

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3657096号

(P3657096)

(45) 発行日 平成17年6月8日(2005.6.8)

(24) 登録日 平成17年3月18日(2005.3.18)

(51) Int. Cl.⁷

H01L 31/04

F I

H01L 31/04

E

請求項の数 6 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願平9-285748	(73) 特許権者	000005049 シャープ株式会社 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号
(22) 出願日	平成9年10月17日(1997.10.17)	(74) 代理人	100065248 弁理士 野河 信太郎
(65) 公開番号	特開平11-121774	(72) 発明者	高本 達也 埼玉県戸田市新首南3丁目17番35号 株式会社ジャパンエナジー内
(43) 公開日	平成11年4月30日(1999.4.30)	(72) 発明者	池田 英治 埼玉県戸田市新首南3丁目17番35号 株式会社ジャパンエナジー内
審査請求日	平成15年9月9日(2003.9.9)	審査官	柏崎 康司

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 GaAs太陽電池

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1導電型のベース層の表面上に第2導電型のエミッタ層を有するGaAs太陽電池において、

前記エミッタ層の表面上に積層された第2導電型 $In_{1-x}Ga_xP$ 層で形成され、組成比 x が $0.50 \sim 0.53$ の範囲に設定され、前記エミッタ層との格子不整合率が 0.3% 以内に設定され、エミッタ層表面での再結合を抑制する第1窓層と、

該第1窓層の表面上に積層された第2導電型 $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P$ 層で形成され、少数キャリアに対するポテンシャル障壁を形成する第2窓層と、

を備えたことを特徴とするGaAs太陽電池。

10

【請求項2】

第1導電型のベース層の表面上に第2導電型のエミッタ層を有するGaAs太陽電池において、

前記エミッタ層の表面上に積層された第2導電型 $In_{1-x}Ga_xP$ 層で形成され、エミッタ層表面での再結合を抑制する第1窓層と、

該第1窓層の表面上に積層された第2導電型 $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P$ 層で形成され、組成比 y が $0.50 \sim 0.53$ の範囲に設定され、前記第1窓層の $InGaP$ 層との格子不整合率が 0.3% 以内に設定され、少数キャリアに対するポテンシャル障壁を形成する第2窓層と、

を備えたことを特徴とするGaAs太陽電池。

20

【請求項3】

第1導電型のベース層の表面上に第2導電型のエミッタ層を有するGaAs太陽電池において、

前記エミッタ層の表面上に積層された第2導電型 $In_{1-x}Ga_xP$ 層で形成され、エミッタ層表面での再結合を抑制する第1窓層と、

該第1窓層の表面上に積層された第2導電型 $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P$ 層で形成され、組成比 x が0.7～1.0の範囲に設定され、間接遷移型材料よりなる少数キャリアに対するポテンシャル障壁を形成する第2窓層と、

を備えたことを特徴とするGaAs太陽電池。

【請求項4】

第1導電型のベース層の表面上に第2導電型のエミッタ層を有するGaAs太陽電池において、

前記エミッタ層の表面上に積層された第2導電型 $In_{1-x}Ga_xP$ 層で形成され、組成比 x が0.50～0.53の範囲に設定され、記エミッタ層との格子不整合率が0.3%以内に設定され、エミッタ層表面での再結合を抑制する第1窓層と、

該第1窓層の表面上に積層された第2導電型 $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P$ 層で形成され、組成比 x が0.7～1.0の範囲に、組成比 y が0.50～0.53の範囲にそれぞれ設定され、間接遷移型材料よりなる前記第1窓層のInGaP層との格子不整合率が0.3%以内に設定され、少数キャリアに対するポテンシャル障壁を形成する第2窓層と、

を備えたことを特徴とするGaAs太陽電池。

【請求項5】

前記第1窓層を形成する $In_{1-x}Ga_xP$ 層は0.05 μ m以下の膜厚で形成されることを特徴とする請求項1又は請求項2に記載のGaAs太陽電池。

【請求項6】

請求項1乃至5いずれかに記載の太陽電池の上に、トンネル接合を介してInGaP太陽電池を積層したことを特徴とする積層型太陽電池。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、GaAs太陽電池に関し、特にベース層表面上にエミッタ層を備えこのエミッタ層表面上に窓層を有するGaAs太陽電池に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

