

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2009年2月5日 (05.02.2009)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2009/017155 A1

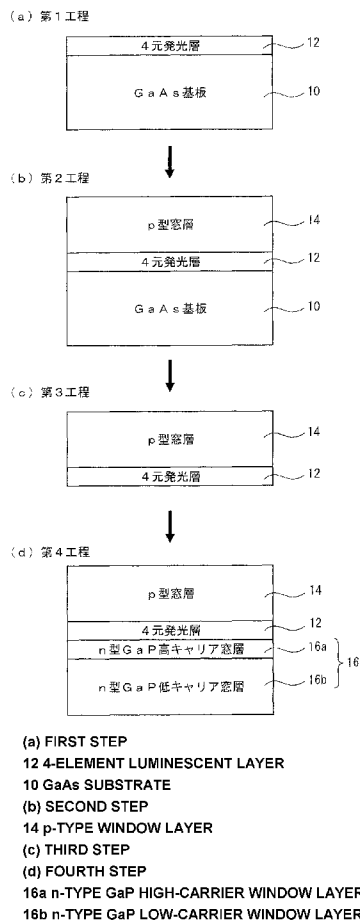
- (51) 国際特許分類:
H01L 33/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2008/063665
- (22) 国際出願日: 2008年7月30日 (30.07.2008)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2007-199618 2007年7月31日 (31.07.2007) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 信越半
導体株式会社 (SHIN-ETSU HANDOTAI CO., LTD.)
[JP/JP]; 〒1000004 東京都千代田区大手町二丁目 6 番
2 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): 渡辺 政孝
(WATANABE, Masataka) [JP/JP]; 〒3790196 群馬県安
中市磯部二丁目 1 3 番 1 号 信越半導体株式会社 半
導体磯部研究所内 Gunma (JP). 山田 雅人 (YAMADA,
Masato) [JP/JP]; 〒1000004 東京都千代田区大手町二
丁目 6 番 2 号 信越半導体株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 石原 詔二, 外 (ISHIHARA, Shoji et al.); 〒
1700013 東京都豊島区東池袋 3 丁目 7 番 8 号 若井ビ
ル 3 0 2 号 石原国際特許事務所内 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, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG,
BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE,
DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH,
GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN,
KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD,

[続葉有]

(54) Title: HIGH-LUMINANCE LIGHT-EMITTING DIODE AND MANUFACTURING METHOD THEREOF

(54) 発明の名称: 高輝度発光ダイオード及びその製造方法

[図1]



(57) Abstract: A red-color high-luminance light-emitting diode that eliminates defects caused by high V_f while exhibiting excellent life performance and high luminance, as well as a manufacturing method for the high-luminance light-emitting diode that assures stable manufacturing of the high-luminance light-emitting diode with improved yield and productivity. The high-luminance light-emitting diode has an AlGaInP 4-element luminescent layer that is made grown on a GaAs substrate, a p-type window layer for taking out luminescent light that is made grown on the top surface of the AlGaInP 4-element luminescent layer, and an n-type GaP window layer for taking out luminescent light that is made grown in a vapor phase epitaxial method on the rear side that is lattice-matched to GaAs on the AlGaInP 4-element luminescent layer after etching removal of the GaAs substrate. The n-type carrier density in early phase of growth of the n-type GaP window layer is increased, and then the n-type carrier density of the n-type GaP window layer after early phase of growth of the n-type GaP window layer is made lower than the n-type carrier density in early phase of growth of the n-type GaP window layer.

(57) 要約: V_f 高不良の発生がなくなるとともにライフ特性が良くかつ輝度の高い赤色の高輝度発光ダイオード、及び当該高輝度発光ダイオードを歩留まりよくかつ生産性よく安定して製造することができる高輝度発光ダイオードの製造方法を提供する。GaAs基板上に成長せしめられたAlGaInPの4元発光層と、前記AlGaInPの4元発光層の表面上に成長せしめられた発光光の取り出し用のp型窓層と、前記GaAs基板をエッチング除去した後に前記AlGaInPの4元発光層のGaAsに格子整合された裏面に気相エピタキシャル成長せしめられた発光光の取り出し用のn型GaP窓層とを有し、前記n型GaP窓層の成長初期のn型キャリア濃度を高くし続いてn型GaP窓層成長初期以降のn型GaP窓層のn型キャリア濃度を前記n型GaP窓層成長初期のn型キャリア濃度より低くするようにした。



ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO,
NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG,
SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

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, HR, HU,
IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE,
SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,
GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(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,

添付公開書類:

— 国際調査報告書

明 細 書

高輝度発光ダイオード及びその製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、両面エピタキシャル窓層を備えた高輝度発光ダイオード及びその製造方法に関するものである。

背景技術

[0002] 従来、高輝度発光ダイオード用基板の製造方法として、AlGaInPの4元発光層の両面に光の窓層としてGaPまたはGaAsP, AlGaAs層を取り付ける方法が知られている(特許文献1)。この公知の方法では、AlGaInPの発光層の両面に光の窓層を作るのに、基板の上にAlGaInP発光層を気相エピタキシャル成長し、AlGaInP発光層表面のp型層側に発光光の取り出し窓層を成長した後基板を除去し、続いて基板を除去した裏面にn型層の発光光の取り出し窓層をGaP、GaAsP又はAlGaAsをエピタキシャル成長で成長することによって行っていた。

[0003] しかし、上記した従来方法においては次のような問題点が存在していた。即ち、AlGaInPの4元発光層のGaPに格子整合されたp型層側に発光光の取り出し窓層を成長した後に基板を除去し、その基板を除去した裏面にn型層の発光光の取り出し窓層を成長する工程で、この基板としては薬液に溶解して除去し易いGaAsが使われている。このGaAsに格子整合された裏面にGaPまたはGaAsP窓層を成長する際に格子のズレ量が大きくなるという問題があった。そこで、基板を除去した裏面にはGaP基板を貼り合わせるにより裏面の発光光の取り出しGaP窓層を作るのが一般的であった(特許文献2)。

[0004] しかし、貼り合せでは貼り合せ界面での貼り合せ不良及び貼り合せ界面でのVf高不良、 ΔV_f 高不良により歩留まりが悪い問題があった。これを解決するためにこれまでハイドライド気相エピタキシャル成長(HVPE)によりGaAsに格子整合された裏面にGaPまたはGaAsP窓層を成長することが試みられた。しかし、前記裏面のキャリア濃度が低すぎるとVf高不良、 ΔV_f 高不良が発生して、またキャリア濃度が高すぎると発光光の吸収により輝度低下を招き、また高濃度のキャリアの拡散によりライフ低下

