第2の伝導形の半導体層とを備えてその第1の伝導形の中間層と第2の伝導形の半導体層とで構成するようにしている。なお、(1)(2)(3)の各構成中、第2の伝導形の半導体層は、発光部の最下層であってもよい。

第1の伝導形の珪素単結晶基板の表面には、第2の伝導形の半導体層を接合して形成して、珪素単結晶基板から発光部に渡る領域に第2のpn接合構造部を設けることとする。例えば、p形珪素単結晶基板には、n形半導体層を接合させて設けて第2のpn接合構造部を形成する。この場合、第1の伝導形はp形であり、従って、第2の伝導形はn形となる。また、例えば、n形珪素単結晶基板上に高抵抗のp形半導体層を設けてpn接合構造を形成する(高抵抗のp形層は、 π 形層と称される場合がある(米津 宏雄著、「光通信素子工学—発光・受光素子—」、平成7年5月20日、工学図書(株)発行、5版、317頁脚注参照))。また、別の例では、p形珪素単結晶基板上とそれに接合させて設けた高抵抗のn形半導体層とから第2のpn接合構造部を構成する(高抵抗のn形層は ν 型と称される場合がある(上記の「光通信素子工学—発光・受光素子—」参照))。

具体的には、第1の伝導形の珪素単結晶基板に接合して設けた、基板の珪素単

結晶とは伝導形を逆とする III 族窒化物半導体材料からなるバッファ層とで p n 接合構造を構成する。また例えば、第 1 の伝導形の珪素単結晶基板と、それに接合して設けた発光部の一部をなす下部クラッド (c l a d) 層とで p n 接合構造を構成する。第 1 の伝導形の珪素単結晶基板と接合させる第 2 の伝導形の半導体層は、後述する如く、好都合な逆方向の耐電圧が帰結される様なキャリア濃度 (または抵抗率 (= 比抵抗)) と層厚とを有しているのが望ましい。極端に抵抗が高く、且つ層厚の厚い半導体材料から構成すると、導電性の n 形或いは p 形珪素単結晶基板を経由して、LED の発光部を回避して、後述する第 2 の極性のオーミック電極に効果的に逆方向に不用意に印加される過電圧に因る過電流を逃がせない。

第 1 の伝導形の珪素単結晶基板から発光部に渡る領域に設ける第 2 の p n 接合構造部は、第 1 の伝導形の珪素単結晶基板と、その上の第 2 の伝導形の半導体層との間に設ける中間層を利用しても構成できる。中間層は、第 1 または第 2 の何れの伝導形の半導体層からも構成できる。即ち、p 形 (π 形) または n 形 (ν 形) の何れの伝導形の半導体層からも構成できる。第 1 の伝導形の珪素単結晶基板 / 中間層 / 第 2 の伝導形の半導体層 (記号 / は接合を表す。) からなる p n 接合構造体にあつて、中間層を第 1 の伝導形の半導体層から構成した場合、p n 接合は、中間層と第 2 の伝導形の半導体層とで形成されることとなる。中間層を第 2 の伝導形の半導体層から構成した場合、p n 接合は、中間層と第 1 の伝導形の珪素単結晶基板とで形成されることとなる。

中間層を、室温で比較的高い禁止帯幅を有する半導体材料から構成することとすると、逆方向の耐電圧が安定して高い p n 接合構造をもたらすに優位となる。例えば、立方晶または六方晶の炭化珪素 (S i C) から中間層を構成する。炭化珪素からなる中間層は、例えば、化学的気相堆積 (C V D) 法等に依り形成できる。高真空中で、珪素単結晶の表面に向けてアセチレン (分子式: C_2H_2) 等の炭化水素系気体を照射して、珪素単結晶の表面に形成した立方晶 3 C 型の S i C 薄膜層を高抵抗層として p n 接合構造を形成できる。{001} 結晶面を表面とする珪素単結晶基板を用いれば、{001} - 配向性の 3 C 型 S i C 層を形成できる。{111} 結晶面を表面とする珪素単結晶基板を用いれば、{111} -

配向性の3C型SiC層を形成できる。

中間層を構成するための炭化珪素層は、抵抗率（＝比抵抗）にして $1 \times 10^4 \Omega \cdot \text{cm}$ 未満であり、層厚を10nm以下、更に望ましくは5nm以下とするのが望ましい。用いる炭化珪素層の抵抗率、または抵抗率に反比例するキャリア濃度（ $n (\text{cm}^{-3})$ または $p (\text{cm}^{-3})$ ）と層厚（ $d (\text{cm})$ ）とは、その炭化珪素層を中間層として含むpn接合構造が、LEDの順方向電圧より高く、且つ逆方向電圧より低い、逆方向電圧を顕現するに好都合となる様に調整する。中間層は、特に、非化学量論的な組成の炭化珪素から好ましく構成できる。珪素（Si）を炭素（元素記号：C）より当量的に多く含む非化学量論的な組成の例えば、 $\text{SiC}_{0.6}$ から構成できる。この様な非化学量論的な組成の炭化珪素層を中間層として設けることに依り、珪素単結晶基板と中間層上に設ける上層との格子ミスマッチ或いは熱膨張率の差異に起因する応力が緩和され、結晶層に優れる上層をもたらすことができる。

また、中間層は、室温で広い禁止帯幅（ E_g ）をもつIII族窒化物半導体材料から構成できる。例えば、ウルツ鉱結晶型のGaN（ $E_g = 3.4 \text{ eV}$ ）、閃亜鉛鉱結晶のGaN（ $E_g = 3.2 \text{ eV}$ ）、窒化アルミニウム（AlN； $E_g = 5.9 \text{ eV}$ ）、窒化アルミニウム・インジウム（組成式 $\text{Al}_q\text{In}_{1-q}\text{N}$ ： $0 < q < 1$ ）等のアルミニウム（Al）を含む窒化物半導体混晶等から構成できる。珪素単結晶基板から発光部に渡る領域に設ける本発明に係わる第2のpn接合構造部は、例えば、p形珪素単結晶基板にn形III族窒化物半導体層及びn形III族窒化物半導体層を順次、積層させて構成する。III族窒化物半導体材料から構成された中間層は、その上に第2の伝導形の窒化物半導体層を積層させるに際し、良質な上層をもたらす下地層として貢献できる。

また、第2の伝導形の半導体層は、燐化硼素（BP）系化合物半導体材料から構成できる。燐化硼素系化合物半導体とは、硼素（元素記号：B）と燐（元素記号：P）とを構成元素として含むIII-V族化合物半導体である、例えば、燐化硼素・アルミニウム（組成式 $\text{B}_x\text{Al}_{1-x}\text{P}$ ： $0 < x \leq 1$ ）であり、燐化硼素・ガリウム（組成式 $\text{B}_y\text{Ga}_{1-y}\text{P}$ ： $0 < y \leq 1$ ）であり、燐化硼素・インジウム（組成式 $\text{B}_z\text{In}_{1-z}\text{P}$ ： $0 < z \leq 1$ ）である。例えば、室温での禁止帯幅を 2.0 eV

V或いはそれ以上の単量体のBPから構成できる。この様な広い禁止帯幅を有する燐化硼素系半導体材料からなる層は、また、中間層を構成する材料としても利用できる。

第2の伝導形の燐化硼素系半導体層は、例えば、有機金属化学的気相堆積（MOCVD）法、ハロゲン（halogen）気相成長エピタキシャル（VPE）法、ハイドライド（水素化物；hydride）VPE法、または、分子線エピタキシャル（MBE）法などのエピタキシャル成長方法に依り形成できる。特に燐（P）を構成元素として含む化合物半導体薄膜の成長に常用されているMOCVD法は、好適に用いられる。所望の逆方向の耐電圧を与える抵抗率や層厚の第2の伝導形の燐化硼素系化合物半導体層は、不純物を故意に添加しない（アンドープ）でも形成できる。また、その成長時に、p形不純物またはn形不純物を故意に添加する、所謂、ドーピング手段に依り形成できる。