図6は従来技術に係るGaAs太陽電池の構成を示す断面図である。GaAs太陽電池はp型GaAs基板31の表面上にp型GaAsバッファ層32、p型InGaP-BSF層33、p型GaAsベース層34、n型GaAsエミッタ層35の各層を備える。

【0003】

この種のGaAs太陽電池にはn型GaAsエミッタ層35の表面上に窓層36が形成される。窓層36は、太陽光を入射する表面近傍で生成された少数キャリアが表面欠陥等による再結合によって表面で消滅することを抑制できる。窓層36には、下地層であるn型GaAsエミッタ層35との格子定数がほぼ等しく、エネルギーギャップが大きくGaAsに対してポテンシャル障壁を形成し、可視光を透過する材料が選択される。特に、窓層36には光吸収係数の小さい間接遷移型の材料が選択されており、具体的にはAlGaAs、InGaP、AlInPのいずれかの材料の単層が使用されている。

【0004】

前記p型GaAs基板31の裏面には裏面電極39が形成され、窓層36の一部の表面上にはn型GaAsコンタクト層37を介して表面電極40が形成される。さらに、窓層36の他の一部の表面上には反射防止層38が形成される。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

10

20

30

40

50

前述のGaAs太陽電池の窓層36を形成する材料のうち、 $Al_{0.5}In_{0.5}P$ は、エネルギーギャップが2.35 eVで最も大きく、大きなポテンシャル障壁を形成できる点で有利である。しかしながら、 $AlInP$ は $AlGaAs$ と同様に組成元素にAlを含むためにエピタキシャル成長時に酸素の影響を受け、窓層36とn型GaAsエミッタ層35との界面において再結合中心が多発する。このため、再結合損失が大きくなるという問題があった。一方、 $InGaP$ は組成元素にAlを含まないので、再結合中心が少ない高品質の界面が得られやすい。しかしながら、 $InGaP$ は光吸収率が高いという問題があった。

【0006】

このように、従来技術に係るGaAs太陽電池においては、窓層36としていずれの材料を選択しても十分な量子効率が期待できず、また十分な変換効率が期待できなかった。

10

【0007】

本発明は上記課題を解決するためになされたもので、本発明の目的は量子効率を向上し、さらに変換効率を向上できるGaAs太陽電池を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するために、この発明は、第1導電型のベース層の表面上に第2導電型のエミッタ層を有するGaAs太陽電池において、前記エミッタ層の表面上に積層された $In_{1-x}Ga_xP$ 層で形成され、接合界面での再結合を抑制する第1窓層と、この第1窓層の表面上に積層された $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P$ 層で形成され、少数キャリアに対するポテンシャル障壁を形成する第2窓層と、を備えたことを特徴とする。

20

【0009】

このように構成されるGaAs太陽電池においては、組成元素にAlを含まないため再結合中心の発生が減少できる $InGaP$ 層を第1窓層としてエミッタ層(GaAs)の表面上に形成したので、エミッタ層と第1窓層との間の界面における再結合損失が減少できる。そして、この再結合損失が減少された状態において、第2窓層にエネルギーギャップが大きくポテンシャル障壁が高い $AlGaInP$ 層が使用されるので、第2窓層で少数キャリアを跳ね返すことができる。従って、表面近傍における少数キャリアの収集効率が向上できるので、GaAs太陽電池の量子効率が向上でき、変換効率が向上できる。

【0010】

さらに、この発明のGaAs太陽電池は、前記第1窓層を形成する $In_{1-x}Ga_xP$ 層の組成比xを0.50 - 0.53の範囲に設定し、前記第2窓層を形成する $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P$ 層の組成比xを0.7 - 1.0の範囲に、組成比yを0.50 - 0.53の範囲にそれぞれ設定することを特徴とする。