を招く問題がある。

- [0005] なお、 ΔV_f は、発光素子を高速スイッチング(PMM制御等)により調光駆動する際のスイッチング応答特性を示す指標であり、20mA通電により通電開始した直後の順方向電圧 V_f を初期値とし、その後通電継続した際に漸減する V_f の安定値までの順方向電圧 V_f の減少代を ΔV_f として測定される。

特許文献1:USP 5, 008, 718

特許文献2:USP 5, 376, 580

発明の開示

発明が解決しようとする課題

- [0006] 本発明は、上記した従来技術の問題点に鑑みなされたもので、本発明の第1の目的は、 V_f 高不良の発生がなくなるとともにライフ特性が良くかつ輝度の高い赤色の高輝度発光ランプを提供することである。本発明の第2の目的は、上記した高輝度発光ダイオードを歩留まりよくかつ生産性よく製造することができる高輝度発光ダイオードの製造方法を提供することである。本発明の第3の目的は、従来から貼り合せ基板で問題になっていた ΔV_f 高不良のない高輝度発光ランプを安定して製造できる高輝度発光ダイオードの製造方法を提供することである。

課題を解決するための手段

- [0007] 上記課題を解決するために、本発明の高輝度発光ダイオードの第1の態様は、GaAs基板上に成長せしめられたAlGaInPの4元発光層と、前記AlGaInPの4元発光層の表面上に成長せしめられた発光光の取り出し用のp型窓層と、前記GaAs基板をエッチング除去した後に前記AlGaInPの4元発光層のGaAsに格子整合された裏面に気相エピタキシャル成長せしめられた発光光の取り出し用のn型GaP窓層(以下単にn型窓層という場合もある)とを有し、前記n型GaP窓層の成長初期のn型キャリア濃度を高くし続いてn型GaP窓層成長初期以降のn型GaP窓層のn型キャリア濃度を前記n型GaP窓層成長初期のn型キャリア濃度より低くすることにより、 V_f 及び ΔV_f が低くかつ高輝度で輝度劣化が少ないようにしたことを特徴とする。

- [0008] 本発明の高輝度発光ダイオードの製造方法の第1の態様は、本発明の第1の態様の高輝度発光ダイオードを製造する方法であって、有機金属気相成長法(MOCVD

)によってGaAs基板上にAlGaInPの4元発光層を成長する第1工程と、前記AlGaInPの4元発光層の表面上に発光光の取り出し用のp型窓層を成長する第2工程と、前記第2工程終了後に前記GaAs基板をエッチングで除去する第3工程と、前記AlGaInPの4元発光層のGaAsに格子整合された裏面に発光光の取り出し用のn型GaP窓層を気相エピタキシャル成長する第4工程とを含み、前記第4工程において前記AlGaInPの4元発光層の裏面側界面近傍のn型GaP窓層成長初期のn型キャリア濃度を高くし続いてn型GaP窓層成長初期以降のn型GaP窓層のn型キャリア濃度を前記n型GaP窓層成長初期のn型キャリア濃度より低くするようにしたことを特徴とする。

[0009] 前記AlGaInPの4元発光層の裏面側界面近傍のn型GaP窓層成長初期のn型キャリア濃度は 9×10^{17} 個/cm³以上でかつ 2×10^{18} 個/cm³以下、好ましくは 1.1×10^{18} 個/cm³以上でかつ 1.5×10^{18} 個/cm³以下であることが好適である。

[0010] 前記AlGaInPの4元発光層の裏面側のn型GaP窓層成長初期以降のn型GaP窓層のn型キャリア濃度は 3×10^{17} 個/cm³以上でかつ 8×10^{17} 個/cm³以下、好ましくは 3.5×10^{17} 個/cm³以上でかつ 6×10^{17} 個/cm³以下であることが好適である。

[0011] 本発明の高輝度発光ダイオードの第2の態様は、GaAs基板上に成長せしめられたAlGaInPの4元発光層と、前記AlGaInPの4元発光層の表面上に成長せしめられた発光光の取り出し用のp型窓層と、前記GaAs基板をエッチング除去した後に前記AlGaInPの4元発光層のGaAsに格子整合された裏面に気相エピタキシャル成長せしめられた発光光の取り出し用のn型GaP窓層とを有し、前記AlGaInPの4元発光層の表面上に発光光の取り出し用のp型窓層を成長した後の前記GaAs基板でのVfをVf(p)とした場合、前記GaAs基板を除去し続いて前記AlGaInPの4元発光層のGaAsに格子整合された裏面に発光光の取り出し用のn型GaP窓層を気相エピタキシャル成長した状態でのVfをVf(total)とした場合の $Vf(n) = Vf(total) - Vf(p)$ が $0.1V \leq Vf(n) \leq 0.25V$ となるようにn型窓層のn型キャリア濃度を制御することにより、 ΔVf が低くかつ高輝度で輝度劣化が少ないようにしたことを特徴とする。

[0012] 本発明の高輝度発光ダイオードの製造方法の第2の態様は、本発明の第2の態様の高輝度発光ダイオードを製造する方法であって、有機金属気相成長法(MOCVD)によってGaAs基板上にAlGaInPの4元発光層を成長する第1工程と、前記AlGaInP

nPの4元発光層の表面上に発光光の取り出し用のp型窓層を成長する第2工程と、前記第2工程終了後に前記GaAs基板をエッチングで除去する第3工程と、前記AlGaInPの4元発光層のGaAsに格子整合された裏面に発光光の取り出し用のn型GaP窓層を気相エピタキシャル成長する第4工程とを含み、前記第2工程において前記AlGaInPの4元発光層の表面上に発光光の取り出し用のp型窓層を成長した後の前記GaAs基板でのVfをVf(p)とした場合、前記第3工程において前記GaAs基板を除去し、続いて前記第4工程において前記AlGaInPの4元発光層のGaAsに格子整合された裏面に発光光の取り出し用のn型GaP窓層を気相エピタキシャル成長した状態でのVfをVf(total)とした場合の $Vf(n) = Vf(total) - Vf(p)$ が $0.1V \leq Vf(n) \leq 0.25V$ となるようにn型窓層のキャリア濃度を制御するようにしたことを特徴とする。