中間層及び第2の伝導形の半導体層は、異なる手段で形成しても構わないが、同一の成長手段で構成するのが簡便である。好適な範囲のキャリア濃度と層厚を有する第2の伝導形を呈する半導体層を得るために、これらの層の成長時に伝導形を制御するための不純物を故意に添加（ドーピング）しても構わない。III族窒化物半導体材料から構成された第2の伝導形の半導体層は、その上に結晶性に優れるIII族窒化物半導体層をもたらすに好都合な下地層として働き、よって、良質なIII族窒化物半導体層から発光部を構成できる利点がある。例えば、GaN、AlN、或いはそれらの混晶から構成した第2の伝導形の半導体層上に、発光部をなす $Al_RGa_{1-R}N$ （ $0 \leq R \leq 1$ ）を積層させるとすると、双方の格子ミスマッチ度が小さいが故に良質の発光部の構成層を形成できる。 $Al_RGa_{1-R}N$ （ $0 \leq R \leq 1$ ）層を例えば、発光部の下方の珪素単結晶基板側に設ける下部クラッド層として利用する場合、その $Al_RGa_{1-R}N$ （ $0 \leq R \leq 1$ ）層の伝導形は、第2の伝導形とする。

第1の伝導形の珪素単結晶基板の表面に直接、第2の伝導形の半導体層を接合させて構成するか、または、上記の如くの間層を介在させて構成するかに拘らず、発光部の下方に設けるpn接合構造は、LEDの順方向電圧（所謂、発光部をなすpn接合の V_F ）を超えて高く、且つ、逆方向電圧（所謂、発光部をなす

p n 接合の V_R) より小さい逆方向の耐電圧 (V_B) を有するものとする。例えば、 V_B は、順方向電流を 10 マイクロアンペア (μA) として際の LED の順方向電圧 (V_F (単位: V)) の 2 倍を超え、LED の逆方向電圧 (V_R (単位: V)) (ここでは、10 μA の電流を通流した際の逆方向電圧を指す。) の 1/2 よりも小であるとする。即ち、 $0.5 \cdot V_R > V_B > 2.0 \cdot V_F$ の大小関係を与える逆方向の耐電圧 (V_B) を有する p n 接合構造であることが望ましい。

上記の電氣的耐圧特性を有する第 2 の p n 接合構造部と、その上の p n 接合構造型発光部とを備えた積層構造体に第 1 の極性のオーミック電極と、第 1 の極性とは反対の第 2 の極性のオーミック電極とを設けて LED を構成する。第 1 の伝導形が p 形であるならば、基板は p 形の珪素単結晶であり、第 1 の極性のオーミック電極は、第 1 の伝導形の半導体層、つまり p 形半導体層に設けられた陽極 (正極、(+)) とする。対応して第 2 の極性のオーミック電極は、陰極 (負極、(-)) とする。反対に、第 1 の伝導形が n 形ならば、第 1 の極性のオーミック電極は、n 形半導体層に設けられた陰極とする。この場合に対応して、第 2 の極性のオーミック電極は陽極とする。

本発明の LED を構成するための第 1 及び第 2 の極性のオーミック電極は、基板の表面に関し、発光部と同一側において、平面視で対向する領域に配置するものの、各々のオーミック電極は上下方向 (LED の鉛直方向) に異なる位置に形成する。第 1 の極性のオーミック電極は、発光部に備えられている発光層より上に積層した第 1 の伝導形の半導体層に設ける。例えば、ヘテロ接合型発光部を構成するために発光層上に設けた上部クラッド層、発光部上の窓 (window) 層や低接触抵抗の第 1 の極性のオーミック電極を形成するためのコンタクト (contact) 層など第 1 の伝導形の半導体層に接触させて設ける。

第 1 の極性のオーミック電極は、例えば、導電体と略等電位となす結線 (bonding) を施すために半導体層の表面に設けられたオーミック性金属膜からなる台座 (pad) 電極として形成され得る。また、台座電極と、台座電極に導通させて発光層または発光部上の第 1 の伝導形の半導体層の表面に拵げて延在させた第 1 の極性のオーミック電極とから構成できる。第 1 の伝導形の半導体層の表面の略全面に第 1 の極性のオーミック電極を拵げて延在して配置することによ

り、LEDを発光させるための駆動電流を順方向に平面的に拡散させるに効果を上げられる。順方向電流とは、第1の極性のオーミック電極が陽極であり、第2の極性のオーミック電極が陰極である場合、陽極に正電圧を印加し、陰極にその正電圧よりも低い電圧を印加した際に両極性のオーミック電極間に流れる電流である。また、第1の極性のオーミック電極が陰極であり、第2の極性のオーミック電極が陽極である場合、陰極に負電圧を印加し、陽極にその負電圧よりも高い電圧を印加した際に両極性のオーミック電極間に流れる電流である。

結線用の台座電極に加えて、第1の伝導形の半導体層の表面上に、第1の極性のオーミック性電極を万遍無く配置して、LEDからの発光をもたらすための順方向電流を第1の伝導形の半導体層を介して発光部に拡散させる構成とした場合、
10 拡げて延在させる電極と台座電極とは、電氣的に導通させる必要があるが、台座電極は、第1の伝導形の半導体層についてオーミック性接触を呈する金属膜から、必ずしも構成する必要はない。台座電極を第1の伝導形の半導体層について非オーミック性の接触を形成する材料から構成すると、台座電極と第1の伝導形の半導体層との間の接触抵抗が高くなり、第1の伝導形の半導体層を介して発光部に
15 短絡的に流通するのを回避できる。

第1の極性オーミック電極に電氣的に導通させて設ける台座電極は、それへの結線時における機械的衝撃或いは熱的衝撃が第1の伝導形の半導体層、しいては発光をもたらす発光部へ波及するのを抑制するため数 μm 程度の層厚の厚い金属膜から構成する。このため、台座電極の射影領域に在る発光部からの発光は、
20 台座電極をなす厚い金属膜に因り遮蔽され、LEDの外部へ取り出せない。従って、台座電極を第1の伝導形の半導体層につい非オーミック性を呈する材料から構成し、台座電極の射影領域に在る発光部への短絡的な順方向電流の流通を阻止した上で、台座電極に導通する拡げて延在させた電極に依り、第1の伝導形の半導体層に順方向電流を平面的に拡散させれば光電変換効率の高い高輝度のLEDを得ることができる。

台座電極と電氣的に導通させて、第1の伝導形の半導体層に拡げて延在させる第1の極性のオーミック電極は、第1の伝導形の半導体層の表面、しいてはその下方の発光部に均一に順方向電流を拡散できる様に配置する。例えば、平面視で

格子状、網状、同心円状、または枠状等の形状に、フォトリソグラフィ技術等を利用して加工されたオーミック性金属膜から構成できる。更には、第1の伝導形の半導体層へ均等な電流密度で順方向電流を流通させられる形状の電極から構成する。例えば、台座電極から第2の極性のオーミック電極へ向けての距離が増
5 すに連れて、間隔を狭めた格子状の、或いはその距離に応じて直径を段階的に小さくした同心円状の形状から構成する。

一方、第1とは反対の極性の第2の極性のオーミック電極は、pn接合型発光部に備えられている発光層より下方の発光部を構成する第2の伝導形の半導体層上に設ける。または、発光部より下方で、第1の伝導形の基板との中間に在る第
10 2の伝導形の半導体層に設ける。例えば、ヘテロ構造の発光部を形成するため第2の伝導形の下部クラッド層に設ける。また、例えば、第1の伝導形の基板と発光部との中間に配置されたバッファ (buffer) 層やブラッグ (Bragg) 反射層等に接触させて設ける。

発光層または発光部より下方の、基板側に在る第2の伝導形の半導体層に第2
15 の極性のオーミック電極を配置するには、そのオーミック電極を設けるための領域に存在する発光部を除去する必要がある。即ち、発光をもたらず発光部の一部の領域を敢えて除去し、発光をもたせる領域の面積を減じて設ける必要がある。このため、第2の極性のオーミック電極は、結線ができる最小限の平面積を有する電極とし、除去する発光部の領域が過大となるのを回避するのが、高輝度のLED
20 を得る場合の得策となる。例えば、第2の極性のオーミック電極は、結線に必要な台座電極のみから構成できる。第2の極性のオーミック電極を兼ねる台座電極として、直径を $80\mu\text{m}\sim 150\mu\text{m}$ とする平面視で円形の、また、一辺の長さを $80\mu\text{m}\sim 150\mu\text{m}$ とする平面視で正方形の金属電極を例示できる。