30

【0011】

このように構成されるGaAs太陽電池において、第1窓層の $In_{1-x}Ga_xP$ 層の組成比xが0.50 - 0.53の範囲に設定されることにより、第1窓層の $InGaP$ 層の格子定数がエミッタ層のGaAsの格子定数に近似でき、格子不整合率が0.3%以内に設定できる。この結果、格子欠陥や格子歪みの発生が減少でき、再結合中心の発生が減少できるので、再結合損失がより一層減少できる。同様に、第2窓層の $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P$ 層の組成比yが0.50 - 0.53の範囲に設定されることにより、第2窓層の $AlGaInP$ 層の格子定数が第1窓層の $InGaP$ 層の格子定数に近似できるので、再結合損失が減少できる。そして、 $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P$ 層の組成比xが0.7以上に設定されることにより、 $AlGaInP$ は間接遷移型の材料になり、第2窓層における光吸収量が減少できる。第2窓層で発生した少数キャリアは通常pn接合まで到達せずに消滅してしまうので、第2窓層での光吸収量は小さい方が好ましい。

40

【0012】

さらに、この発明のGaAs太陽電池は、第1窓層を形成する $In_{1-x}Ga_xP$ 層を0.05 μm以下の膜厚で形成することを特徴とする。

【0013】

このように構成されるGaAs太陽電池においては、第1窓層における光吸収量が小さい

50

直接遷移型の材料である InGaP 層が実現できる。第 1 窓層の膜厚は薄ければ薄いほど光吸収量を小さくなる。さらに、 InGaP 層が $0.05 \mu\text{m}$ 以下の薄膜で形成されるので、安定した膜厚制御が行える。

【0014】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。図 1 は本発明の第 1 の実施の形態に係る GaAs 太陽電池の構造を示す断面図である。 GaAs 太陽電池は、 p 型 GaAs 基板 1、 p 型 GaAs バッファ層 2、 p 型 InGaP-BSF 層（裏面電界層）3、 p 型 GaAs ベース層 4 及び n 型 GaAs エミッタ層 5 を備え、さらに第 1 窓層 6 及び第 2 窓層 7 を備える。これらの p 型 GaAs バッファ層 2、 p 型 InGaP-BSF 層 3、 p 型 GaAs ベース層 4、 n 型 GaAs エミッタ層 5、第 1 窓層 6、第 2 窓層 7 の各層は p 型 GaAs 基板 1 の表面上に順次積層される。 p 型 GaAs 基板 1 の裏面には裏面電極 10 が形成され、第 2 窓層 7 の一部分の表面上には n 型 GaAs コンタクト層 8 を介して表面電極 11 が形成される。さらに、第 2 窓層 7 の他の一部分の表面上には反射防止層 9 が形成される。

10

【0015】

前記第 1 窓層 6 は n 型 GaAs エミッタ層 5 の表面上に直接積層された $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{P}$ 層で形成される。 $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{P}$ 層は、組成元素に Al を含まないので n 型 GaAs エミッタ層 5 との界面において再結合中心を生成しにくく、再結合中心が少ない高品質な界面を形成できる。 $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{P}$ 層の組成比 x は $0.50 - 0.53$ の範囲に設定され、 InGaP 層の格子定数が n 型 GaAs エミッタ層 5 の格子定数に近似でき、格子不整合率が 0.3% 以内に設定できる。組成比 x が 0.50 未満に設定されると、 InGaP 層の格子定数が GaAs の格子定数よりも小さくなり、 InGaP 層の格子が伸びるので、格子欠陥や歪みが発生しやすくなる。逆に、組成比 x が 0.53 を超える場合には、 InGaP 層の格子定数が GaAs の格子定数よりも大きくなり、 InGaP 層の格子が縮むので、同様に格子欠陥や歪みが発生しやすくなる。

20

【0016】

前記第 2 窓層 7 は第 1 窓層 6 の表面上に形成された $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ 層で形成される。 $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ 層はエネルギーギャップが 2.35 eV ($x = 1$ の場合) と大きいので、高いポテンシャル障壁が得られ、少数キャリアを跳ね返すことができる。 $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ 層の組成比 x は $0.7 - 1.0$ の範囲に設定され、組成比 y は $0.50 - 0.53$ の範囲に設定される。 $0.50 - 0.53$ の範囲に組成比 y が設定されることによって、第 1 窓層 6 と同様に AlGaInP の格子定数が第 1 窓層 6 の InGaP 層の格子定数に近似でき、格子不整合率が 0.3% 以内に設定でき、再結合損失が減少できる。さらに、 AlGaInP 層の組成比 x が 0.7 以上に設定されることによって、 AlGaInP は間接遷移型の材料になり、第 2 窓層 7 における光吸収量が減少できる。

