

(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15日 (15.02.2007)

PCT

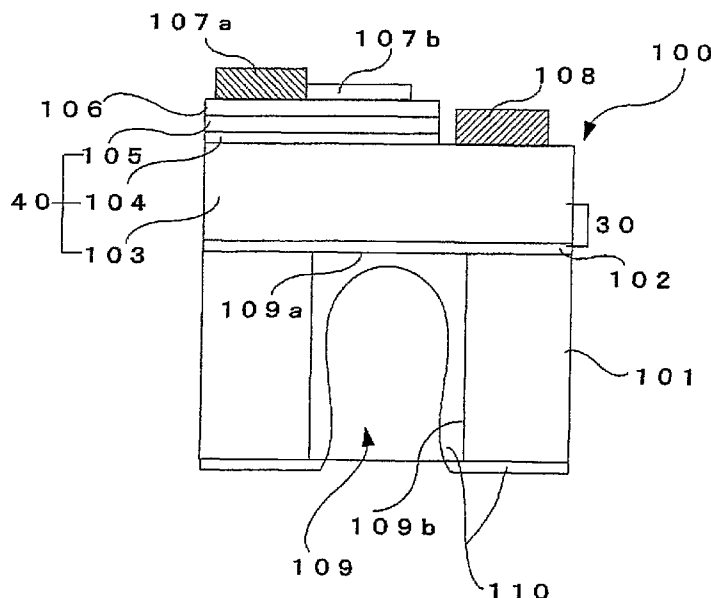
(10) 国際公開番号
WO 2007/018250 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 33/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2006/315778
- (22) 国際出願日: 2006年8月3日 (03.08.2006)
- (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2005-227622 2005年8月5日 (05.08.2005) 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): 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.
- (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, 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: Disclosed is a light-emitting diode (10) comprising a silicon single-crystal substrate (101) of a first conductivity type, a light-emitting unit (40) formed on the substrate and containing a first pn-junction structure composed of a group III nitride semiconductor, an ohmic electrode (107b) of a first polarity arranged on the light-emitting unit, and an ohmic electrode (108) of a second polarity arranged on the same side as the light-emitting unit with respect to the substrate. In this light-emitting diode (10), a second pn-junction structure (30) is formed in a region ranging from the substrate to the light-emitting unit, and a light reflection hole (109) is provided in the substrate from the back surface, which is opposite to the surface on which the light-emitting unit is provided, toward the lamination direction. The inner circumferential surface of the light reflection hole and the back surface of the substrate are covered with a metal film (110).

(57) 要約: 第1の伝導形の珪素単結晶基板(101)と、その基板上のIII族窒化物半導体から構成された第1のpn接合構造部を含む発光部(40)と、その発光部

[続葉有]

WO 2007/018250 A1



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

上に設けられた第1の極性のオーミック電極(107b)と、基板に関して発光部と同一側の第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、基板から発光部に渡る領域に第2のpn接合構造部(30)を構成するとともに、その基板の発光部が設けられている側とは反対側の基板裏面から積層方向に向けて基板に光反射用穴(109)を設け、その光反射用穴の内周面および基板の裏面を金属膜(110)で被覆したことから成る。

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の伝導形の半導体上に形成された第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の伝導形の半導体上に形成された第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。

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(AIGaInP)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)。

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(特許公報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。

一方で、不用意に逆方向に印加される過電圧から、例えばLEDの発光部を保護する作用を有するpn接合構造をLEDの内部に内包させて耐電圧性に優れるLEDを得る手段も考えられる。この技術手段によれば、LED等の素子の外部に例えば、保護ダイオードなどの耐電圧性を向上させるための電子部品を敢えて付加しなくとも簡便に高い耐電圧性のLEDを提供できる。しかしながら、珪素

単結晶（シリコン）などの比較的狭い禁止幅の半導体材料を基板として用いて、そのpn接合構造を形成した場合、LEDの耐電圧性には向上を来させるものの、シリコン基板等に因る発光の吸収を回避して発光強度に優れるLED等を得るには、LED用途の電極の構成を含めて、LEDの構造に創意を加える必要がある。

- 5 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、保護ダイオードも不要となり、さらに発光強度にも優れ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

- 10 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の伝導形の半導体上に形成された第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の伝導形の半導体上に形成された第2の極性のオーミック電極と、
15 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から発光部に渡る領域に第2のpn接合構造部を構成するとともに、その珪素単結晶基板の発光部が設けられている側とは反対側の基板裏面から積層方向に向けて珪素単結晶基板に光反射用穴を設け、その光反射用穴の内周面および珪素単結晶基板の基板裏面を金属膜で被覆したものである。
- 20 2) 第2の発明は、上記した1)に記載の発明の構成において、上記第2のpn接合構造部は、第1の伝導形の珪素単結晶基板と、その珪素単結晶基板の表面に接合させて設けた、発光部からの発光を透過できる半導体材料から構成した第2の伝導形の半導体層とから形成されるものである。
- 25 3) 第3の発明は、上記した1)に記載の発明の構成において、上記第2のpn接合構造部は、第1の伝導形の珪素単結晶基板の表面上に設けた、発光部からの発光を透過できる第1の伝導形の半導体材料からなる第1の伝導形の半導体層と、第1の伝導形の半導体層に接合させて設けた、発光部からの発光を透過できる第2の伝導形の半導体材料からなる第2の伝導形の半導体層とから形成されるものである。

4) 第4の発明は、上記した1)項から3)項の何れか1項に記載の発明の構成において、上記光反射用穴は基板裏面から、珪素単結晶基板に接合させて設けられている上層に向けて貫通する貫通孔であり、その貫通孔に臨む上層下面が光反射用穴の内周面の一部をなしているものである。

5) 第5の発明は、上記した1)項から4)項の何れか1項に記載の発明の構成において、上記基板裏面を被覆する金属膜は、珪素単結晶基板についてオーミック接触性を呈する金属材料からなるものである。

6) 第6の発明は、上記した5)項に記載の発明の構成において、上記光反射用穴の内周面を被覆する金属膜は、珪素単結晶基板についてオーミック接触性を呈する金属材料からなるものである。

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おいて、上記光反射用穴の内周面を被覆する金属膜と、基板裏面を被覆する金属膜とは、異なる金属材料からなるものである。

8) 第8の発明は、上記した7)項に記載の発明の構成において、上記光反射用穴の内周面を被覆する金属膜は、基板裏面を被覆する金属膜に比べて、発光部から出射される光について、より反射率の高い金属材料からなるものである。

9) 第9の発明は、上記の1)項から8)項の何れか1項に記載の発光ダイオードを用いて構成されている、ことを特徴とする発光ダイオードランプである。

10) 第10の発明は、上記した9)項に記載の発明の構成において、上記第1の極性のオーミック電極と、金属膜のうちの少なくとも基板裏面の金属膜とが等電位に接続されているものである。