本発明に係わる不用意に印加される逆方向の電圧に対して優れた耐電圧性を有
25 するLEDを利用して、発光部上に設けた正または負の第1の極性のオーミック電極と、基板の第1の伝導形の珪素単結晶とを等電位とする様に電氣的に接続すると逆方向の耐電圧性を十分に発揮できるLEDランプを作製できる。発光部上に設けた第1の伝導形の半導体層上の第1の極性のオーミック電極と第1の伝導形の基板とを略等電位に電氣的に接続するのは、例えば、それらを等電位にある

同一の端子に結線し、接続する方法により簡便に達成できる。

本発明に依るLEDは、その逆方向の耐電圧（電圧 V_B ）が、pn接合型発光部を有するLEDの逆方向電圧（電圧 V_R ）より低値となる様に構成されている。従って、上記の如くの電氣的結線を果たすことに依り、不用意に逆方向の電圧が印加された際に発生する逆方向への電流を、発光部ではなく、例えば、第2の伝導形の半導体層上の正又は負何れかの第2の極性の第2のオーミック電極を経由して、LEDの外部へと逃がすことができる。従って、不用意な逆方向の過電流の通流に因るLEDの発光部の破壊を回避できる、耐電圧性に優れるLEDランプをもたらせる。

- 10 一方で、本発明に係わる第2のpn接合構造部は、本発明に依るLEDにおいて、その耐電圧（電圧 V_B ）が、pn接合型発光部を有するLEDの順方向電圧（電圧 V_F ）より高値となる様に構成されている。従って、上記の如くの電氣的結線を果たすことに依り、LEDを発光させるために正常に順方向に通流された素子駆動電流が、基板へと不要に漏洩するのを防止できる。従って、不用意に印加される逆方向の過電圧に対し、耐電圧性に優れ、且つ、光電変換効率にも優れるLEDランプをもたらせる。
- 15

- 更に、LEDランプを作製するに際し、LEDを構成するに用いた第1の伝導形の基板と、その基板を固定するための、基板と電氣的に接触する支持器の領域とが、等電位となる様にしてランプを構成すると、不用意に印加される逆方向の過電圧に対し耐電圧性に優れるランプを構成できる。第1の伝導形の基板の裏面（発光部が設けられているのとは反対側の表面）と、それを支持、固定する導電性の支持器の領域とを、点接触ではなく、平面的に広く電氣的に接触させ等電位とすることに依り、基板の内部を流通する逆方向の過電流の密度を減少させられる。従って、より効率的に不用意な逆方向の過電流を逃がすに効果がある。本発明では、基板と、それと電氣的に接触している支持器の導電性領域とを等電位となす電氣的結線を施す場合にも、基板と第1の極性の電極とは、同じく等電位とする。
- 20
- 25

次に本発明の実施例を述べるが、本発明は実施例により限定されるものではない。

(実施例1) 本実施例1では、第1の伝導形のp形の珪素単結晶基板と、その上に積層させた第2の伝導形のn形の半導体材料とから構成した耐電圧性を向上させるためのpn接合構造(第2のpn接合構造部)を内包するLEDを構成する場合を例にして本発明の内容を具体的に説明する。

- 5 第1図は、本実施例で作製した、発光部に備えられているpn接合に加えて、発光部以外に耐電圧性を向上させるためのpn接合構造を内包するLEDの平面模式図である。また、第2図は、第1図に示す高耐電圧型LEDの破線II-II線に沿った断面模式図である。

- LED10を作製するための積層構造体100は、硼素(元素記号:B)をドープした、表面を(001)結晶面とするp形珪素単結晶を基板101として形成した。従って、本実施例1では、第1の伝導形はp形である。珪素単結晶基板101の(001)結晶面からなる表面には、立方晶3C結晶型のp形炭化珪素(SiC)薄膜層(層厚約2nm)102を本発明の云う中間層として形成した。高分解能透過電子顕微鏡を使用して撮像した格子像から計測した炭化珪素薄膜層102の格子定数から、薄膜層102は非化学量論的な組成の $\text{SiC}_{0.8}$ から構成されていると判断された。p形炭化珪素薄膜層102の表面には、珪素(元素記号:Si)をドープしたn形の窒化ガリウム層(層厚約3 μm 、キャリア濃度約 $4 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$)103を直接、接合させて設けた。このn形GaN層は、本発明の云う第2の伝導形(本実施例1では、n形である。)の半導体層に該当する。
- 10 15 20

第1の伝導形であるp形の炭化珪素薄膜層102と、第2の伝導形であるn形GaN層103とを接合させて設けることにより、不用意に逆方向に印加される過電圧に因り発光部40に過電流が通流するのを回避するための第2のpn接合構造部70を形成した。

- 25 別途、積層構造体100を形成するに使用したのと同じの抵抗率、キャリア濃度及び厚さの硼素ドープ(001)-珪素単結晶基板上に、上記と同一の仕様のp形炭化珪素層及びn形GaN層を気相成長させ、pn接合を形成した。p形珪素単結晶基板の裏面側に、一般的な真空蒸着手段に依りアルミニウム(元素記号:Al)膜を被着させた後、シンターしてオーミック電極となした。n形GaN

N層の表面には、ランタン（元素記号：La）・Al合金真空蒸着膜からなるオーミック電極を形成し、このpn接合の逆方向の耐電圧（本発明の云う V_B である。）を測定した。逆方向電流を $10\mu A$ として際の耐電圧は約7.1ボルト（V）であった。

- 5 第2のpn接合構造部70の一構成要素であるn形GaN層103上には、インジウム（元素記号：In）組成比を異にする複数の相（phase）からなるn形窒化ガリウム・インジウム混晶（ $Ga_{1-\alpha}In_{\alpha}N$ ：平均的なInの組成比（ $=\alpha$ ）は0.19である。）層を井戸層とし、n形窒化アルミニウム・ガリウム混晶（ $Al_{0.01}Ga_{0.99}N$ ）層を障壁層とする多重量子井戸構造からなる発光層104を積層した。多重量子井戸構造の発光層104は、井戸層と障壁層の対数（ペア数）を5として形成した。n形発光層104上には、p形の $Al_{0.05}Ga_{0.95}N$ 層（層厚約50nm、キャリア濃度約 $3 \times 10^{17} cm^{-3}$ ）からなる上部クラッド層105を積層させた。これより、n形GaN層103からなる下部クラッド層と、発光層104と、上部クラッド層105とからpn接合型ダブルヘテロ接合構造型の発光部40を形成した。上部クラッド層105上には、第1の伝導形、即ち、本実施例1ではp形のGaN層をコンタクト層106として積層させた。

- p形珪素単結晶基板101上に、第1または第2の伝導形を有する上記の各半導体層102～106を、同一の分子線エピタキシャル（MBE）法で気相成長させ、積層構造体100の形成を終了した後、第2の伝導形（本実施例1では、n形である。）の半導体層に第2の極性（本実施例1では陰極である。）のオーミック電極108を設ける領域に限り、その上に在る半導体各層104～106を除去した。半導体各層104～106は、一般的なフォトリソグラフィ技術を利用してパターンニングした領域を選択的にドライエッチング手段に依り除去した。

然る後、ドライエッチング手段を利用して露出させたn形GaN層103の表面に、第2の伝導形の半導体層（本実施例1では、n形半導体層）のための第2の極性のオーミック電極108を形成した。結線用の台座（pad）電極を兼用する、この第2の極性（陰極）のオーミック電極は、膜厚を約 $2\mu m$ とするL

a・Al合金真空蒸着膜から構成した。第2の極性のオーミック電極を兼ねる台座電極108は、平面視で、一辺の長さを約 $120\mu\text{m}$ とする正方形とした。

一方、積層構造体100の最表層をなす第1の伝導形（本実施例1では、p形）のp形GaNコンタクト層106の表面の一部領域には、平面視で略正方形の金（元素記号：Au）・ゲルマニウム（元素記号：Ge）合金膜からなる結線用の台座電極107aを設けた。台座電極107aの形状は、一辺の長さを約 $110\mu\text{m}$ とする正方形とした。また、結線用台座電極107aに電氣的に導通させて、Au・ニッケル（元素記号：Ni）合金からなる第1の極性（本実施例1では陽極）のオーミック電極107bを設けた。第1の極性のオーミック電極107bは、上記のドライエッチングを施した後に残存する第1の伝導形（本実施例1ではp形）のp形GaNコンタクト層106の全面に略均等にLED駆動用電流を拡散させるために、格子状に配置した（第1図参照）。