30

【0017】

次に、図 1 を参照して GaAs 太陽電池の製造プロセスを説明する。

【0018】

(1) まず、 $1 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$ の濃度で Zn がドーピングされた p 型 GaAs 基板 1 を準備する。

40

【0019】

(2) 前記 p 型 GaAs 基板 1 の表面上に、 p 型 GaAs バッファ層 2、 p 型 InGaP-BSF 層 3、 p 型 GaAs ベース層 4、 n 型 GaAs エミッタ層 5、第 1 窓層 6、第 2 窓層 7 の各層を順次積層する。これらの各層は有機金属気相成長 (MOCVD) 法により約 700 の成長温度で連続的に成膜され、各層の格子定数は p 型 GaAs 基板 1 の格子定数に対してほぼ等しくなるように形成される。 p 型 GaAs バッファ層 2 の膜厚は $0.5 \mu\text{m}$ 、 p 型 InGaP-BSF 層 3 の膜厚は $0.1 \mu\text{m}$ 、 p 型 GaAs ベース層の膜厚は $3 \mu\text{m}$ 、 n 型 GaAs エミッタ層 5 の膜厚は $0.1 \mu\text{m}$ でそれぞれ形成される。第 1

50

窓層6の膜厚は0.01～0.05 μmの範囲で形成され、好ましくは0.01 μmの膜厚で生成される。第1窓層6であるInGaP層は、膜厚が薄ければ薄いほど直接遷移型の材料になり、光吸収量が小さくなる。第2窓層7の膜厚は0.03～0.1 μmの範囲で形成され、好ましくは0.03 μmの膜厚で形成される。

【0020】

(3) 前記第2窓層7の表面上にn型GaAsコンタクト層8を形成する。n型GaAsコンタクト層8はMOCVD法により成膜される。

【0021】

(4) 前記p型GaAs基板1の裏面にp型の裏面電極10を形成する。裏面電極10はAuメッキにより形成される。

10

【0022】

(5) リフトオフ技術に従い、まず前記n型GaAsコンタクト層8の表面上の一部が開口されたマスクを形成する。このマスクの開口を通して露出するn型GaAsコンタクト層8の表面上の一部、マスク上にそれぞれAu-Ge/Ni/Au層を蒸着し、約350℃で数秒間の熱処理を行う。引き続き、Au-Ge/Ni/Au層の表面上にAuメッキを施し、n型の表面電極11を形成する。前記マスク及びマスク上の不要なn型の表面電極11は選択的に除去される。

【0023】

(6) n型の表面電極11をマスクとしてn型の表面電極11以外の領域に露出するn型GaAsコンタクト層8をエッチングにより除去する。エッチングにはNH₄OH:H₂O:H₂O₂溶液が使用される。

20

【0024】

(7) そして、前記エッチングにより露出された第2窓層7の表面上に反射防止層9が形成される。反射防止層9はZnS/MgF₂で形成される。これら一連の工程を施すことにより、GaAs太陽電池が完成する。

【0025】

図2は従来技術に係るGaAs太陽電池の分光感度特性図である。いずれも従来技術に係る単層のIn_{0.5}Ga_{0.5}P層を窓層とするGaAs太陽電池の分光感度特性と、単層のAl_{0.5}In_{0.5}P層を窓層とするGaAs太陽電池の分光感度特性とを比較すると、AlInP層を窓層とするGaAs太陽電池の方が短波長領域で量子効率が優れている。

30

【0026】

図3は従来技術に係るGaAs太陽電池、本実施の形態に係るGaAs太陽電池のそれぞれの分光感度特性図である。従来技術に係る単層で0.03 μmの膜厚を有するAl_{0.5}In_{0.5}P層を窓層とするGaAs太陽電池の分光感度特性と、本実施の形態に係る0.01 μmの膜厚を有するIn_{0.5}Ga_{0.5}P層(第1窓層6)及び0.03 μmの膜厚を有するAl_{0.5}In_{0.5}P層(第2窓層7)の2層構造で窓層が形成されるGaAs太陽電池の分光感度特性とを比較すると、明らかに2層構造の窓層を有するGaAs太陽電池の方が短波長領域で量子効率が優れている。