11) 第11の発明は、上記した9)項または10)項に記載の発明の構成において、上記第1の極性のオーミック電極と、金属膜と、発光ダイオードを固定するとともに金属膜と電氣的に接触する支持器とが、等電位となるように接続されているものである。

本発明によれば、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の伝導形の半導体上に形成された第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

上に形成された第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、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第2のpn接合構造部を構成するとともに、その珪素単結晶基板の発光部が設けられている側とは反対側の基板裏面から積層方向に向けて珪素単結晶基板に光反射用穴を設け、その光反射用穴の内周面および珪素単結晶基板の基板裏面を金属膜で被覆したので、外部に保護ダイオードなどの耐電圧性を向上させるための電子部品を敢えて付加しなくとも第2のpn接合構造部により簡便に高い耐電圧性のLED（発光ダイオード）を提供することができ、したがって、耐電圧を向上させても小型化とコスト低減が可能となる。さらに光反射用穴の内周面を金属膜で被覆して、発光部から出射される光を、発光の取り出し方向に反射させることにより、発光を効率よく取り出すことができ、発光強度にも優れる発光ダイオードを提供することができる。

また、本発明によれば、第1の伝導形の珪素結晶基板の基板裏面に、珪素単結晶とオーミック接触をなす金属材料からなる金属膜を設け、この金属膜と第1の極性のオーミック電極とを、略同一の電位となるように電氣的に接続してLEDランプ（発光ダイオードランプ）を作製することとしたので、静電気等に因り、不用意に発生する逆方向の過電流を珪素単結晶基板内に平面的に効率的に分散して低密度で通流させることができ、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。

更に、本発明によれば、金属膜と、ランプとなすためにLEDを支持する支持器の領域と、第1の極性のオーミック電極とを等電位に接続してLEDランプを構成することとしたので、静電気等に因り、LEDの発光部に逆方向の過電流が不用意に流通するのを回避でき、従って、逆方向の耐電圧性に更に優れる高輝度のLEDランプを提供できる。

図面の簡単な説明

第1図は、本発明に係わる光反射用穴を説明するための平面模式図である。

第2図は、第1図に記載の光反射用穴の断面模式図である。

第3図は、本発明の実施例1に記載のLEDの平面模式図である。

第4図は、第3図に記載のLEDの破線IV-IVに沿った断面模式図である。

第5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6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7図は、第6図に記載のLEDの破線VII-VIIに沿った断面模式図である。

5

発明を実施するための最良の形態

本発明では、n形またはp形の珪素(Si)単結晶(シリコン)を基板として使用する。例えば、表面を{111}結晶面とするn形またはp形の珪素単結晶を基板とする。また、表面を、{001}結晶面、或いはそれより傾斜した結晶面とするn形またはp形珪素単結晶を基板として用いる。此処で、珪素単結晶の導電形が本発明の云う第1の伝導形である。基板としては、高抵抗のp形またはn形の珪素単結晶も用いることができるが(高抵抗のp形またはn形半導体は、各々、 π 形または ν 型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))、LEDやレーザダイオード(LD)を構成するには、低抵抗の導電性p形またはn形珪素単結晶を基板として使用するのが好適である。

第1の伝導形の珪素単結晶からなる基板上には、逆方向の過電流がLEDの発光部に流通するのを防止するための第2のpn接合構造を形成する。この逆方向の耐電圧を向上させるための第2のpn接合構造は、第1の伝導形の珪素単結晶基板とその上に設けるLED用途の発光部に渡る領域に設ける。pn接合構造は、第1の伝導形(導電形)の珪素単結晶基板と、その表面に接合させて設けた、第1とは反対の第2の伝導形の半導体材料からなる半導体層とから形成できる。

第1の伝導形が例えば、p形であれば、第2の伝導形はn形となるので、p形珪素単結晶基板と、その基板の表面に接合させて設けたn形の半導体層とから第2のpn接合を形成する。また、例えば、n形珪素単結晶基板上に、高抵抗のp形(π 形)半導体層を設けてpn接合構造を形成する。また、別の例として、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(ν 型)とから第2のpn接合構造を形成する。

また、第1の伝導形の珪素単結晶基板とその上の発光部に渡る領域に設ける第

2のpn接合構造は、第1の伝導形の珪素単結晶基板上に形成した第1の伝導形の材料からなる半導体層と、それに接合させて設けた第2の伝導形の半導体材料からなる半導体層とからも構成できる。即ち、第1の伝導形の珪素単結晶基板／第1の伝導形の半導体層／第2の伝導形の半導体層（記号／は接合を表す。）からなる積層構成から第2のpn接合構造を形成できる。

なお、以下の説明において、第1及び第2の伝導形の半導体層という表現を用いるが、第1の伝導形の珪素単結晶基板と第2の伝導形の半導体層とから第2のpn接合構造部を構成する場合は、半導体層とは、第1の伝導形のものは単結晶基板であるため、第1及び第2の伝導形の半導体層は第2の伝導形の半導体層のみを意味することとする。

第1及び第2の伝導形の半導体層は、LEDの発光部から出射される光を十分に透過できる禁止帯幅（ E_g ）の高い半導体材料から構成する。例えば、立方晶3C型（ $E_g = 2.4 \text{ eV}$ ）、または六方晶の4H型（ $E_g = 3.3 \text{ eV}$ ）或いは6H型（ $E_g = 3.0 \text{ eV}$ ）の炭化珪素（SiC）から構成できる。第1または第2の伝導形の炭化珪素層は、例えば、化学的気相堆積（CVD）法により形成できる。また、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する手段を利用して形成できる。{001}一結晶面を表面とする珪素単結晶基板を用いれば、{001}一配向性の立方晶の3C型SiC層を形成できる。{111}一結晶面を表面とする珪素単結晶基板を用いれば、{111}一配向性の3C型SiC層を形成できる。

また、第1及び第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も構成できる。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・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。また、室温での禁止帯幅を 2.0 eV 或いはそれ以上の単量体のBPを例示できる。

第1及び第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）気相エピタキシャル（VPE）成長法、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より形成できる。特に磷（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、好適に用いれる。所望の逆方向の耐電圧を与える抵抗率や層厚の第1及び第2の伝導形の磷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）層であっても差し支えはない。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した、所謂、不純物ドーピング層であっても構わない。

第1及び第2の伝導形の半導体層は、また、室温で広い禁止帯幅をもつIII族窒化物半導体材料から構成できる。例えば、ウルツ鉱結晶型の窒化ガリウム（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。第2の伝導形の半導体層上に、III族窒化物半導体材料からなるLEDの発光部を構成する場合、第2の伝導形の半導体層をIII族窒化物半導体材料から構成すると、格子ミスマッチの少なさから、発光部を構成するに適する良質なIII族窒化物半導体層をもたらせる。