上記の如く、第1の極性（本実施例1では、陽極）と第2の極性（本実施例1では陰極）の両極性のオーミック電極107b、108とを形成した後、一般的な裁断手段に依り、個別の素子へ分離し、一辺を約 $350\mu\text{m}$ とする平面視正方形のチップ（chip）状のLED10を得た。両極性のオーミック電極107b、108間に順方向に電流を通流したところ、pn接合型ヘテロ接合構造の発光部40を備えたLED10からは、波長を約 450nm とする青色光が出射された。順方向電流を 20mA とした際のLED10の順方向電圧（ V_F ）は 3.5V であった。順方向電流を $10\mu\text{A}$ とした際の V_F は、 2.9V となった。また、逆方向電流を $10\mu\text{A}$ とした際のLED10の逆方向電圧は、 15.0V となった。

（実施例2） 本実施例2では、上記の実施例1に記載のLED10を使用して、本発明に係わる、高い耐電圧性を有するLEDランプを作製する場合を例にして、本発明の内容を具体的に説明する。

第3図に、LEDランプ50の断面構造を模式的に示す。第3図において、第1図及び第2図に示したのと同じ構成要素については、同一の符号を付して示してある。

LEDランプ50は、実施例1に記載のチップ状のLED10を、支持器50

1に載置し、固定して作製した。LED10のp形珪素単結晶基板101の裏面は、支持器501の平坦な上面部501aと電氣的に導通させるために、一般的な導電性の銀(Ag)ペーストで接着させた。また、支持器501の上面部501aと電氣的に導通している結線用電極端子502と実施例1に記載の第1の極性(実施例1では陽極であり、本実施例2においても陽極である。)の台座電極107aとを金(Au)線503で電氣的に接続した。これより、台座電極107aを介して、第1の伝導形(=p形)の珪素単結晶基板101と、第1の極性(=陽極)の格子状オーミック電極107bとを等電位とさせた。

一方、上記の実施例1に記載の第2の極性(=陰極)のオーミック電極108は、支持器501の本体及び上面部501aとも電氣的に絶縁させて設けた他の一方の結線用電極端子504に金線505で電氣的に接続した。第1の伝導形(=p形)の珪素単結晶基板101及び第1の極性のオーミック電極107b(=陽極)と、第2の極性のオーミック電極108(=陰極)とは等電位にはしない結線を施した。次に、一般的な半導体素子封止用のエポキシ樹脂506で、LED10の外周囲を被覆(モールド)して、LEDランプ50とした。

第1の伝導形(=p形)の珪素単結晶基板101と第1の極性のオーミック電極107b(=陽極)との双方に電氣的に導通する電極端子502と、第2の極性のオーミック電極108(=陰極)とに電氣的に導通する電極端子504との間に順方向に電流を流し、LEDランプ50の光学的並びに電氣的特性を測定した。主たる発光スペクトルの波長は約450nmであり、上記の実施例1に記載のチップ状のLED10と然したる変化は認められなかった。一般的な積分球を利用して測光したLEDランプ50の光度は、約2カンデラ(cd)であった。

また、順方向に20mAの順方向電流を通流した場合の順方向電圧(V_F)は3.5Vであり、順方向電流を10 μ Aとした際の V_F は、2.9Vであった。逆方向電流を10 μ Aとした際のLEDランプ50の逆方向電圧(V_R)も約15Vであり、LEDランプとなすための上記の結線及びモールド(mold)を施した後においても、順及び逆方向電圧に然したる変化は認められなかった。

次にLEDランプ50に故意に逆方向に過電圧を印加し、耐電圧性を試験した。この耐電圧性試験は、容量100ピコファラッド(pF)及び抵抗1.5キロオ

ーム ($k\Omega$) を付加した電気回路を用い、LEDランプ50の両電極端子間502、504に、逆方向に500V~1000Vの過電圧を印加して実施した。過電圧を印加した後、LEDランプ50をなすチップ状のLED10の順方向電圧 (V_F) を改めて測定したところ、耐電圧性試験の以前と略同様の約3.6Vであった。即ち、過電圧を故意に印加しても、発光部40に備えられているpn接合は、その過電流から保護され、破壊されることなく清浄な整流特性を発現することが示された。これは、逆方向に過電圧が印加されても、過電流を、第1の極性のオーミック電極107b (=陽極) と等電位に保たれた第1の伝導形 (=p形) の珪素単結晶基板101を介して、発光部40を迂回して第2の極性のオーミック電極108 (=陰極) に逃がすことができる、LED10の逆方向電圧 (V_R) より低い耐電圧のpn接合構造30を発光部40の直下に設けたためと理解された。

(実施例3) 本実施例3では、第1の伝導形のp形の珪素単結晶基板と、その上に積層させた第2の伝導形のn形のIII族窒化物半導体材料とから構成した耐電圧性を向上させるためのpn接合構造 (第2のpn接合構造部) を内包するLEDを構成する場合を例にして本発明の内容を具体的に説明する。

第4図は、本実施例3で作製した、発光部に備えられているpn接合に加えて、発光部以外に耐電圧性を向上させるためのpn接合構造を内包するLED20の平面模式図である。また、第5図は、第4図に示す高耐電圧型LED20の破線V-V線に沿った断面模式図である。

LED20を作製するための積層構造体200は、硼素 (B) をドープした、表面を (001) 結晶面とするp形珪素単結晶を基板201として形成した。従って、本実施例3では、第1の伝導形はp形である。

p形珪素単結晶基板201の (001) 結晶面からなる表面には、n形窒素アルミニウム (AlN) 薄膜層 (層厚約12nm) 202を中間層として直接、接合させて設けた。第1の伝導形とは反対の伝導形 (本実施例3では、n形である。) のn形のAlN薄膜層202は、MBE法により形成した。このn形AlN薄膜層202は、本発明の云う第2の伝導形の中間層に該当する。

n形AlN薄膜層202の表面には、珪素 (Si) をドープしたn形の閃亜鉛

鉍結晶型のGa_{0.9}N_{0.1}層（層厚約2 μm、キャリア濃度約 $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ ）203を積層させ、不用意に逆方向に印加される過電圧に因り発光部40に過電流が通流するのを回避するためのpn接合構造（第2のpn接合構造部）71を形成した。

- 5 別途、上記の第2のpn接合構造部71を形成するのに使用したのと同じの抵抗率、キャリア濃度及び厚さの硼素ドーピング（001）-p形珪素単結晶基板上に、上記と同一の仕様の第2の伝導形のn形のAlN中間層及びn形のGa_{0.9}N_{0.1}層をMBE法に依り気相成長させ、pn接合構造を形成した。第1の伝導形のp形珪素単結晶基板の裏面側に、一般的な真空蒸着手段に依り金（Au）膜を被着させた
- 10 後、シンターしてオーミック電極となした。n形Ga_{0.9}N_{0.1}層の表面には、チタン（元素記号：Ti）膜からなるオーミック電極を形成し、このpn接合の逆方向の耐電圧（本発明の云う V_B である。）を測定した。逆方向電流を10 μAとして際の耐電圧は約7.4 Vであった。

- 第2の伝導形（本実施例3では、n形である。）のn形の立方晶Ga_{0.9}N_{0.1}層203上には、上記の実施例1に記載したn形発光層204、p形上部クラッド層205、及びp形コンタクト層206を順次、MBE法に依り積層し、積層構造体200を形成した。
- 15

- 然る後、上記の実施例1に記載の手順をもって、上記実施例1と同様に第1の極性のオーミック電極（本実施例3では、陽極）207b、そのための台座電極
- 20 207a、及び第2の極性のオーミック電極（本実施例3では、陰極である。）208を形成してLED20を得た。尚、本実施例3では、第1の極性のオーミック電極207bを、上記の実施例1に記載の平面視格子状の形状ではなく、円周の一部を不連続とした同心円状の形状として、LED駆動電流を、第1の伝導形のn形のGa_{0.9}N_{0.1}からなるコンタクト層206の略全面に拡散させる様に形成した。
- 25

LED20を上記の実施例2に記載の支持器に固定して、上記の実施例2と同様に、第1の伝導形（本実施例では、p形である。）のp形珪素単結晶基板201と第1の極性のオーミック電極207bと台座電極207aとが等電位となる様に結線を施した。第2の極性のオーミック電極（本実施例3では、陰極であ