【0027】

なお、量子効率以外の特性であるGaAs太陽電池の開放特性、曲線因子はそれぞれのGaAs太陽電池において大差がないことが確認されており、本発明によって、当然、変換効率が向上できる。

40

【0028】

次に、本発明をInGaP/GaAs積層型太陽電池に適用した場合について説明する。図4は本発明の第2の実施の形態に係るInGaP/GaAs積層型太陽電池のボトムセル構造を示す断面図である。InGaP/GaAs積層型太陽電池は、p型GaAs基板12、p型GaAsパuffers層13、p型InGaP-BSF層14、p型GaAsベース層15、n型GaAsエミッタ層16、n型InGaP層で形成された第1窓層17、n型AlInP層で形成された第2窓層18、n/p型InGaPトンネル接合層19、p型AlInP-BSF層20、p型InGaP-BSF層21、p型InGaPベース

50

層 22、n 型 InGaP エミッタ層 23、n 型 AlInP 窓層 24 を備える。これら p 型 GaAs バッファ層 13 から n 型 AlInP 窓層 24 までの各層は p 型 GaAs 基板 12 の表面上に順次積層される。p 型 GaAs 基板 12 の裏面には裏面電極 27 が形成され、n 型 AlInP 窓層 24 の一部分の表面上には n 型 GaAs コンタクト層 25 を介して表面電極 28 が形成される。さらに、n 型 AlInP 窓層 24 の他の一部分の表面上には反射防止層 26 が形成される。

【0029】

本実施の形態に係る InGaP / GaAs 積層型太陽電池において第 1 窓層 17、第 2 窓層 18 の基本的特性はそれぞれ前述の第 1 の実施の形態に係る GaAs 太陽電池の第 1 窓層 6、第 2 窓層 7 と同等であるので、ここでの説明は省略する。また、基本的な製造プロセスも同等であるので、ここでの説明は省略する。

10

【0030】

図 5 は従来技術に係る InGaP / GaAs 積層型太陽電池、本実施の形態に係る InGaP / GaAs 積層型太陽電池のそれぞれの分光感度特性図である。従来技術に係る InGaP / GaAs 積層型太陽電池は、第 1 窓層 17 に相当する n 型 InGaP 層がなく、第 2 窓層 18 に相当する n 型 AlInP 層の単層が形成される。従来技術に係る単層の n 型 AlInP 層を窓層とする InGaP / GaAs 積層型太陽電池の分光感度特性と、本実施の形態に係る n 型 InGaP 層（第 1 窓層 17）及び n 型 AlInP 層（第 2 窓層 18）の 2 層構造で窓層が形成される InGaP / GaAs 積層型太陽電池の分光感度特性とを比較すると、2 層構造の窓層を有する InGaP / GaAs 積層型太陽電池の方が短波長領域で量子効率が優れている。従って、InGaP / GaAs 積層型太陽電池の変換効率も向上できる。

20

【0031】

【発明の効果】

本発明は、量子効率を向上しつつさらに変換効率が向上できる GaAs 太陽電池を提供できる。さらに、本発明は、同様に量子効率を向上しつつさらに変換効率が向上できる InGaP / GaAs 積層型太陽電池を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第 1 の実施の形態に係る GaAs 太陽電池の構造を示す断面図である。

【図 2】従来技術に係る GaAs 太陽電池の分光感度特性図である。

30

【図 3】従来技術に係る GaAs 太陽電池、本実施の形態に係る GaAs 太陽電池のそれぞれの分光感度特性図である。

【図 4】本発明の第 2 の実施の形態に係る InGaP / GaAs 積層型太陽電池のボトムセル構造を示す断面図である。

【図 5】従来技術に係る InGaP / GaAs 積層型太陽電池、本実施の形態に係る InGaP / GaAs 積層型太陽電池 GaAs のそれぞれの分光感度特性図である。