第1の伝導形の珪素単結晶基板と接合して第2のpn接合構造をなす第2の伝導形の半導体層、または、第2のpn接合をなす第1及び第2の伝導形の半導体層は、好都合な逆方向の耐電圧性を帰結す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。第1及び第2の伝導形の半導体層の抵抗率、または抵抗率に反比例するキャリア濃度（ $n \text{ (cm}^{-3}\text{)}$ または $p \text{ (cm}^{-3}\text{)}$ ）と層厚（ $d \text{ (cm)}$ ）とは、pn接合構造が好適な逆方向電圧を顕現するに好都合となる様に調整する。例えば、第1及び第2の伝導形の半導体層は、抵抗率（=比抵抗）にして $1 \times 10^4 \Omega \cdot \text{cm}$ 未満であり、層厚は数十 μm 以下、更に望ましくは $10 \mu\text{m}$ 以下とするのが望ましい。極端に抵抗が高く、且つ層厚が極端に厚い半導体材料から構成すると、通流抵抗が高くなるため、第1の伝導形の珪素単結晶基板を経由し、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の過電流を逃がせない不都合を生ずる。

本発明に係る第2のpn接合構造が保有すべき逆方向の耐電圧(=V_B)は、LEDの順方向電圧(所謂、発光部をなす第1の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pn接合のV_R)より小さい範囲にある。例えば、V_Bは、順方向電流を10マイクロアンペア(μA)とした際の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、10μAの電流を通流した際の逆方向電圧を指す。)の1/2よりも小である範囲にあるのが好適である。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pn接合構造であることが望ましい。

- 10 本発明に係るLEDは、第1の伝導形の珪素単結晶基板上に設けた上記の耐圧(V_B)性を有する第2のpn接合構造と、その上の発光部を構成する第1の伝導形の半導体層または発光部上の第1の伝導形の半導体層に形成した第1の極性のオーミック電極と、第2のpn接合構造を構成する第2の伝導形の半導体層または発光部を構成する第1とは反対の第2の伝導形の半導体層に第2の極性のオーミック電極とを設けて構成される。第1の伝導形とは、基板をなす珪素単結晶の伝導形であり、従って、第1の極性のオーミック電極は、珪素単結晶基板と同一の第1の伝導形の半導体層に設ける。

- 本発明のLEDを構成するための第2の極性のオーミック電極は、珪素単結晶基板の同一の表面側に配置するものの、第1の極性のオーミック電極を設けた第1の伝導形の半導体層とは、上下方向(LEDの鉛直方向)に異なる位置に在る第2の伝導形の半導体層上に形成する。第1の極性の電極は、pn接合型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のに対し、第2の極性のオーミック電極は、発光層より下方の第2の伝導形の半導体層に設ける。例えば、発光部をなす第2の伝導形の下部クラッド層、下部クラッド層を設けるための下地層たる第2の伝導形のバッファ層、或いは第2の伝導形のブラッグ(Bragg)反射層等に接触させて設ける。

第1の極性のオーミック電極が陽極(正極、(+))極)ならば、対応して第2の極性のオーミック電極は、陰極(負極、(-))極)となる。第1の伝導形がn形ならば、このn形半導体層上設ける第1の極性のオーミック電極は陰極となる。

反対に、第2の極性のオーミック電極は陽極となる。第1の伝導形がp形ならば、第1の極性のオーミック電極は陽極となり、従って、第2の極性のオーミック電極は陰極となる。

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平面的に配置して、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、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、LEDを駆動させるための駆動電流が台座電極の底部から発光部に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、それへの結線時に於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、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て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延在させた電極により、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。

発光層または発光部より下方の、珪素単結晶基板側に在る第2の伝導形の半導体層に第2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。

本発明に於いてLEDを構成する上での更なる特徴は、第1の伝導形の珪素単結晶基板の裏面（発光部が設けられているのとは反対側の表面）に光反射用穴を

設けていることである。

第1図に、光反射用穴1Bを設けた珪素単結晶基板1Aの裏面の平面模式図を示す。光反射用穴1Bは、第1図の平面模式図に例示する如く、珪素単結晶基板の裏面の中央部に唯一、設けても構わない。また、同一の開口径の円柱状孔を基板裏面に一様に複数の箇所にもわたって設けても構わない。光反射用穴の水平断面形状は円形に限定されず、四角形等の方形、六角形等の多角形等とすることができる。光反射用穴1Bは、フォトリソグラフィ技術を利用して、所望の水平断面形状の光反射用穴1Bを得る様にパターンニングを施した後、弗化水素酸(HF)などを用いる湿式エッチング法等より形成できる。

第2図は、光反射用穴1Bの断面構造を模式的に示す垂直(鉛直)断面図である。光反射用穴1Bの閉塞上壁には、珪素単結晶からなる薄膜層を残存させても構わないが、光反射用穴1Bは基板裏面から、珪素単結晶基板に接合させて設けられている上層(第1または第2の伝導形の半導体層)1Cに向けて貫通する貫通孔であるのが最も好ましい。貫通孔である場合は、その貫通孔に臨む上層1Cの下面が光反射用穴1Bの内周面の一部(閉塞上壁)をなしている。第2図に併せて示すが、光反射用穴1Bの内周面及び珪素単結晶基板1Aの裏面には、金属膜1Dを被着させる。特に、発光部と対向する光反射用穴1Bの閉塞上壁に被着した金属膜1Dは、発光部から出射される発光を発光の取り出し方向に反射させる作用を有する。これ故、金属膜1Dは発光部からの発光に対して高い反射率を有する金属材料から構成するのが好ましい。例えば、アルミニウム(元素記号: Al)、銀(元素記号: Ag)、或いは金(元素記号: Au)から構成する。光反射用穴1Bを貫通孔とするのが好ましいのは、この閉塞上壁での光反射を効率よく行わせるためである。

また、珪素単結晶基板1Aを被覆している金属膜1Dは、後述するLEDランプを構成するためにLEDチップを支持するための支持器と珪素単結晶基板との電気的な接触性を良好にする作用を有する。特に、金属膜1Dを珪素についてオーミック接触をなす金属材料から構成すると、支持器と珪素単結晶基板との接触抵抗が低減され、従って、逆方向の過電流を珪素単結晶基板の内部を通じて、発光部を通過させずに、効率的に第2の極性のオーミック電極へと逃がすに効果を