る。) 208は、第1の極性のオーミック電極207bを結線した電極端子と電氣的に絶縁されている別の電極端子と結線した。その後、半導体素子封止用のエポキシ樹脂でモールドして、LEDランプとなした。

第1の極性のオーミック電極207bと導通する電極端子と、第2の極性のオーミック電極208とに導通する電極端子との間に、順方向に20mAの順方向電流を通流した際の順方向電圧(V_F)は、約3.6Vであった。また、逆方向電流を10 μ Aとした際の逆方向電圧(V_R)は約15.0Vであった。

作製したLEDランプの中から30個のランプを抜き取り、上記の実施例2に記載の手法により、耐電圧試験をした。その結果、1000Vの過電圧を故意に逆方向に印加した際に、発光部に備えられているpn接合に依る正常な整流特性が再現されず、発光部が破壊されたと判断されるLEDランプは無かった。即ち、不用意或いは故意に逆方向に過電圧が印加されても、本発明に記載の如くの V_F 及び V_R に関連した耐電圧(V_B)を有するpn接合構造(第2のpn接合構造部)を内包させることに依り、耐電圧性の高いLEDランプを安定して供給できることが示された。

(実施例4) 本実施例4では、第1の伝導形のn形の珪素単結晶基板と、その上に積層させた第2の伝導形のp形の単量体の燐化硼素(BP)とから構成した耐電圧性を向上させるためのpn接合構造を内包するLEDを構成する場合を例にして本発明の内容を具体的に説明する。

第6図は、本実施例4で作製した、発光部に備えられているpn接合に加えて、発光部以外に耐電圧性を向上させるためのpn接合構造(第2のpn接合構造部)を内包するLED30の平面模式図である。また、第7図は、第6図に示す高耐電圧型LEDの破線VI-VI線に沿った断面模式図である。第6図及び第7図において、第1図または第2図に示したのと同じ構成要素については、同一の符号を付して記載してある。

LED30を作製するための積層構造体300は、燐(元素記号:P)をドーピングした、表面を(111)結晶面とするn形珪素単結晶を基板301として形成した。従って、本実施例4では、第1の伝導形はn形である。

n形珪素単結晶基板301の(111)結晶面からなる表面には、p形の単量

体の燐化硼素（BP）層（層厚約 $0.7\mu\text{m}$ ）302を直接、接合させて設け、
n形珪素単結晶基板301とBP層302とによって第2のpn接合構造部72
を構成した。第1の伝導形とは反対の伝導形（本実施例4では、p形である。）
のBP層302は、トリエチル硼素（分子式： $(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{B}$ ）を硼素（B）源と
5 し、ホスフィン（分子式： PH_3 ）を燐（P）源とするMOCVD法により10
50℃で形成した。このn形BP層302は、本発明の云う第2の伝導形（本実
施例4では、p形である。）の半導体層に該当する。

別途、上記の第2のpn接合構造部72を形成するに使用したのと同じの抵抗
率、キャリア濃度及び厚さの燐ドープ（111）-珪素単結晶基板上に、105
10 0℃で上記と同一の仕様の第2の伝導形のp形のBP層をMOCVD法に依り気
相成長させ、pn接合構造を形成した。第1の伝導形のn形珪素単結晶基板の裏
面側に、一般的な真空蒸着手段に依り金（Au）膜を被着させた後、シンターし
てオーミック電極となした。p形BP層の表面には、Au・亜鉛（元素記号：Z
n）合金膜からなるオーミック電極を形成し、このpn接合の逆方向の耐電圧
15 （本発明の云う V_B である。）を測定した。このpn接合構造の、逆方向電流を
10 μA として際の耐電圧は約6.5ボルト（V）であった。

第2の伝導形（本実施例4では、p形である。）のp形BP層302上には、
上記の実施例1に記載したn形発光層304を積層させた後、更に、n形BP層
（層厚約 $0.4\mu\text{m}$ 、キャリア濃度約 $1\times 10^{19}\text{cm}^{-3}$ ）からなる上部クラッド
20 層305をMOCVD法に依り積層し、積層構造体300を形成した。

然る後、上記の実施例1に記載の手順をもって、第1の伝導形の上部クラッド
層305の表面に、第1の極性のオーミック電極（本実施例4では、陰極）30
7b、そのための台座電極307a、及び第2の極性のオーミック電極（本実施
例4では、陽極である。）308を形成した。他の一方の極性の第2の極性のオ
ーミック電極308は、ドライエッチング手段に依り、除去した領域に露出した
25 p形BP層302の表面に形成してLED30を構成した。尚、本実施例4では、
第1の極性のオーミック電極307bを、上部クラッド層402の表面に互いに
孤立させて配置した複数の金（Au）・ゲルマニウム（元素記号：Ge）合金電
極から構成した。第1の伝導形（実施例4では、n形である。）の上部クラッド

層 305 の表面に分散させて配置した合金電極は、直径を約 $30\ \mu\text{m}$ とする平面視で円形の形状とした。

これらの散在させた各オーミック電極 307b と LED 駆動電流を給電する台座電極 307a とは、オーミック電極 307b と台座電極 307a との中間に、
5 導電性のインジウム・錫複合酸化膜（英略称：ITO）309 を挿入する構成として（第 7 図参照）、電氣的に導通させた。ITO 膜 309 は、散在させた各オーミック電極 307b の側面及び上面と十分に接触でき、且つ、結線時に台座電極 307a に加わる機械的な衝撃を吸収させるために、約 $1\ \mu\text{m}$ の膜厚となる様に、一般的な高周波スパッタリング法で形成した。

10 一辺の長さを約 $350\ \mu\text{m}$ とする LED 30 を、上記の実施例 2 に記載の支持器に固定して、上記の実施例 2 と同様に、第 1 の伝導形（本実施例 4 では、n 形である。）の n 形珪素単結晶基板 301 と第 1 の極性のオーミック電極（本実施例 4 では、陰極である。）307b と台座電極 307a とが等電位となる様に結線を施した。第 2 の極性のオーミック電極（本実施例 4 では、陽極である。）は、
15 第 1 の極性のオーミック電極 307b を結線した電極端子と電氣的に絶縁されている別の電極端子と結線した。その後、半導体素子封止用のエポキシ樹脂でモールドして、LED ランプとなした。

第 1 の極性のオーミック電極 307b と導通する電極端子と、第 2 の極性のオーミック電極 308 とに導通する電極端子との間に、順方向に 20mA の順方向
20 電流を通流した際の順方向電圧（ V_F ）は、約 3.2V であった。また、逆方向電流を $10\ \mu\text{A}$ とした際の逆方向電圧（ V_R ）は約 13.0V であった。

作製した LED ランプの中から 30 個のランプを抜き取り、上記の実施例 2 に記載の手法により、耐電圧試験をした。その結果、 1000V の過電圧を故意に逆方向に印加した際に、発光部に備えられている pn 接合に依る正常な整流特性
25 が再現されず、発光部が破壊されたと判断される LED ランプは無かった。

即ち、上記実施例 1 乃至 3 に記載の如く、第 1 の伝導形が p 形であっても、或いは、本実施例 4 に記載した様に n 形であっても、また、上記実施例 1 乃至 3 に記載した如く、第 1 の極性のオーミック電極が陽極の場合であっても、或いは本実施例 4 に記載した様に陰極の場合であっても、不用意或いは故意に逆方向に過

電圧が印加されても、本発明に記載の如くの V_F 及び V_R に関連した耐電圧（ V_B ）を有するpn接合構造（第2のpn接合構造部）を同一素子内に内包させたLEDを用いることに依り、耐電圧性の高いLEDランプを安定して供給できることが示された。

5

産業上の利用可能性

本発明による発光ダイオードは、第1の伝導形の珪素単結晶からなる基板と、その基板上のIII族窒化物半導体から構成されたpn接合構造型の発光部と、その発光部上に設けられた第1の伝導形の半導体のための第1の極性のオーミック電極と、基板に関して発光部と同一側の、第2の伝導形の半導体のための第2の極性のオーミック電極と、が備えられている発光ダイオードにおいて、上記発光部のpn接合構造とは別の、第1の伝導形の半導体層と第2の伝導形の半導体層とのpn接合からなる第2pn接合構造部を備えるように構成した。