発明の効果

- [0013] 本発明の高輝度発光ダイオードは、Vf高不良の発生がなくなるとともにライフ特性が良くかつ輝度の高い赤色の高輝度発光ダイオードであり、本発明方法の第1の態様によれば、本発明の高輝度発光ダイオードを歩留まりよくかつ生産性よく製造することができる。本発明方法の第2の態様によれば、従来から貼り合せ基板で問題になっていた ΔVf 高不良のない高輝度発光ランプを安定して製造できるという効果が達成される。

図面の簡単な説明

- [0014] [図1]本発明の高輝度発光ダイオードの製造方法の第1の態様の工程順の一例を模式的に示す説明図である。
- [図2]図1の工程順のフローチャートである。
- [図3]本発明の高輝度発光ダイオードの構造の1例を示す模式的説明図である。
- [図4]本発明の高輝度発光ダイオードの製造方法の第2の態様の工程順の一例を模式的に示す説明図である。
- [図5]図4の工程順のフローチャートである。
- [図6]実施例1及び比較例1におけるn型窓層のキャリア濃度分布を示すグラフである。
- [図7]実験例1におけるn層界面のキャリア濃度と ΔVf の関係を示すグラフである。

[図8]実験例1における $V_f(\text{total}) - V_f(p)$ と ΔV_f の関係を示すグラフである。

[図9]実験例1におけるn層界面のキャリア濃度とライフの関係を示すグラフである。

[図10]実験例1におけるn型GaP窓層成長初期以降のn型GaP窓層のキャリア濃度と出力の関係を示すグラフである。

符号の説明

[0015] 10:GaAs基板、12:AlGaInPの4元発光層、14:p型窓層、16、17:n型窓層、16a:高キャリア濃度窓層、16b:低キャリア濃度窓層。

発明を実施するための最良の形態

[0016] 以下、本発明の実施の形態について添付図面に基づいて説明するが、図示例は本発明の好ましい実施の形態を示すもので、本発明の技術思想から逸脱しない限り、種々の変形が可能であることはいうまでもない。

[0017] 図1及び図2に示すように、本発明方法の第1の態様においては、まず有機金属気相成長法(MOCVD)によってGaAs基板10上にAlGaInPの4元発光層12を成長させる(図1(a)第1工程、図2のステップ100)。GaAs基板10としては $280\mu\text{m} \pm 10\mu\text{m}$ 程度の厚さのものをを用いる。AlGaInPの4元発光層12の厚さは $8\mu\text{m}$ 程度である。次いで、前記AlGaInPの4元発光層12の表面上に気相エピタキシャル成長(VPE)反応機によってZn等のp型不純物をドーピングして発光光の取り出し用のp型窓層14を成長させる(図1(b)第2工程、図2のステップ102)。このp型窓層14のキャリア濃度は 6×10^{17} 個/cm³以上でかつ 1.6×10^{18} 個/cm³以下程度である。このp型窓層14はAlGaAs、GaAsP又はGaP層を $150\mu\text{m} \pm 30\mu\text{m}$ の厚さに成長させて得られる。前記第2工程終了後に、前記GaAs基板10を硫酸・過酸化水素水等の薬液によりエッチングして除去する(図1(c)第3工程、図2のステップ104)。続いて、前記AlGaInPの4元発光層12のGaAsに格子整合された裏面に気相エピタキシャル成長(VPE)反応機によってSi、Te又はS等のn型不純物をドーピングして発光光の取り出し用のn型GaP窓層16を気相エピタキシャル成長させる(図1(d)第4工程、図2のステップ106)。

[0018] 本発明方法の第1の態様においては、前記第4工程において前記AlGaInPの4元発光層12の裏面側界面近傍のn型GaP窓層成長初期のn型キャリア濃度を高くする

。例えば、前記AlGaInPの4元発光層の裏面側界面近傍のn型GaP窓層成長初期の高キャリア濃度窓層16aのn型キャリア濃度は 9×10^{17} 個/cm³以上でかつ 2×10^{18} 個/cm³以下、好ましくは 1.1×10^{18} 個/cm³以上でかつ 1.5×10^{18} 個/cm³以下であることが好適である。また、当該高キャリア濃度窓層16aの厚さは $0.1 \mu\text{m} \sim 10 \mu\text{m}$ 、好ましくは $1 \mu\text{m} \sim 5 \mu\text{m}$ 程度とすればよい。

[0019] 続いてn型GaP窓層成長初期以降のn型GaP窓層のn型キャリア濃度を前記n型GaP窓層成長初期のn型キャリア濃度より低くする。例えば、前記AlGaInPの4元発光層の裏面側のn型GaP窓層成長初期以降の低キャリア濃度窓層16bのn型キャリア濃度は 3×10^{17} 個/cm³以上でかつ 8×10^{17} 個/cm³以下、好ましくは 3.5×10^{17} 個/cm³以上でかつ 6×10^{17} 個/cm³以下であることが好適である。また、当該低キャリア濃度窓層16bの厚さは $125 \mu\text{m} \pm 30 \mu\text{m}$ 程度とすればよい。

[0020] 本発明の高輝度発光ダイオードの構成は、図1(d)及び図3に示されるように、AlGaInPの4元発光層と、前記AlGaInPの4元発光層のp型層側に成長せしめられた発光光の取り出し用のp型窓層と、前記AlGaInPの4元発光層のGaAsに格子整合された裏面に気相エピタキシャル成長せしめられた発光光の取り出し用のn型GaP窓層とを有し、前記n型GaP窓層の成長初期のn型キャリア濃度を高く、例えば、 9×10^{17} 個/cm³以上でかつ 2×10^{18} 個/cm³以下、好ましくは 1.1×10^{18} 個/cm³以上でかつ 1.5×10^{18} 個/cm³以下とし、続いてn型GaP窓層成長初期以降のn型GaP窓層のn型キャリア濃度を前記n型GaP窓層成長初期のn型キャリア濃度より低く、例えば、 3×10^{17} 個/cm³以上でかつ 8×10^{17} 個/cm³以下、好ましくは 3.5×10^{17} 個/cm³以上でかつ 6×10^{17} 個/cm³以下とすることにより、Vf及びΔVfが低くかつ高輝度で輝度劣化が少ないようにしたものである。

[0021] 次に、本発明の高輝度発光ダイオードの製造方法の第2の態様について図4及び図5によって説明する。図4は本発明の高輝度発光ダイオードの製造方法の第2の態様の工程順の一例を模式的に示す説明図である。図5は図4の工程順のフローチャートである。本発明方法の第2の態様の第1工程～第3工程は、本発明方法の第1の態様の場合と同様の工程が実施される。即ち、まず有機金属気相成長法(MOCVD)によってGaAs基板10上にAlGaInPの4元発光層12を成長させる(図4(a)第1工