上げられる。珪素単結晶についてのオーミック材料としては、アルミニウム（Al）や金（Au）を例示できる。

光反射用穴の内周面に被着させる金属膜と、珪素単結晶の裏面に被着させる金属膜とを同一の金属膜から構成しても構わない。例えば、珪素単結晶についてオーミック接触をなす金属材料で、光反射用穴の内周面と珪素単結晶の裏面とを共に被覆しても構わない。オーミック接触をなす材料で光反射用穴と珪素単結晶の裏面とを共に被覆することにより、オーミック接触をなす領域が拡張されるため、逆方向の過電流を珪素単結晶基板の内部に分散させて通流させることができる。このため、珪素単結晶基板内に流れ込む逆方向の電流の密度を低減でき、より耐電圧性に優れるLEDを構成できる。

また、光反射用穴の内周面に被着させる金属膜と、珪素単結晶の裏面に被着させる金属膜とは、異なる金属材料から構成しても構わない。この場合、光反射用穴の内周面に被着させる金属膜を、LEDの発光部から出射される光について高い反射率を有する金属材料から構成するのが好適である。特に、光反射用穴の内周面に被着させる金属膜は、珪素単結晶基板の裏面を被覆するオーミック接触性金属よりも更に、高い効率で発光部からの発光を反射できる金属材料から構成するのが好ましい。例えば、光反射用穴以外の珪素単結晶基板の裏面の領域をアルミニウム膜で被覆し、光反射用穴の内周面には銀（Ag）膜を被着させる構成を例示できる。発光部と対向する位置に在る光反射用穴の底面にこの様な高反射率の金属膜を被着させると、高輝度のLEDを得るに優位となる。

本発明に係わるLEDランプは、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の裏面側に設けた上記の金属膜とを等電位とする様に電氣的に接続して作製する。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の伝導形の珪素単結晶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、電氣的に接続する方法により簡便に達成できる。

本発明に係る第2のpn接合構造は、その逆方向の耐電圧（上記した電圧 V_B である。）が、LEDの発光部を構成する第1のpn接合の逆方向電圧（上記の電圧 V_R である。）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より、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過電流を、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、耐電圧性に優れるLEDランプをもたらせる。

上記の光反射用穴を設けた、珪素単結晶基板の裏面側に配置する金属膜を、珪素単結晶とオーミック接触する金属材料から構成し、金属膜と珪素単結晶基板との間の逆方向の過電流の通流に対する電気抵抗を低減する構成とし、上記の如くの等電位となす結線を施せば、より効率的に珪素単結晶基板を介して第2の極性のオーミック電極へと逆方向の過電流を流通させることができる。即ち、より耐電圧性に優れるLEDランプを得るに効果が奏される。

一方で、本発明に係わるpn接合構造は、その耐電圧（上記した電圧 V_B である。）が、pn接合型発光部を有するLEDの順方向電圧（上記の電圧 V_F である。）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より、LEDを発光させるために正常に順方向に通流された駆動電流が、珪素単結晶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。

更に、LEDランプを作製するためのLEDを構成するに用いた第1の伝導形の珪素単結晶基板の裏面側に設けた上記の金属膜と、その金属膜と接触する支持器の領域とを、等電位と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流に対し耐電圧性に優れるランプを構成できる。第1の伝導形の珪素単結晶基板の裏面の金属膜と、それを支持、固定する導電性の支持器の領域とを、平面的に広く電氣的に接触させ等電位とすることにより、珪素単結晶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、より不用意な逆方向の過電流からLEDランプを構成するLEDが破壊されるのを防ぐにより効果がある。本発明では、珪素単結晶基板の裏面の金属膜と、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、珪素単結晶基板の裏面の金属膜と第1の極性の電極とは、同じく等電位とする。

（実施例１） 本実施例１では、第１の伝導形のｐ形の珪素単結晶を基板として使用し、その基板上に積層させた第２の伝導形のｎ形の半導体材料からなる半導体層とから構成した耐電圧性を向上させるための第２のｐｎ接合構造を内包するＬＥＤ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。

- ５ 第３図は、本実施例で作製した、発光部に備えられている第１の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第２のｐｎ接合構造を内包するＬＥＤの平面模式図である。また、第４図は、第３図に示す高耐電圧型ＬＥＤの破線Ⅳ－Ⅳ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）をドーピングした、表面を（１１１）結晶面とするｐ形珪素単結晶（従って、本実施例１では、第１の伝導形はｐ形である。）を基板１０１として形成した。珪素単結晶基板１０１の（１１１）結晶面からなる表面には、ｐ形炭化珪素（ＳｉＣ）薄膜層（層厚約２ｎｍ）１０２を形成した。第１の伝導形のｐ形ＳｉＣ薄膜層１０２の表面には、珪素（元素記号：Ｓｉ）をドーピングしたｎ形の窒化ガリウム（Ｇａ
- １５ Ｎ）層（層厚約３μｍ、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１０３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。

- 第１の伝導形であるｐ形ＳｉＣ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
- ２０ 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３０を形成した。

- 別途、積層構造体１００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（１１１）－珪素単結晶基板上に、上記と同一の仕様のｐ形ＳｉＣ薄膜層及びｎ形ＧａＮ層を気相成長させ、ｐｎ接合を形成した。ｐ
- ２５ 形珪素単結晶基板の裏面側に、一般的な真空蒸着手段によりアルミニウム（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１０μＡとして際の耐電圧は約７．１ボルト

(V) であった。

p n 接合構造部 30 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（ $\text{Ga}_{1-\alpha}\text{In}_{\alpha}\text{N}$ ：平均的な In の組成比（ $=\alpha$ ）

5 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

（ $\text{Al}_{0.01}\text{Ga}_{0.99}\text{N}$ ）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、井戸層と障壁層との対の数（ペア数）を 5 として形成した。n 形発光層 104 上には、p 形の $\text{Al}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ 層（層厚約 50 nm、キャリア濃度約 $3 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ ）からなる上部クラ

10 ッド層 105 を積層させた。これにより、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 p n 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 106 をコンタクト層として積層させた。

15 p 形珪素単結晶基板 101 上に、第 1 及び第 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
20 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より除去した。

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 の表面には、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、
25 この第 2 の極性（陰極）のオーミック電極は、膜厚を約 $2 \mu\text{m}$ とする La・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 の表面の一部の領域には、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 μ 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
5 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Ga_{0.49}N_{0.51}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3図参照）。

また、珪素単結晶基板101の裏面には、一旦、一般的なフォトリソグラフィ
10 ー技術を利用してパターニングを施した後、弗化水素酸を使用して、パターニングした領域に在る、基板101をなす珪素単結晶をエッチングにより除去し、光反射用穴109を形成した。珪素単結晶基板101は、光反射用穴109の閉塞上壁109aに上記の第1の伝導形のSiC層102が露出する迄、エッチングした。これにより、p形SiC層102の下面を閉塞上壁109aとする光反射
15 用穴109を珪素単結晶基板101の中央に設けた。珪素単結晶基板101を貫通する光反射用穴109の水平断面形状は円形とし、その円形断面の直径は約150 μ mとした。