その結果、本発明の発光ダイオードは、耐電圧を向上させても小型化とコスト低減が可能で、さらに保護ダイオードも不要となった。

15

請 求 の 範 囲

1. 第1の伝導形の珪素単結晶基板と、その珪素単結晶基板上のIII族窒化物半導体から構成された第1のpn接合構造部を含む発光部と、その発光部上に設けられた第1の伝導形の半導体のための第1の極性のオーミック電極と、珪素単結晶基板に関して発光部と同一側の、第2の伝導形の半導体のための第2の極性のオーミック電極と、が備えられている発光ダイオードにおいて、
上記第1の伝導形の珪素単結晶基板と、その珪素単結晶基板に接合させて設けられた第2の伝導形の半導体層とで、珪素単結晶基板から発光部に渡る領域に第2のpn接合構造部を構成した、
ことを特徴とする発光ダイオード。
2. 第1の伝導形の珪素単結晶基板と、その珪素単結晶基板上のIII族窒化物半導体から構成された第1のpn接合構造部を含む発光部と、その発光部上に設けられた第1の伝導形の半導体のための第1の極性のオーミック電極と、珪素単結晶基板に関して発光部と同一側の、第2の伝導形の半導体のための第2の極性のオーミック電極と、が備えられている発光ダイオードにおいて、
上記第1の伝導形の珪素単結晶基板に接合させて設けられた第2の伝導形の間層と、その中間層に接合させて設けられた第2の伝導形の半導体層とを備え、第1の伝導形の珪素単結晶基板と第2の伝導形の間層とで、珪素単結晶基板から発光部に渡る領域に第2のpn接合構造部を構成した、
ことを特徴とする発光ダイオード。
3. 第1の伝導形の珪素単結晶基板と、その珪素単結晶基板上のIII族窒化物半導体から構成された第1のpn接合構造部を含む発光部と、その発光部上に設けられた第1の伝導形の半導体のための第1の極性のオーミック電極と、珪素単結晶基板に関して発光部と同一側の、第2の伝導形の半導体のための第2の極性のオーミック電極と、が備えられている発光ダイオードにおいて、
上記第1の伝導形の珪素単結晶基板に接合させて設けられた第1の伝導形の間層と、その中間層に接合させて設けられた第2の伝導形の半導体層とを備え、第1の伝導形の間層と第2の伝導形の半導体層とで、珪素単結晶

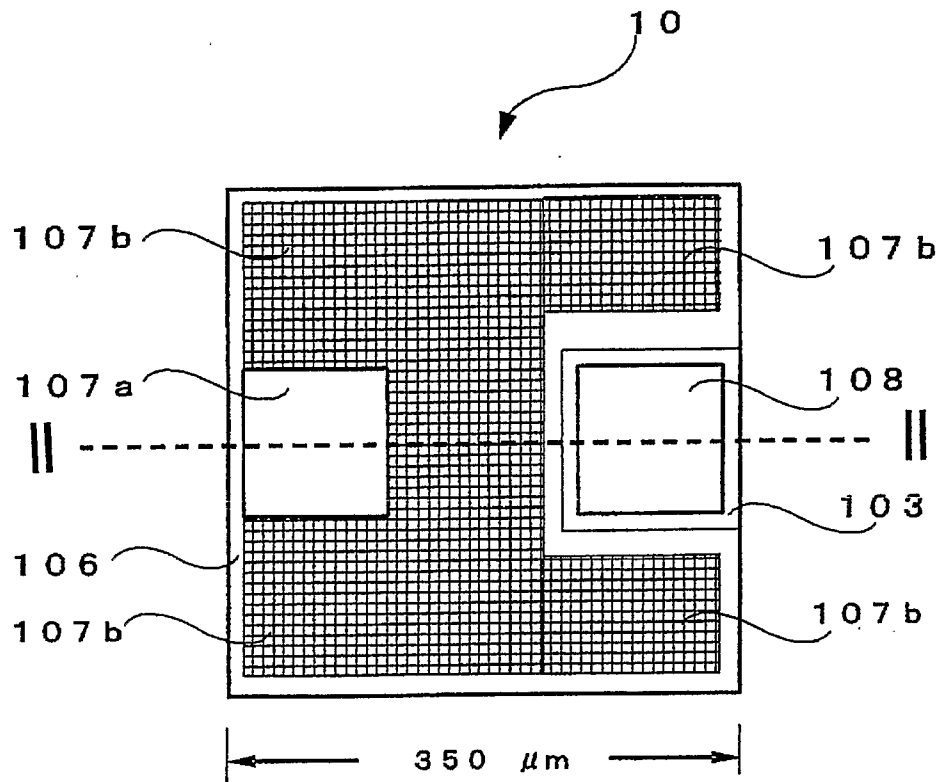
基板から発光部に渡る領域に第2のpn接合構造部を構成した、

ことを特徴とする発光ダイオード。

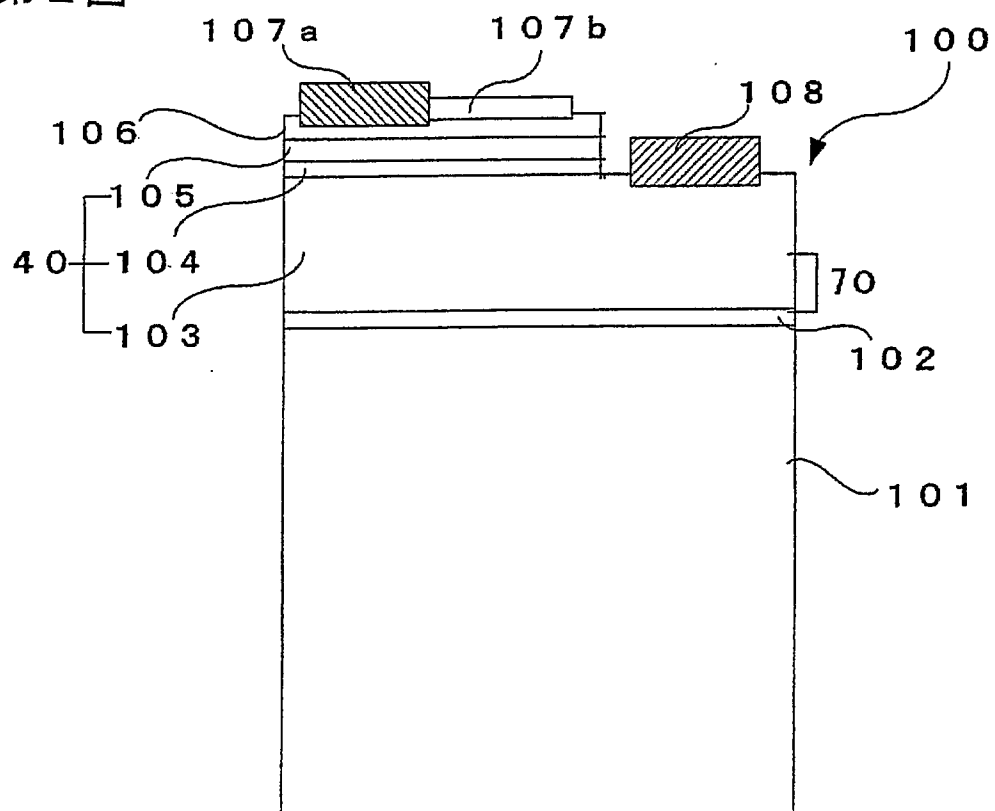
4. 上記中間層は、珪素を富裕に含む非化学量論的組成を有する炭化珪素（SiC）から構成されている、請求の範囲第2項または第3項記載の発光ダイオード。
5. 上記中間層は、III族窒化物半導体から構成されている、請求項2または3に記載の発光ダイオード。
6. 上記第2の伝導形の半導体層は、燐化硼素（BP）系半導体から構成されている、請求の範囲第1項乃至第5項の何れか1項に記載の発光ダイオード。
7. 上記第2の伝導形の半導体層は、第2の伝導形のIII族窒化物半導体材料から構成されている、請求範囲第1項乃至第5項の何れか1項に記載の発光ダイオード。
8. 上記第2のpn接合構造部におけるpn接合構造の逆方向の耐電圧が、上記第1のpn接合構造部を含む発光部を備えた発光ダイオードの順方向電圧を超えて高く、発光ダイオードの逆方向電圧よりも小さい、請求の範囲第1項乃至第7項の何れか1項に記載の発光ダイオード。
9. 請求の範囲第8項に記載の発光ダイオードを、支持器に固定して構成した発光ダイオードランプであって、第1の伝導形の珪素結晶基板と、第1の極性のオーミック電極とが、略同一の電位に電氣的に接続されている、
ことを特徴とする発光ダイオードランプ。
10. 第1の伝導形の珪素結晶基板と電氣的に接触する支持器の領域を、第1の極性のオーミック電極と略同一の電位とした、請求の範囲第9項記載の発光ダイオードランプ。