程、図5のステップ100)。次いで、前記AlGaInPの4元発光層12の表面上に気相エピタキシャル成長(VPE)反応機によってZn等のp型不純物をドーピングして発光光の取り出し用のp型窓層14を成長させる(図4(b)第2工程、図5のステップ102)。前記第2工程終了後に、前記GaAs基板10を硫酸・過酸化水素水等の薬液によりエッチングして除去する(図4(c)第3工程、図5のステップ104)。続いて、前記AlGaInPの4元発光層12のGaAsに格子整合された裏面に気相エピタキシャル成長(VPE)反応機によってSi、Te又はS等のn型不純物をドーピングして発光光の取り出し用のn型GaP窓層17を気相エピタキシャル成長させる(図4(d)第4工程、図5のステップ106A)。

[0022] 本発明方法の第2の態様においては、前記第2工程において前記AlGaInPの4元発光層12の表面上に発光光の取り出し用のp型窓層14を成長した後の前記GaAs基板12でのVfをVf(p)とした場合、前記第3工程において前記GaAs基板12を除去し、続いて前記第4工程において前記AlGaInPの4元発光層のGaAsに格子整合された裏面に発光光の取り出し用のn型GaP窓層17を気相エピタキシャル成長した状態でのVfをVf(total)とした場合の $Vf(n) = Vf(total) - Vf(p)$ が $0.1V \leq Vf(n) \leq 0.25V$ となるようにn型GaP窓層17のキャリア濃度を制御することにより、 ΔVf が低くかつ高輝度で輝度劣化の少ない高輝度発光ダイオードを製造する点を特徴とするものである。

[0023] 上記した本発明の高輝度発光ダイオードを切断してチップとし、当該チップに電極付け加工して赤色ランプを作ることにより高輝度の赤色ランプが得られる。

実施例

[0024] 以下に本発明の実施例を挙げてさらに詳細に説明するが、これらの実施例は例示的に示されるもので、限定的に解釈されるべきでないことはいうまでもない。

[0025] (実施例1及び比較例1)

図1及び2に示したように、 $280\mu m$ 厚さのGaAs基板を用意し、そのGaAs基板上に有機金属気相成長法(MOCVD)により $8\mu m$ 厚さのAlGaInPの4元発光層を成長した。次いで、前記AlGaInPの4元発光層の表面上にVPE反応機によってZnをドーピングして発光光の取り出し用のp型GaP窓層を $150\mu m$ 成長させた。前記p型GaP

窓層を成長させた後に、前記GaAs基板を硫酸・過酸化水素水によりエッチングして除去した。続いて、前記AlGaInPの4元発光層のGaAsに格子整合された裏面にVPE反応機によってTeをドーピングして発光光の取り出し用のn型GaP窓層を気相エピタキシャル成長させた。

[0026] 前記AlGaInPの4元発光層の裏面側界面近傍のn型GaP窓層成長初期の高キャリア濃度窓層のn型キャリア濃度を 1.1×10^{18} 個/cm³とし、また、当該高キャリア濃度窓層の厚さは1 μ mとした。

[0027] 一方、前記AlGaInPの4元発光層の裏面側のn型GaP窓層成長初期以降の低キャリア濃度窓層のn型キャリア濃度を 6.0×10^{17} 個/cm³とし、また、当該低キャリア濃度窓層の厚さは125 μ mとした。実施例1のn型窓層のキャリア濃度分布を比較例1(n型窓層のキャリア濃度を 1.0×10^{18} 個/cm³としその他は実施例1と同様の手順で発光ダイオードを作製)とともに図6に示した。

[0028] (実験例1)

実施例1と同様にして発光ダイオードを作製してその性能を確認した。まず、n層界面のキャリア濃度と ΔV_f の関係を調べ両者の相関関係を図7にグラフとして示した。図7のグラフより、n層界面のキャリア濃度が 9×10^{17} 以上で ΔV_f が200mV以下となることが読み取れる。また、 $V_f(\text{total}) - V_f(p)$ と ΔV_f の関係を調べ両者の相関関係を図8にグラフとして示した。図8のグラフより、 $0.1V \leq V_f(n) \leq 0.25V$ であれば、 ΔV_f が200mV以下となることが読み取れる。さらに、n層界面のキャリア濃度とライフの関係を調べ両者の相関関係を図9にグラフとして示した。図9のグラフより、 2×10^{18} 以下であれば、ライフが94.5%以上となることが読み取れる。さらにまた、n型GaP窓層成長初期以降のn型GaP窓層のキャリア濃度と出力の関係を調べ両者の相関関係を図10にグラフとして示した。図10のグラフより、 8×10^{18} 以下であれば、出力が5以上となることが読み取れる。

[0029] なお、上記実施例1及び実験例1において、キャリア濃度は、CV測定及びSIMS測定により測定した。 V_f は公知の電気特性測定機で20mA通電時の順方向電圧を測定した。 $V_f(\text{total})$ は公知の電気特性測定機でn型GaP窓層を形成した状態で20mA通電時の順方向電圧を測定した。ライフは通電(通電電流20mA)直後の出力(