光反射用穴109の閉塞上壁109a及び側壁109b、及び光反射用穴109以外の珪素単結晶基板101の裏面には、それらの表面を被覆する様に、一般
20 的な真空蒸着手段を利用してアルミニウム（Al）膜110を被着させた。

然る後、一般的な裁断手段により、個別の素子（チップ）へ分離し、一辺を約350 μ mとする平面視正方形のチップ（chip）状のLED10を得た。LED10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4
25 50nm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 μ Aとした際の V_F は、2.9Vとなった。また、逆方向電流を10 μ 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5図に、LEDランプ50の断面構造を模式的に示す。第5図に於いて、第3図及び第4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501に載置し、固定して作製した。LED10のp形珪素単結晶基板101の裏面の金属膜110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)系ペースト剤111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に於いても陽極である。)の台座電極107aとを金(Au)線503で電氣的に接続した。これにより、第1の伝導形(本実施例2では、p形)の珪素単結晶基板101の裏面の金属膜110と、台座電極107aに導通する第1の極性(本実施例2では、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。即ち、第1の伝導形(=p形)の珪素単結晶基板101の裏面の金属膜110と第1の極性のオーミック電極(=陽極)とを、第2の極性のオーミック電極(=陰極)とは等電位とするのを避ける結線を施した。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(本実施例2では、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(本実施例2では、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(本実施例2では、陰極)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とそれ程の変化は認められ

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3カンデラ(cd)であり、比較のために、珪素単結晶基板101に光反射用穴および金属膜を設けずに構成したLEDに上記の結線を施して得られた光度の約1.5倍となった。

- 5 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)を施した後に於いても、順及び逆方向電圧にそれ程の変化は認められなかった。
- 10 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 Ω)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LEDチップ10の順方向電圧(V_F)
- 15 (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正常な整流特性を発現することが示された。これは、LEDチップ10の逆方向電圧(V_R)より低い耐電圧の第2のpn接合構造部30を発光部40の直下に設けたため、逆方向に過電圧が印
- 20 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)と等電位となる様に結線された金属膜110から、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)に通流させられるためであると解釈された。

- (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族窒化物半導体層とから構成した耐電圧性を向上させるための第2のpn接合構造を内包するLED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。
- 25

第6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7図は、第6図に示す高耐電圧型LED20の破線VII-VII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)をドーピングした、表面を(001)結晶面とするp形珪素単結晶(従って、本実施例3では、第1の伝導形はp形である。)を基板201として形成した。

p形珪素単結晶基板201の(001)結晶面からなる表面には、n形窒化アルミニウム(AIN)薄膜層(層厚約15nm)202を直接、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AIN薄膜層202は、MBE法により形成した。このn形AIN薄膜層202は、本発明の云う第2の伝導形(本実施例3では、n形である。)の半導体層に該当する。これにより、不用意に逆方向に印加される過電圧に因り発光部41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31を形成した。

n形AIN薄膜層202の表面には、珪素(Si)をドーピングしたn形の閃亜鉛鉱結晶型のGaN層(層厚約2μm、キャリア濃度約 $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$)203を積層させた。

別途、上記のpn接合構造部31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ピング(001)-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AIN層及びn形のGaN層をMBE法により気相成長させ、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より金(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。n形GaN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10μAとして際の耐電圧は約7.4V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GaN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GaNからなるコンタクト層206を順次、MBE法により積層し、積層構造体200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、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、第6図の平面模式図に示す如く格子状に配置して、LED
5 駆動電流を、第1の伝導形のp形のGa_{0.49}N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。

また、珪素単結晶基板201の裏面をラッピングし、研磨して、元々、約300μmであった厚さを約220μmに削減した。その後、薄層化した珪素単結晶基板201の裏面に、一旦、一般的なフォトリソグラフィ技術を利用してパターニングを施した後、パターニングした領域に在る、基板201をなす珪素単結晶を弗化水素酸を用いた湿式エッチング手段により除去し、光反射用穴209を形成した。珪素単結晶基板201は、光反射用穴209の閉塞上壁209aに上記の第2の伝導形のAlN層202が露出する迄、エッチングした。これにより、n形AlN層202の下面を閉塞上壁209aとする光反射用穴209を、第1
15 の伝導形の珪素単結晶基板201に複数設けた。珪素単結晶基板201を貫通する光反射用穴209の水平断面形状は円形とし、その円形断面の直径は約80μmとした。各々の光反射用穴209の水平断面上の中心は、上記のp形Ga_{0.49}Nからなるコンタクト層206の表面に接触させて配置した第1の極性のオーミック電極207bの各格子形状の中心と略一致させて設けた。

20 光反射用穴209の周辺に在る第1の伝導形の珪素単結晶基板201の裏面には、その表面を被覆する様に、一般的な真空蒸着手段を利用してアルミニウム（Al）膜210を被着させた。光反射用穴209の閉塞上壁209a及び側壁209bを、敢えて、アルミニウム膜で被着させることはしなかった。

チップ状に裁断したLED20の珪素単結晶基板201の裏面において、光反
25 射用穴209の閉塞上壁209a迄、到達する様に、光反射用穴209の側壁209bに沿って、金属膜に代用させて銀（Ag）系ペースト剤211を滲み込ませた。その後、珪素単結晶基板201の裏面に設けた金属膜210の表面を覆う様に、更に、銀系ペースト剤211を基板201の裏面の全面に塗布した上で、上記の実施例2に記載の支持器に固定した。上記の実施例2と同様に、第1の伝

導形（本実施例 3 では、p 形である。）の p 形珪素単結晶基板 201 の裏面の金属膜 210 及び銀系ペースト剤 211 と、第 1 の極性のオーミック電極 207b 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。結線後、LED 20 の外周囲を半導体素子封止用のエポキシ樹脂でモールドして、LED ランプとした。

LED ランプの第 1 の極性のオーミック電極と導通する電極端子と、第 2 の極性のオーミック電極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。得られた光度は、珪素単結晶基板に光反射用穴および金属膜を設けずに構成した LED ランプの約 1.4 倍となった。

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第 1 の pn 接合によ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) を有する第 2 の pn 接合構造を内包させることにより、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。

産業上の利用可能性

本発明にかかる発光ダイオードは、耐電圧を向上させても小型化とコスト低減が可能となる。さらに光反射用穴の内周面を金属膜で被覆して、発光部から出射される光を、発光の取り出し方向に反射させることにより、発光を効率よく取り出すことができ、発光強度にも優れている。