1/4

第1図

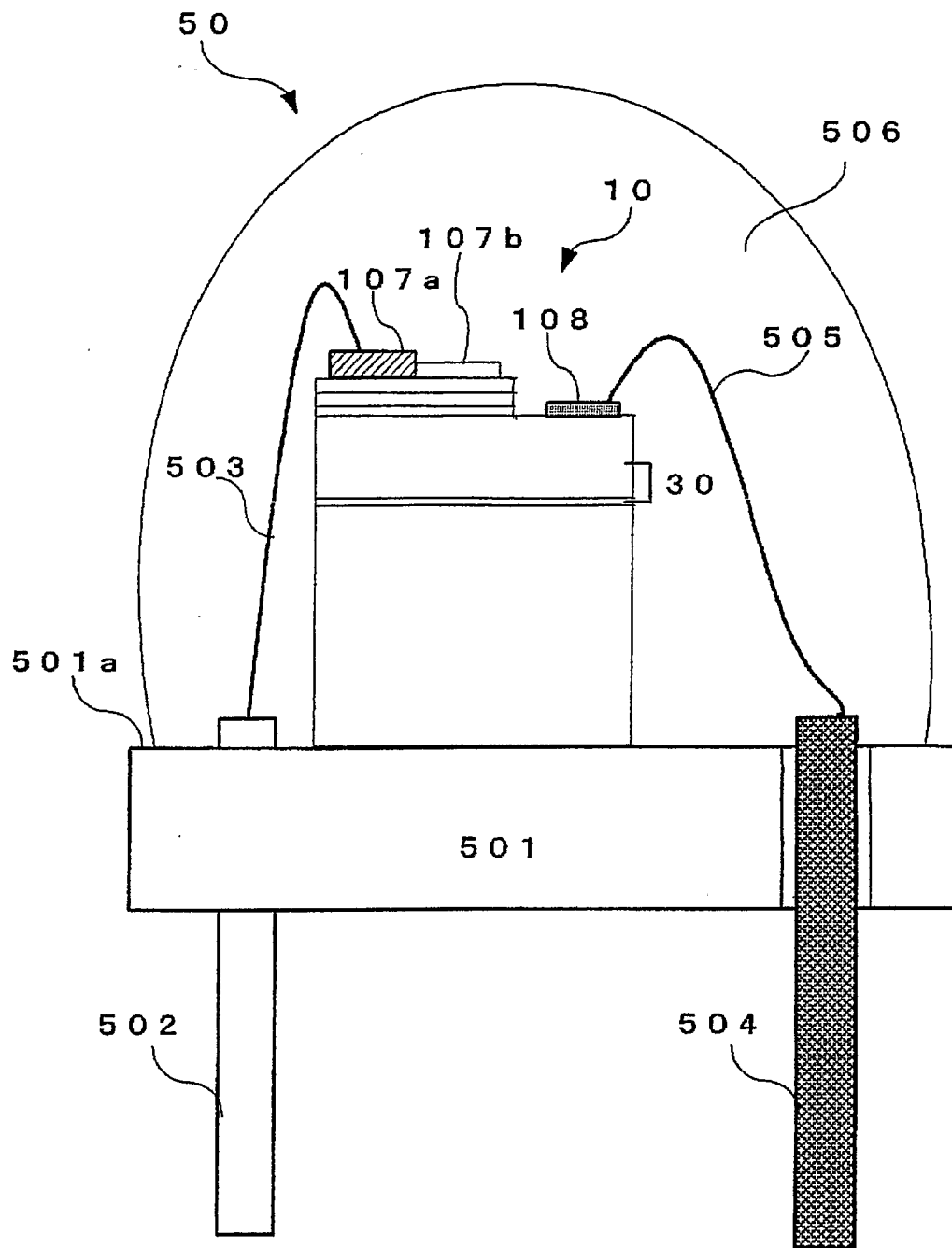


第2図



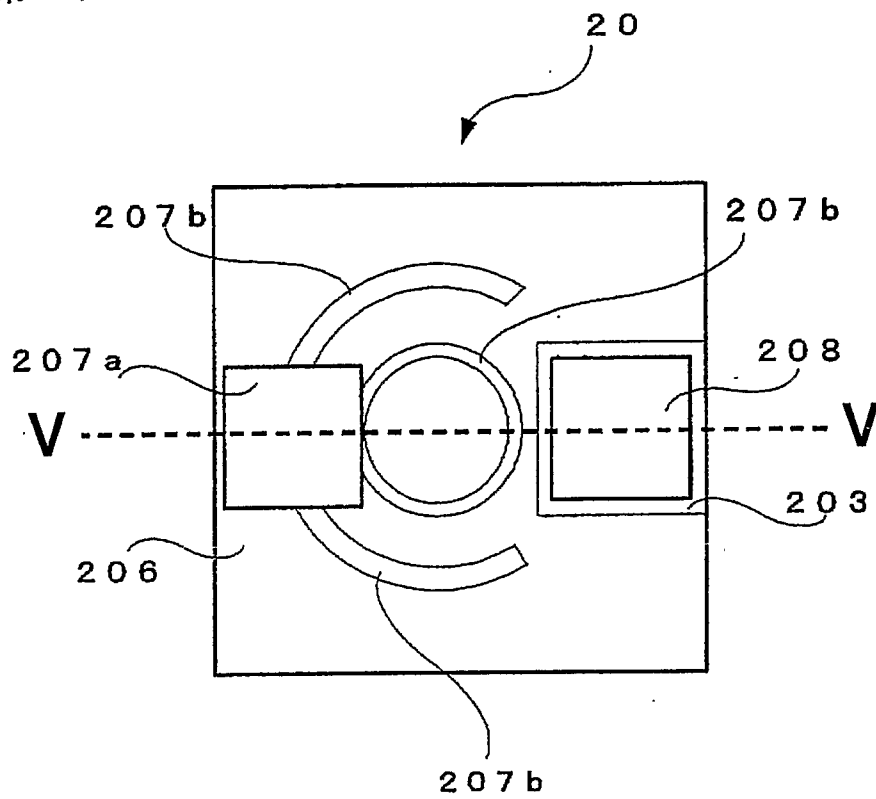
2 / 4

第3図

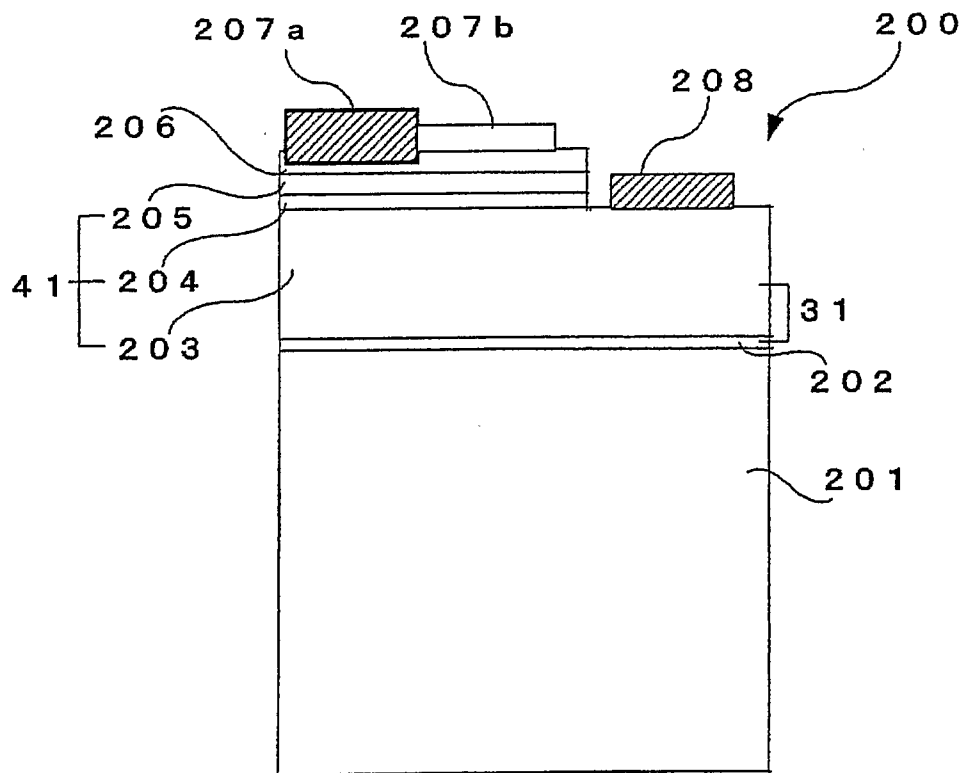


3/4

第4図

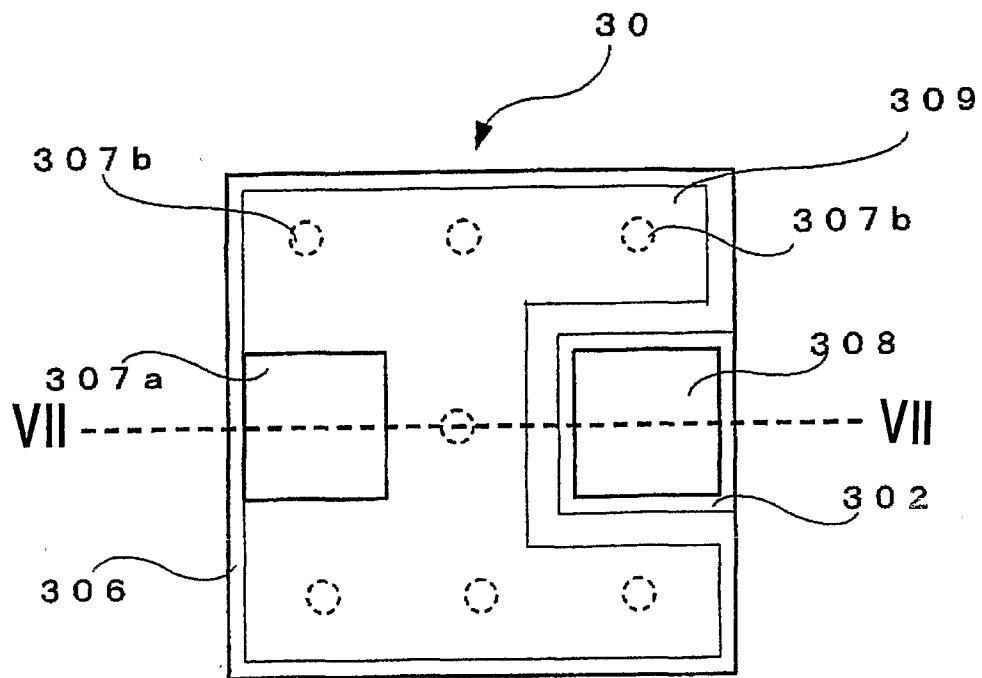


第5図

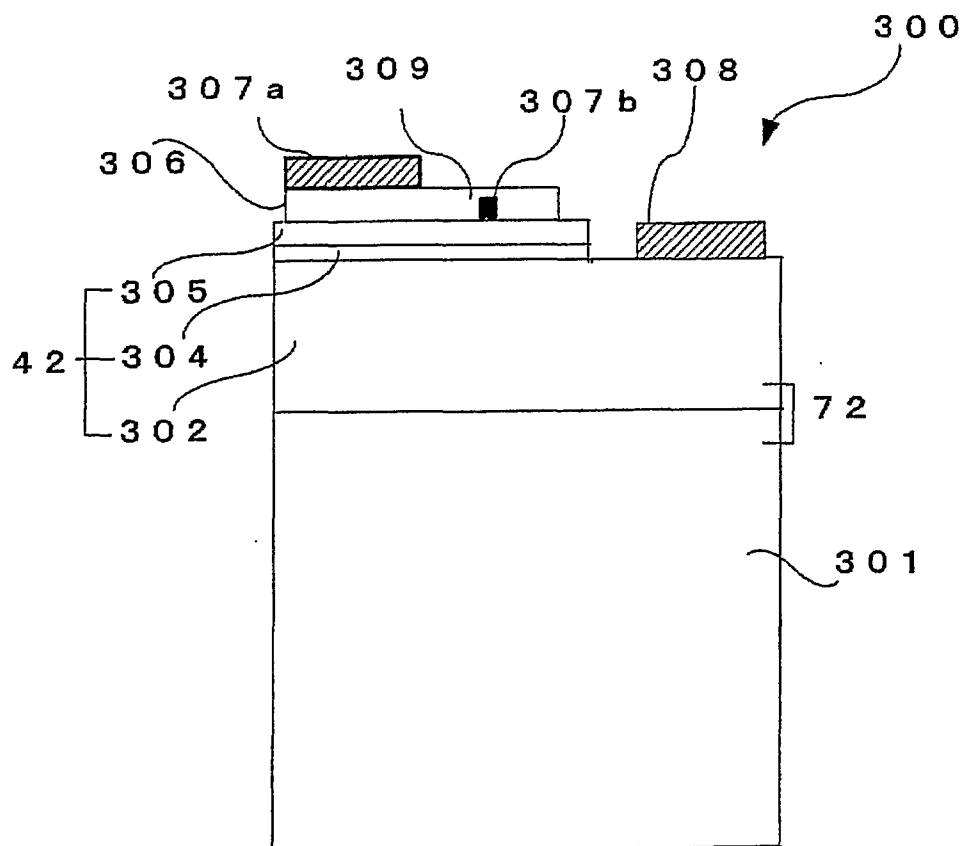


4 / 4

第6図



第7図



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2006/315347

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L33/00(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01L33/00, H01L29/00-29/267

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2006
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2006	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2006

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 08-264898 A (Mitsubishi Electric Corp.), 11 October, 1996 (11.10.96), Par. Nos. [0009] to [0013], [0021]; Fig. 11 & US 5636234 A & GB 9513830 A & GB 2299205 A	1-10
Y	JP 2004-153169 A (Showa Denko Kabushiki Kaisha), 27 May, 2004 (27.05.04), Par. Nos. [0045] to [0051]; Fig. 3 (Family: none)	1-10
Y	JP 2002-94079 A (Gyoseiin Kokka Kagaku Inkai), 29 March, 2002 (29.03.02), Par. Nos. [0011] to [0012]; Fig. 2 (Family: none)	4

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
17 October, 2006 (17.10.06)

Date of mailing of the international search report