初期値)と100時間経過後の出力の変化率を測定(測定電流20mA)した。出力は公知の電気光学特性測定機で20mA通電時の積分球光出力(単位mW)を測定した。

請求の範囲

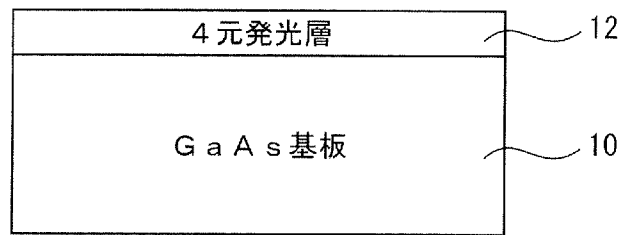
- [1] GaAs基板上に成長せしめられたAlGaInPの4元発光層と、前記AlGaInPの4元発光層の表面上に成長せしめられた発光光の取り出し用のp型窓層と、前記GaAs基板をエッチング除去した後に前記AlGaInPの4元発光層のGaAsに格子整合された裏面に気相エピタキシャル成長せしめられた発光光の取り出し用のn型GaP窓層とを有し、前記n型GaP窓層の成長初期のn型キャリア濃度を高くし続いてn型GaP窓層成長初期以降のn型GaP窓層のn型キャリア濃度を前記n型GaP窓層成長初期のn型キャリア濃度より低くすることを特徴とする高輝度発光ダイオード。
- [2] 前記AlGaInPの4元発光層の裏面側界面近傍のn型GaP窓層成長初期のn型キャリア濃度は 9×10^{17} 個/cm³以上でかつ 2×10^{18} 個/cm³以下であることを特徴とする請求項1記載の高輝度発光ダイオード。
- [3] 前記AlGaInPの4元発光層の裏面側のn型GaP窓層成長初期以降のn型GaP窓層のn型キャリア濃度は 3×10^{17} 個/cm³以上でかつ 8×10^{17} 個/cm³以下であることを特徴とする請求項1又は2記載の高輝度発光ダイオード。
- [4] 請求項1記載の高輝度発光ダイオードを製造する方法であって、有機金属気相成長法(MOCVD)によってGaAs基板上にAlGaInPの4元発光層を成長する第1工程と、前記AlGaInPの4元発光層の表面上に発光光の取り出し用のp型窓層を成長する第2工程と、前記第2工程終了後に前記GaAs基板をエッチングで除去する第3工程と、前記AlGaInPの4元発光層のGaAsに格子整合された裏面に発光光の取り出し用のn型GaP窓層を気相エピタキシャル成長する第4工程とを含み、前記第4工程において前記AlGaInPの4元発光層の裏面側界面近傍のn型GaP窓層成長初期のn型キャリア濃度を高くし続いてn型GaP窓層成長初期以降のn型GaP窓層のn型キャリア濃度を前記n型GaP窓層成長初期のn型キャリア濃度より低くするようにしたことを特徴とする高輝度発光ダイオードの製造方法。
- [5] 前記AlGaInPの4元発光層の裏面側界面近傍のn型GaP窓層成長初期のn型キャリア濃度は 9×10^{17} 個/cm³以上でかつ 2×10^{18} 個/cm³以下であることを特徴とする請求項4記載の高輝度発光ダイオードの製造方法。
- [6] 前記AlGaInPの4元発光層の裏面側のn型GaP窓層成長初期以降のn型GaP窓

層のn型キャリア濃度は 3×10^{17} 個/cm³以上でかつ 8×10^{17} 個/cm³以下であることを特徴とする請求項4又は5記載の高輝度発光ダイオードの製造方法。

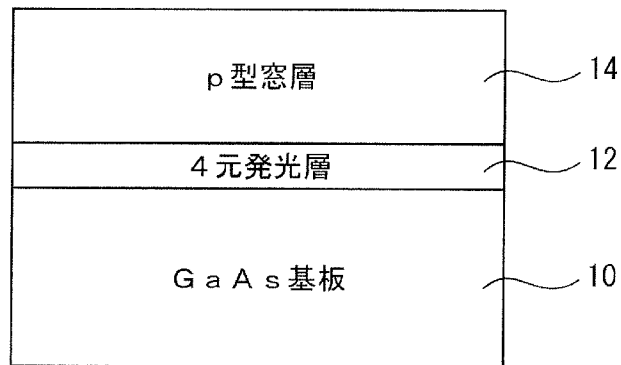
- [7] 有機金属気相成長法(MOCVD)によってGaAs基板上にAlGaInPの4元発光層を成長する第1工程と、前記AlGaInPの4元発光層の表面上に発光光の取り出し用のp型窓層を成長する第2工程と、前記第2工程終了後に前記GaAs基板をエッチングで除去する第3工程と、前記AlGaInPの4元発光層のGaAsに格子整合された裏面にGaP発光光の取り出し用のn型窓層を気相エピタキシャル成長する第4工程とを含み、前記第2工程において前記AlGaInPの4元発光層の表面上に発光光の取り出し用のp型窓層を成長した後の前記GaAs基板でのVfをVf(p)とした場合、前記第3工程において前記GaAs基板を除去し、続いて前記第4工程において前記AlGaInPの4元発光層のGaAsに格子整合された裏面に発光光の取り出し用のn型GaP窓層を気相エピタキシャル成長した状態でのVfをVf(total)とした場合のVf(n) = Vf(total) - Vf(p)が $0.1\text{V} \leq \text{Vf(n)} \leq 0.25\text{V}$ となるようにn型GaP窓層のn型キャリア濃度を制御するようにしたことを特徴とする高輝度発光ダイオードの製造方法。

[図1]