本発明にかかる LED ランプは、静電気等により、不用意に発生する逆方向の過電流を珪素単結晶基板内に平面的に効率的に分散して低密度で通流させること

ができ、耐電圧性に優れている

また、本発明にかかるLEDランプは、LEDの発光部に逆方向の過電流が不用意に流通するのを回避でき、従って、逆方向の耐電圧性に非常に優れている。

請 求 の 範 囲

1. 第1の伝導形の珪素単結晶基板（101）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（40）と、その発光部上に設けられた第1の伝導形の半導体上に形成された第1の極性のオーミック電極（107b）と、珪素単結晶基板に関して発光部と同一側の、第2の伝導形の半導体上に形成された第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、

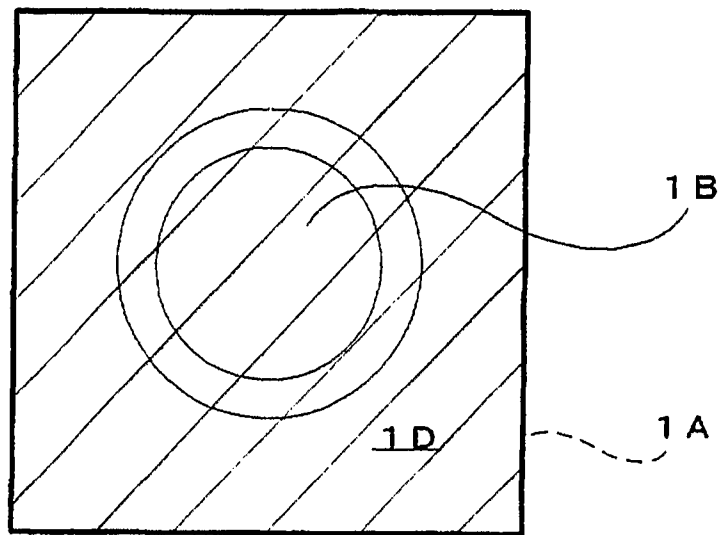
上記第1の伝導形の珪素単結晶基板から発光部に渡る領域に第2のpn接合構造部（30）を構成するとともに、その珪素単結晶基板の発光部が設けられている側とは反対側の基板裏面から積層方向に向けて珪素単結晶基板に光反射用穴（109）を設け、その光反射用穴の内周面および珪素単結晶基板の基板裏面を金属膜（110）で被覆した、

ことを特徴とする発光ダイオード。
2. 上記第2のpn接合構造部は、第1の伝導形の珪素単結晶基板（101）と、その珪素単結晶基板の表面に接合させて設けた、発光部からの発光を透過できる半導体材料から構成した第2の伝導形の半導体層（1c）とから形成される、請求の範囲第1項記載の発光ダイオード。
3. 上記第2のpn接合構造部（30）は、第1の伝導形の珪素単結晶基板（10）の表面上に設けた、発光部（40）からの発光を透過できる第1の伝導形の半導体材料からなる第1の伝導形の半導体層と、第1の伝導形の半導体層に接合させて設けた、発光部からの発光を透過できる第2の伝導形の半導体材料からなる第2の伝導形の半導体層とから形成される、請求の範囲第1項記載の発光ダイオード。
4. 上記光反射用穴は基板裏面から、珪素単結晶基板に接合させて設けられている上層に向けて貫通する貫通孔であり、その貫通孔に臨む上層下面が光反射用穴の内周面の一部をなしている、請求の範囲第1項から第3項の何れか1項に記載の発光ダイオード。

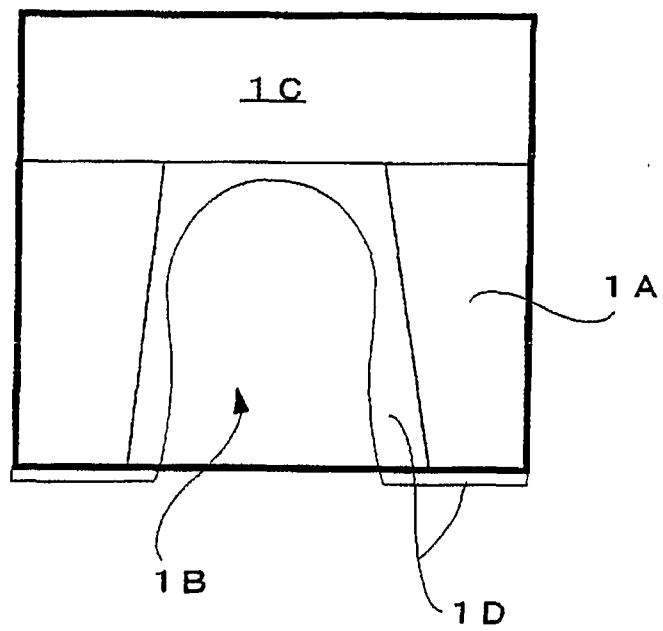
5. 上記基板裏面を被覆する金属膜は、珪素単結晶基板についてオーミック接触性を呈する金属材料からなる、請求の範囲第1項から第4項の何れか1項に記載の発光ダイオード。
6. 上記光反射用穴の内周面を被覆する金属膜は、珪素単結晶基板についてオーミック接触性を呈する金属材料からなる、請求の範囲第5項に記載の発光ダイオード。
7. 上記光反射用穴の内周面を被覆する金属膜と、基板裏面を被覆する金属膜とは、異なる金属材料からなる、請求の範囲第1項から第5項の何れか1項に記載の発光ダイオード。
8. 上記光反射用穴の内周面を被覆する金属膜は、基板裏面を被覆する金属膜に比べて、発光部から出射される光について、より反射率の高い金属材料からなる、請求の範囲第7項記載の発光ダイオード。
9. 請求の範囲第1項から第8項の何れか1項に記載の発光ダイオードを用いて構成されている、ことを特徴とする発光ダイオードランプ。
10. 上記第1の極性のオーミック電極と、金属膜のうちの少なくとも基板裏面の金属膜とが等電位に接続されている、請求の範囲第9項記載の発光ダイオードランプ。
11. 上記第1の極性のオーミック電極と、金属膜と、発光ダイオードを固定するとともに金属膜と電氣的に接触する支持器とが、等電位となるように接続されている、請求の範囲第9項または第10項に記載の発光ダイオードランプ。