24 October, 2006 (24.10.06)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. H01L33/00(2006. 01) i			
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. H01L33/00, H01L29/00-29/267			
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 日本国公開実用新案公報 日本国実用新案登録公報 日本国登録実用新案公報 1 9 2 2 - 1 9 9 6 年 1 9 7 1 - 2 0 0 6 年 1 9 9 6 - 2 0 0 6 年 1 9 9 4 - 2 0 0 6 年			
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）			
C. 関連すると認められる文献			
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号	
Y	JP 08-264898 A(三菱電機株式会社) 1996. 10. 11, 段落【0009】-【0013】, 【0021】, 第 1 1 図 & US 5636234 A & GB 9513830 A & GB 2299205 A	1-10	
Y	JP 2004-153169 A(昭和電工株式会社) 2004. 05. 27, 段落【0045】- 【0051】, 第 3 図（ファミリーなし）	1-10	
Y	JP 2002-94079 A(行政院国家科学委員会) 2002. 03. 29, 段落【0011】- 【0012】, 第 2 図（ファミリーなし）	4	
☐ C 欄の続きにも文献が列挙されている。 ☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。			
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の 1 以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献			
国際調査を完了した日 1 7 . 1 0 . 2 0 0 6		国際調査報告の発送日 2 4 . 1 0 . 2 0 0 6	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（I S A / J P） 郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5 東京都千代田区霞が関三丁目 4 番 3 号		特許庁審査官（権限のある職員） 居島 一仁 電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 5 5	2 K 9 2 0 5