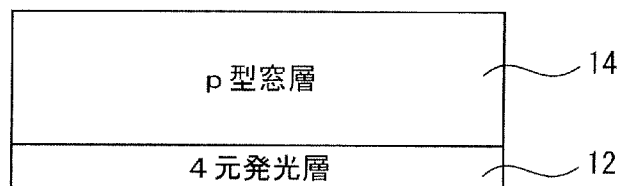
(a) 第1工程



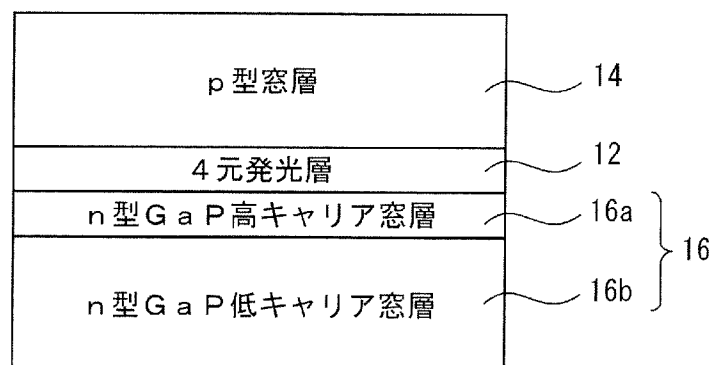
(b) 第2工程



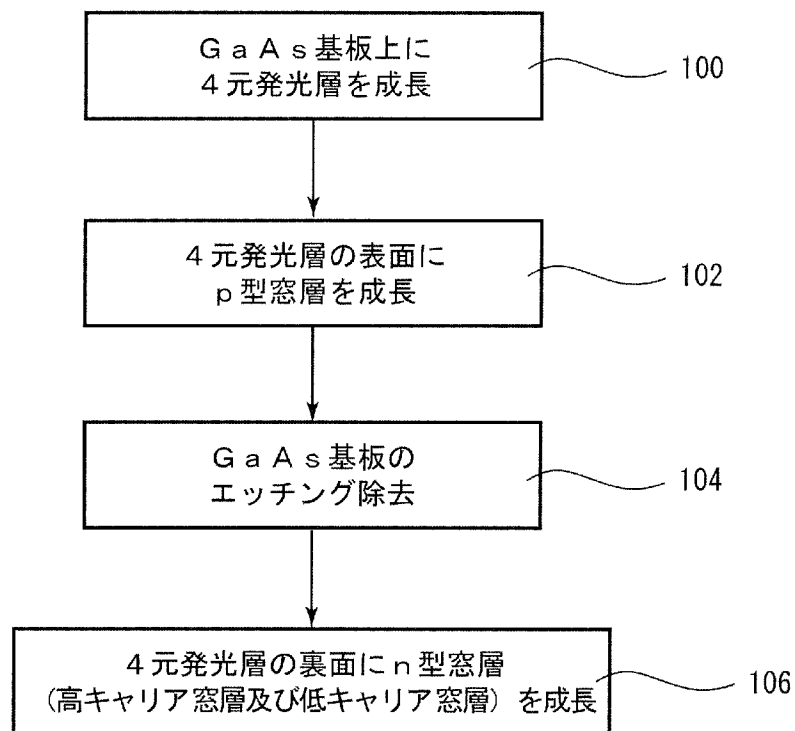
(c) 第3工程



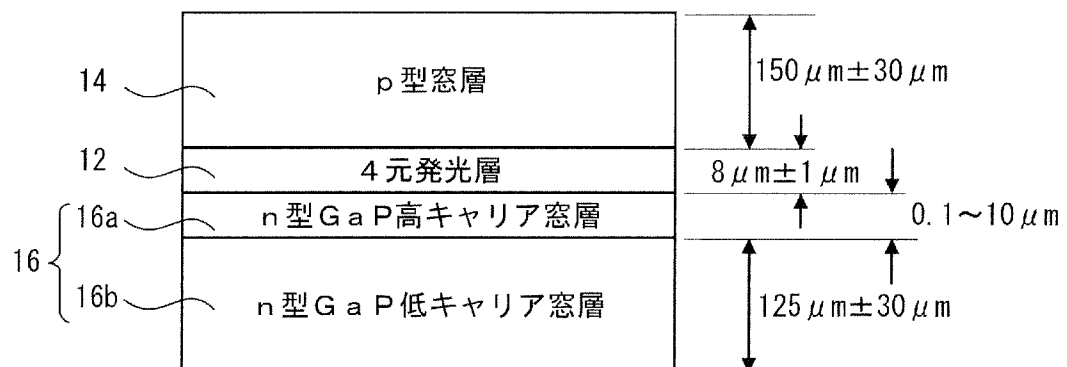
(d) 第4工程



[図2]

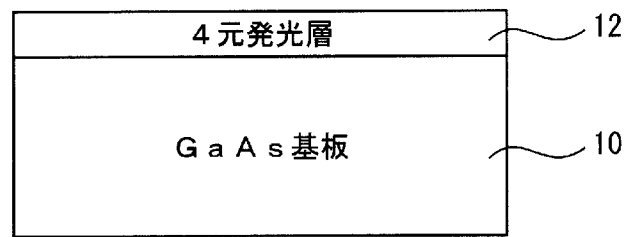


[図3]

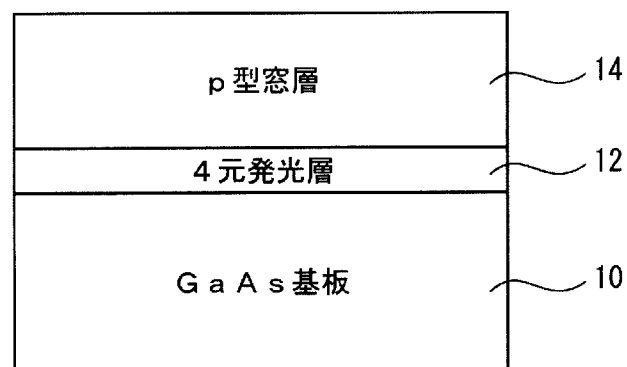


[図4]