1/4

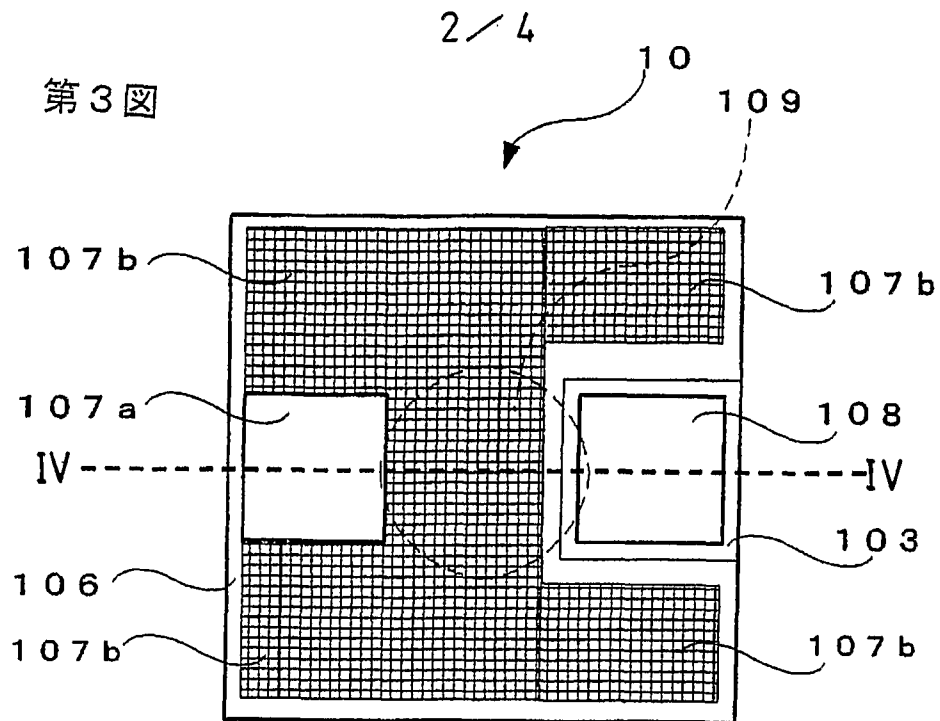
第1図



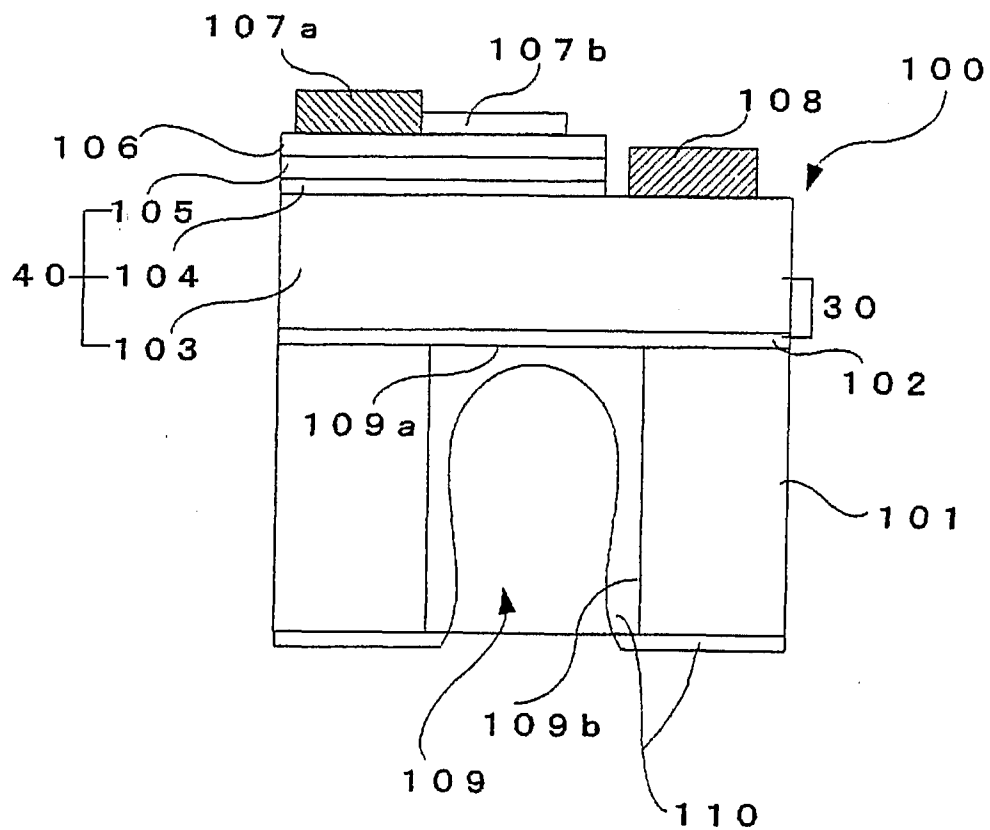
第2図



第3図

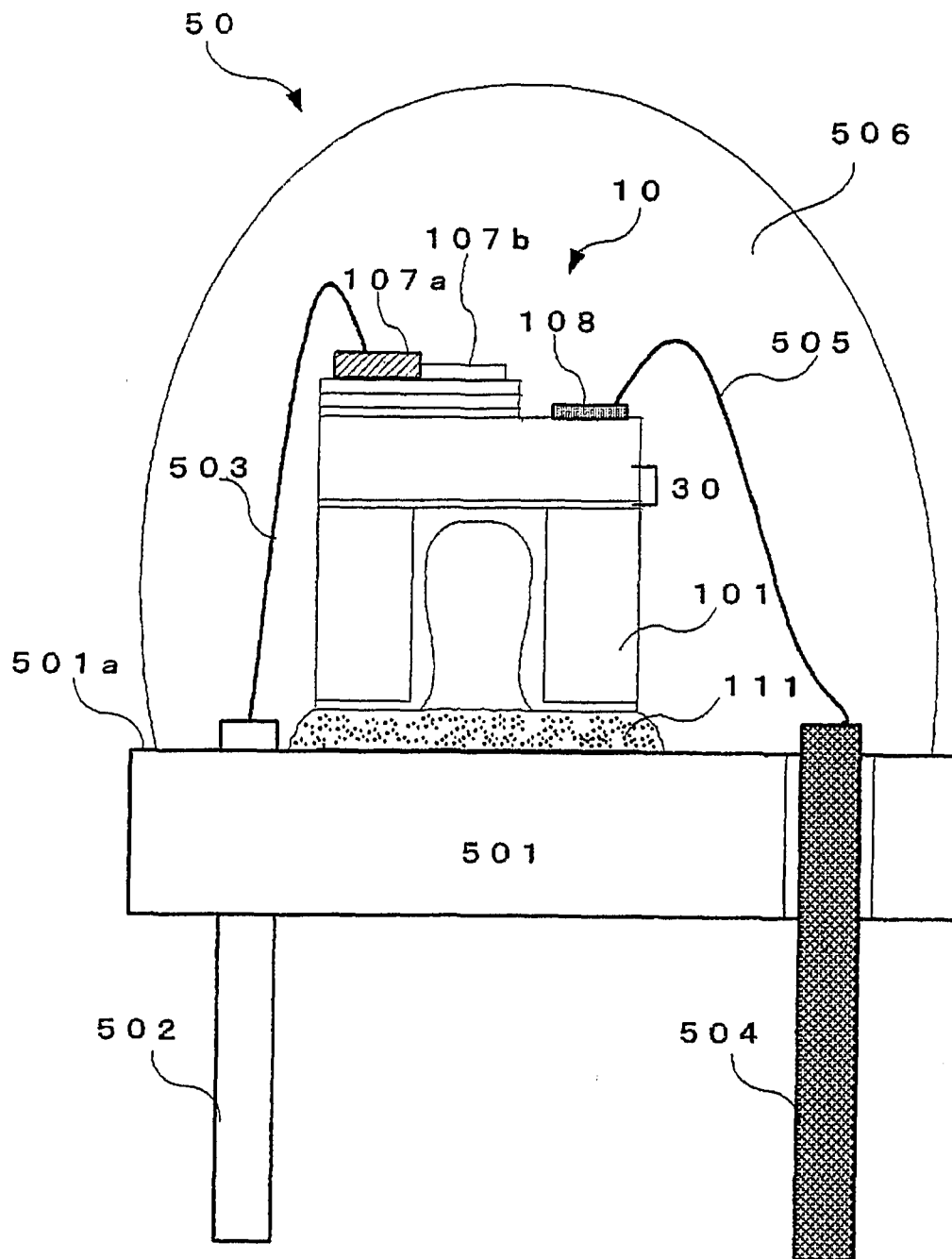


第4図

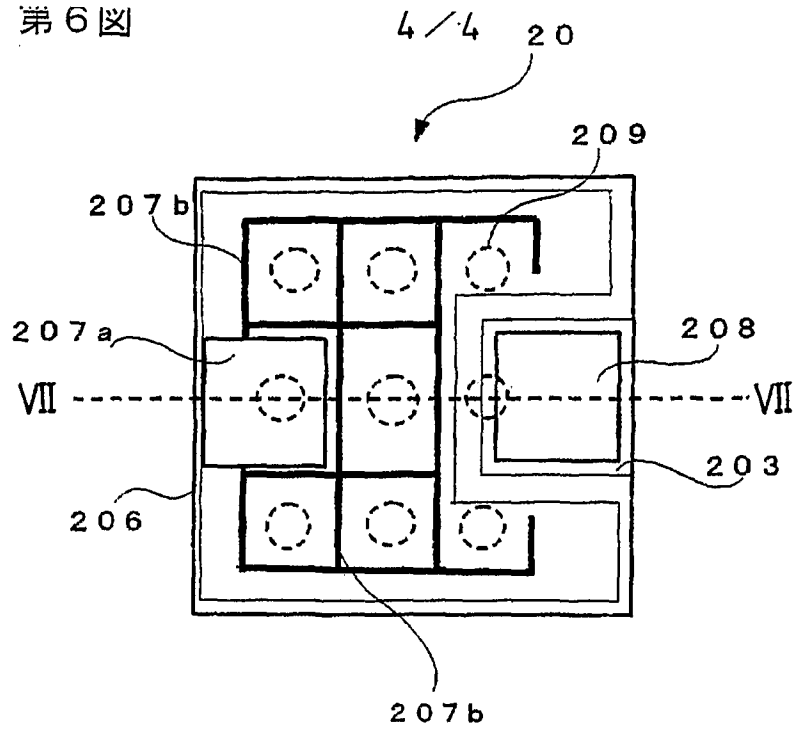


3 / 4

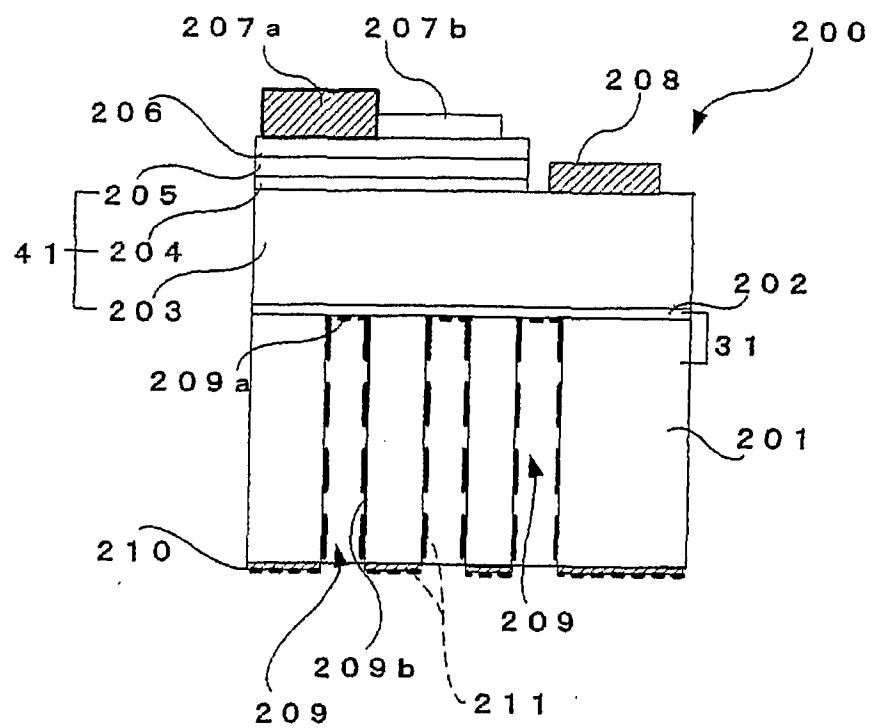
第5図



第6図



第7図



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2006/315778

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

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	1-11
Y	JP 2004-153169 A (Showa Denko Kabushiki Kaisha), 27 May, 2004 (27.05.04), Par. Nos. [0045] to [0051]; Fig. 3 (Family: none)	1-11
Y	JP 09-36427 A (Showa Denko Kabushiki Kaisha), 07 February, 1997 (07.02.97), Par. Nos. [0048] to [0052]; Fig. 6 (Family: none)	1-11

☐ 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
20 October, 2006 (20.10.06)

Date of mailing of the international search report
31 October, 2006 (31.10.06)

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

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	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2006年
日本国実用新案登録公報	1996-2006年
日本国登録実用新案公報	1994-2006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11図 & US 5636234 A & GB 9513830 A & GB 2299205 A	1-11
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）	1-11
Y	JP 09-36427 A(昭和電工株式会社)1997. 02. 07, 段落【0048】-【0052】, 第6図（ファミリーなし）	1-11

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、一般的技术水準を示すもの
「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

の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

20. 10. 2006

国際調査報告の発送日

31. 10. 2006

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100-8915
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

2K

9205

電話番号 03-3581-1101 内線 3255