【図 6】従来技術に係る GaAs 太陽電池の構成を示す断面図である。

【符号の説明】

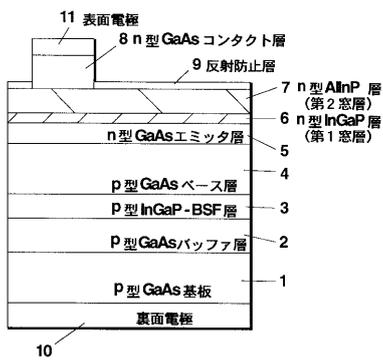
- 1、12 p 型 GaAs 基板
- 2、13 p 型 GaAs バッファ層
- 3、14、21 p 型 InGaP - BSF 層
- 4、15 p 型 GaAs ベース層
- 5、16 n 型 GaAs エミッタ層
- 6、17 第 1 窓層
- 7、18 第 2 窓層
- 8、25 n 型 GaAs コンタクト層
- 9、26 反射防止層
- 10、27 裏面電極
- 11、28 表面電極
- 19 n / p 型 InGaP トンネル接合層

40

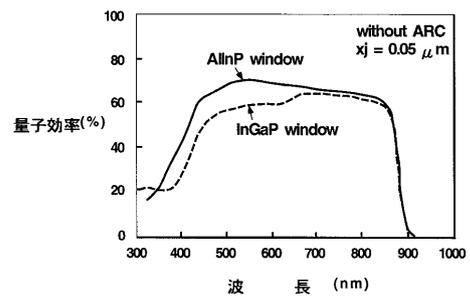
50

- 20 p型AlInP-BSF層
- 22 p型InGaPベース層
- 23 n型InGaPエミッタ層
- 24 n型AlInP窓層

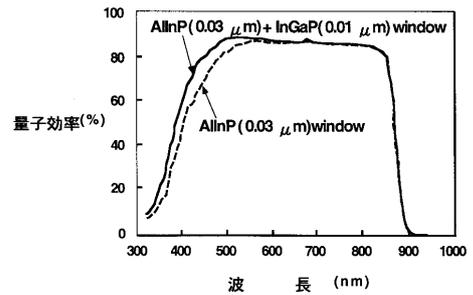
【図1】



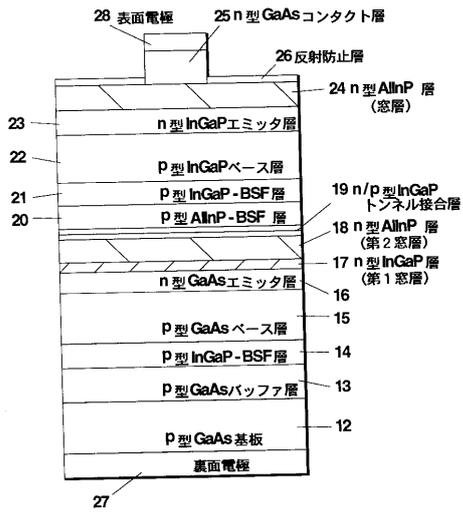
【図2】



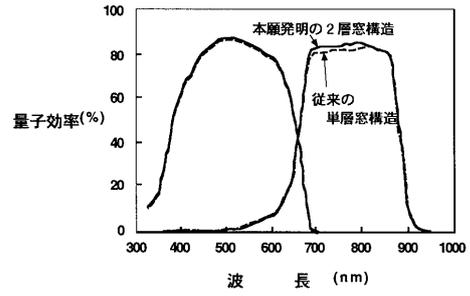
【図3】



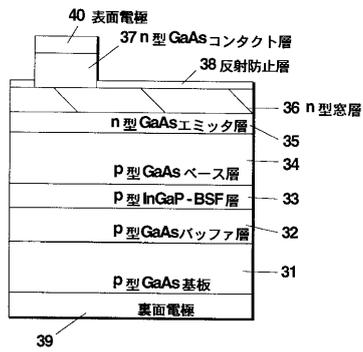
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平08 - 204215 (JP, A)
特開平05 - 067802 (JP, A)
特開昭59 - 172780 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)
H01L 31/04