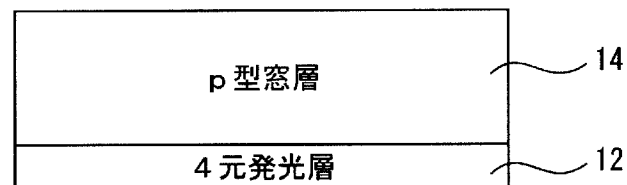
(a) 第1工程



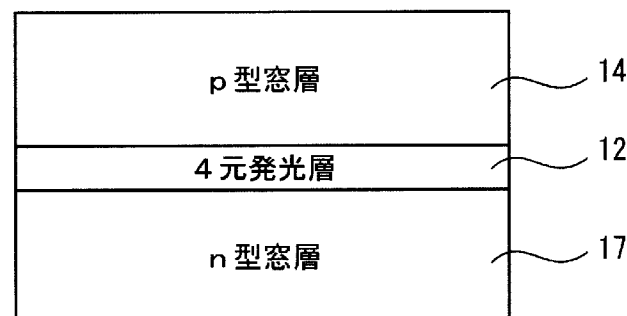
(b) 第2工程



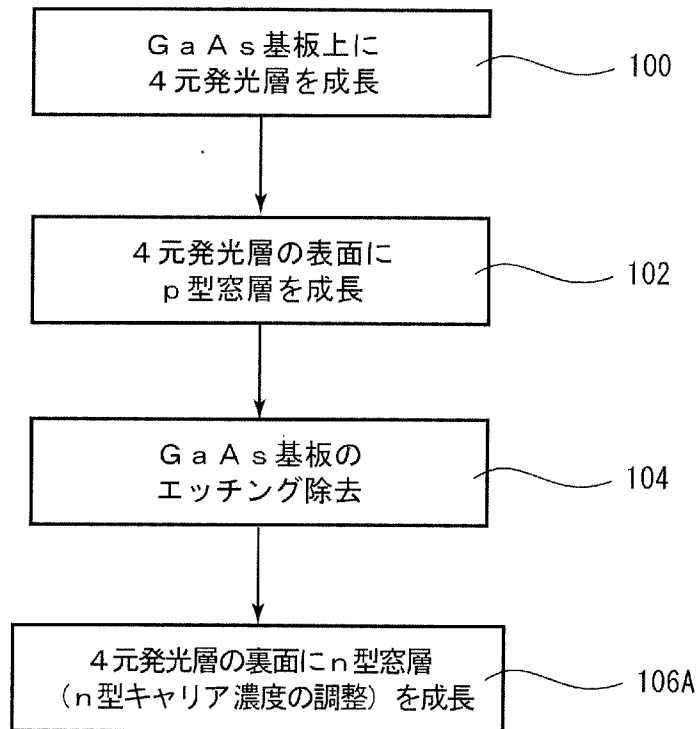
(c) 第3工程



(d) 第4工程

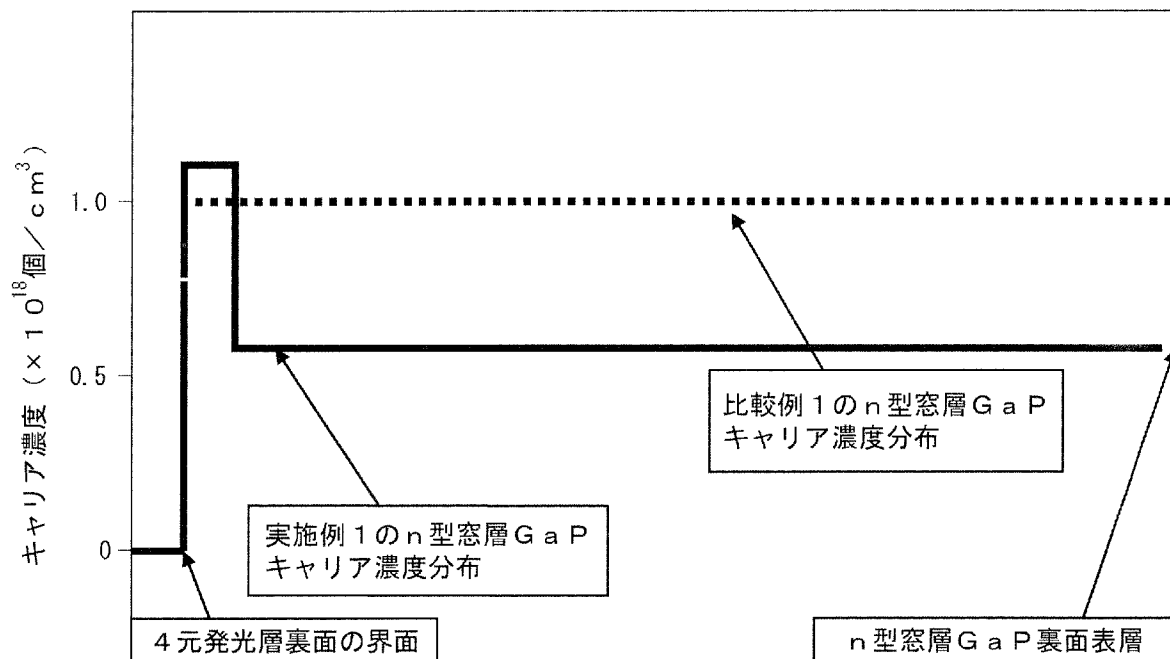


[図5]

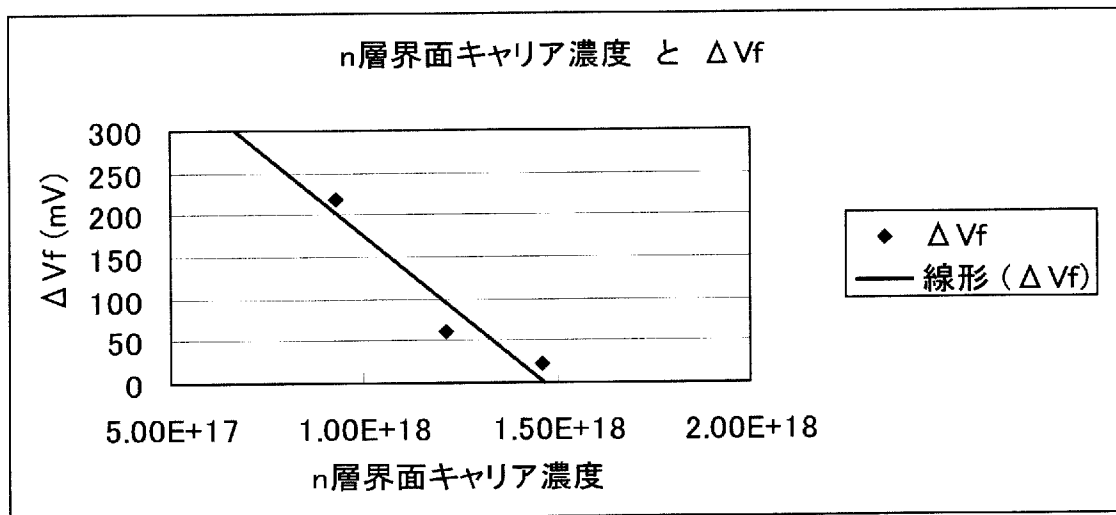


[図6]

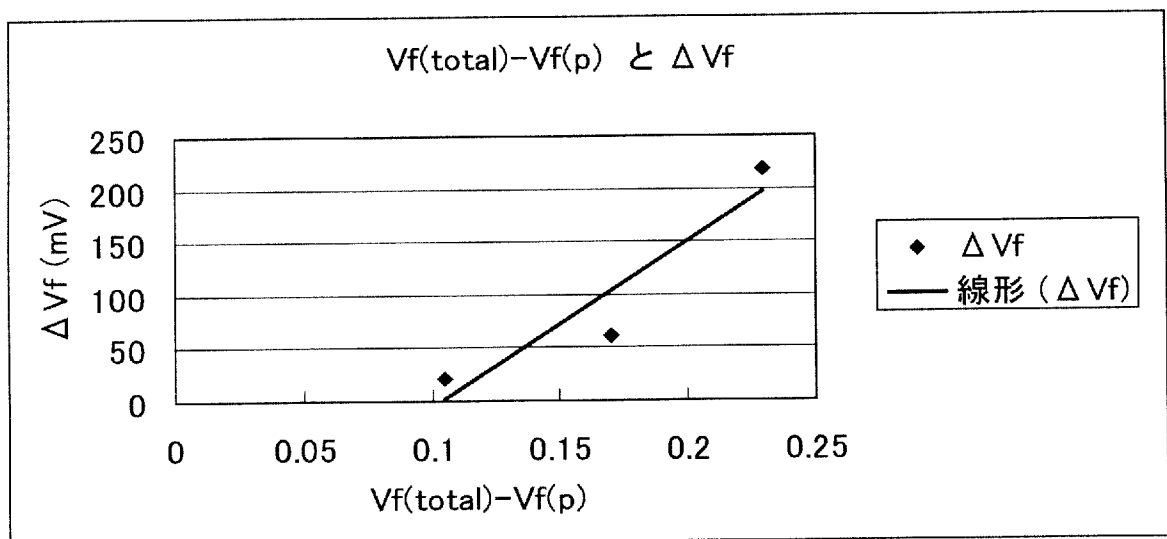
n型窓層のキャリア濃度分布



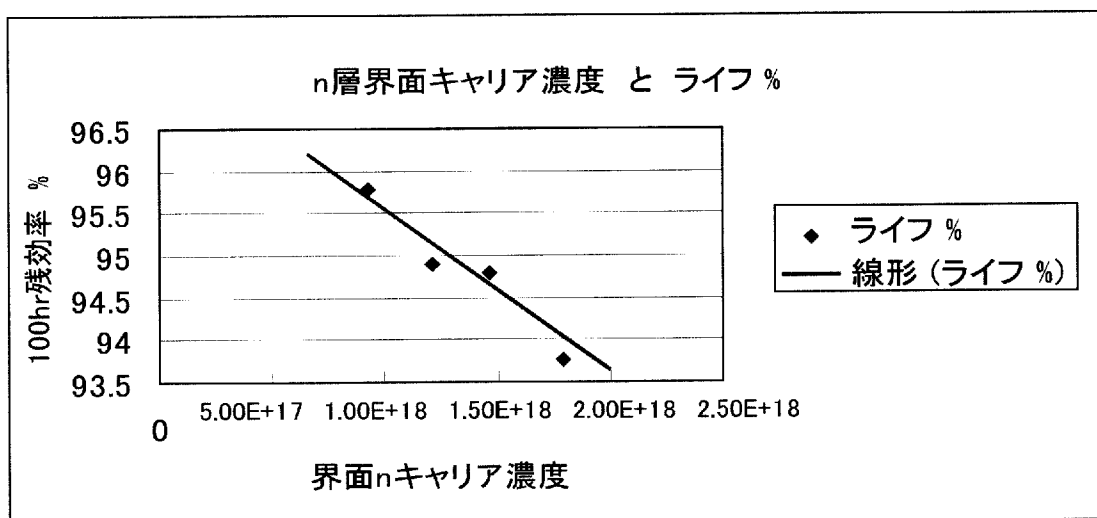
[図7]



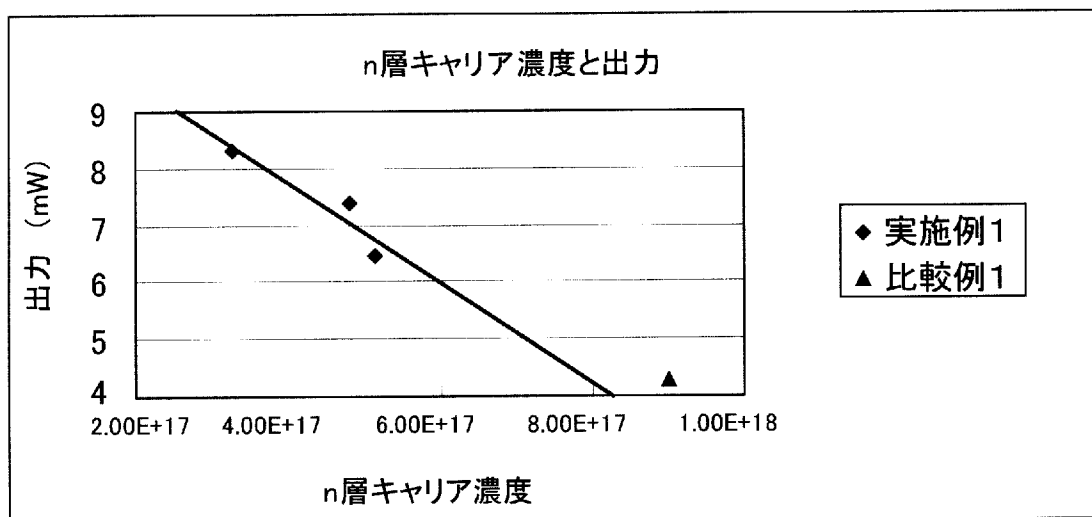
[図8]



[図9]



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2008/063665

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	1996-2008
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2008	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2008

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 2001-68731 A (Showa Denko Kabushiki Kaisha), 16 March, 2001 (16.03.01), Par. Nos. [0011] to [0013]; Figs. 1, 2 (Family: none)	1-7
Y	JP 2007-165612 A (Showa Denko Kabushiki Kaisha), 28 June, 2007 (28.06.07), Par. Nos. [0022], [0039]; Fig. 1 & WO 2007/069651 A1	1-7
Y	JP 2004-304090 A (Hitachi Cable, Ltd.), 28 October, 2004 (28.10.04), Par. Nos. [0034] to [0042]; Fig. 1 (Family: none)	1, 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
01 September, 2008 (01.09.08)

Date of mailing of the international search report
09 September, 2008 (09.09.08)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2008/063665

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2007-59756 A (Rohm Co., Ltd.), 08 March, 2007 (08.03.07), Par. No. [0059]; Fig. 1 (Family: none)	1-7
A	JP 2006-261266 A (Sharp Corp.), 28 September, 2006 (28.09.06), Par. No. [0049]; Fig. 1 (Family: none)	1-7

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 1 9 2 2－1 9 9 6 年 日本国公開実用新案公報 1 9 7 1－2 0 0 8 年 日本国実用新案登録公報 1 9 9 6－2 0 0 8 年 日本国登録実用新案公報 1 9 9 4－2 0 0 8 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 2001-68731 A（昭和電工株式会社） 2001.03.16, 段落 0011-0013、図 1、図 2 ファミリーなし	1-7	
Y	JP 2007-165612 A（昭和電工株式会社） 2007.06.28, 段落 0022、0039、図 1 & WO 2007/069651 A1	1-7	
☒ 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 0 1 . 0 9 . 2 0 0 8		国際調査報告の発送日 0 9 . 0 9 . 2 0 0 8	
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） 角地 雅信 電話番号 0 3－3 5 8 1－1 1 0 1 内線 3 2 5 5	2 K 3 9 1 2

C (続き) . 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 2004-304090 A (日立電線株式会社) 2004. 10. 28, 0034-0042、図 1 ファミリーなし	1, 4
A	JP 2007-59756 A (ローム株式会社) 2007. 03. 08, 段落 0059、図 1 ファミリーなし	1-7
A	JP 2006-261266 A (シャープ株式会社) 2006. 09. 28, 段落 0049、図 1 ファミリーなし	1-7