

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2010年12月16日(16.12.2010)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2010/143342 A1

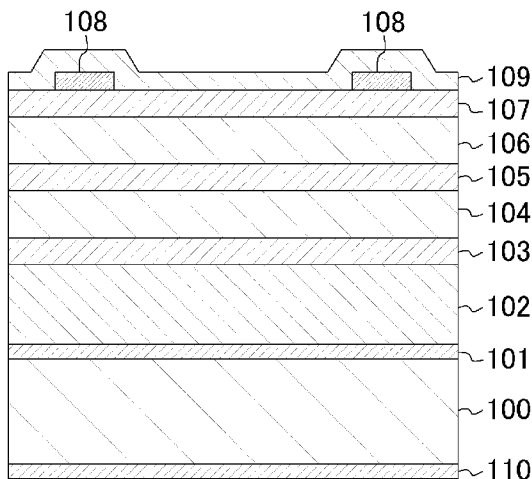
- (51) 国際特許分類:
H01L 31/04 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2010/001884
- (22) 国際出願日: 2010年3月16日(16.03.2010)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2009-136984 2009年6月8日(08.06.2009) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): パナソニック株式会社 (PANASONIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒5718501 大阪府門真市大字門真1006番地 Osaka (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 上田哲三 (UEDA, Tetsuzo). 瀧澤俊幸 (TAKIZAWA, Toshiyuki). 上田大助 (UEDA, Daisuke).
- (74) 代理人: 前田弘, 外 (MAEDA, Hiroshi et al.); 〒5410053 大阪府大阪市中央区本町2丁目5番7号 大阪丸紅ビル Osaka (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, CL, 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, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, 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, 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, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ,

[続葉有]

(54) Title: NITRIDE SEMICONDUCTOR SOLAR CELL

(54) 発明の名称: 窒化物半導体太陽電池

[図1]



(57) Abstract: Disclosed is a nitride semiconductor solar cell including a first semiconductor layer (102), which comprises a nitride semiconductor of III- and V-Group elements and includes a first pn junction, and a second semiconductor layer (104), which comprises a nitride semiconductor of III- and V-Group elements, differs from the first semiconductor layer (102) in band gap, and includes a second pn junction. Between the first semiconductor layer (102) and the second semiconductor layer (104), a first contact layer (103) has been formed in ohmic contact with each of the first semiconductor layer (102) and the second semiconductor layer (104), the first contact layer (103) being an oxide layer containing zinc.

(57) 要約: 窒化物半導体太陽電池は、III-V族窒化物半導体からなり、第1のpn接合を含む第1の半導体層(102)と、III-V族窒化物半導体からなり、第1の半導体層(102)とは禁制帯幅が異なる第2のpn接合を含む第2の半導体層(104)とを有している。第1の半導体層(102)と第2の半導体層(104)の間には、第1の半導体層(102)及び第2の半導体層(104)のそれぞれとオーミック接触して形成され、且つ亜鉛を含む酸化層である第1のコンタクト層(103)が形成されている。



WO 2010/143342 A1

CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, 添付公開書類:
TD, TG).

— 國際調查報告 (條約第 21 條(3))

明 細 書

発明の名称：窒化物半導体太陽電池

技術分野

[0001] 本発明は、太陽光発電に利用可能な薄膜型の窒化物半導体太陽電池に関する。

背景技術

[0002] 地球温暖化防止に向け省エネルギー化が注目されており、これを実現する技術の中でも太陽光により電力を得る、いわゆる太陽光発電が注目されている。これを実現するためのデバイスが太陽電池であり、半導体のpn接合に光を照射した場合に生じる電子正孔対を光起電流として取り出すことにより電力を得ることができる。

[0003] 太陽電池を高効率化するには、幅広い波長帯域を含む太陽光をできるだけ効率的に利用する必要がある。禁制帯幅が単一のpn接合ではその向上に限界がある。この問題を解決すべく提案されたのが、禁制帯幅が互いに異なる複数のpn接合を積層し、積層したpn接合の間をp⁺n⁺接合によって接続するタンデム（スタック）構造である。p⁺n⁺接合はいわゆるトンネル電流により、互いに隣接するpn接合に対してオーミック電極として機能する。この構成により、各pn接合が効率的に太陽光を吸収して光電変換を行えるようになるため、より高効率動作が可能となる。これまでに用いられてきた太陽電池は多結晶シリコン又はアモルファスシリコン系の材料により構成されてきたが、より短波長領域を高効率に変換するには、より禁制帯幅が大きい材料を用いて積層する必要がある。

[0004] 窒化ガリウム（GaN）に代表されるIII-V族窒化物化合物半導体（一般式 $In_xAl_yGa_{1-x-y}N$ （但し、 $0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ 、 $0 \leq x + y \leq 1$ である。）以下、GaN系半導体と呼ぶ。）はその組成を変化させることにより、紫外域から赤外域まで幅広い波長帯域をカバーし得る材料である。従って、GaN系半導体をタンデム構造として積層できれば、より高効率な

太陽電池の実現が期待できる。

先行技術文献

特許文献

- [0005] 特許文献1：特公昭63-048197号公報
特許文献2：特開2008-235878号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0006] しかしながら、Ga₂N系半導体は、特にp型層のキャリア濃度の値を十分に大きくできないことから、必要なトンネル電流が得られるp⁺n⁺接合をGa₂N系半導体により実現することは困難である。すなわち、Ga₂N系半導体を用いる太陽電池は、良好なタンデム構造を実現できず、高効率動作を行えないという問題がある。
- [0007] 本発明は、前記従来の問題に鑑み、Ga₂N系半導体からなる太陽電池に、良好なタンデム構造を実現できるようにすることを目的とする。

課題を解決するための手段

- [0008] 前記の目的を達成するため、本発明は、窒化物半導体太陽電池を、pn接合を含む複数の窒化物半導体層の間にそれぞれ亜鉛を含む酸化層を設ける構成とする。
- [0009] 具体的に、本発明に係る窒化物半導体太陽電池は、III-V族窒化物半導体からなり第1のpn接合を含む第1の半導体層と、III-V族窒化物半導体からなり第1の半導体層とは禁制帯幅が異なる第2のpn接合を含む第2の半導体層と、第1の半導体層と第2の半導体層との間にそれぞれとオーミック接触して形成され、且つ亜鉛を含む酸化層とを備えていることを特徴とする。
- [0010] 本発明の窒化物半導体太陽電池によると、III-V族窒化物半導体からなり、共にpn接合を含む第1の半導体層と第2の半導体層との間にそれぞれとオーミック接触して形成され、且つ亜鉛を含む酸化層を備えているため、

第1の半導体層と第2の半導体層との間で良好なオーミック接触を実現できる。これにより、良好なタンデム構造を実現できるので、窒化物半導体太陽電池の高効率化を実現できる。

[0011] 本発明の窒化物半導体太陽電池において、亜鉛を含む酸化層は、マグネシウム及びカドミウムのうちの少なくとも一方を含んでいてもよい。

[0012] このようにすると、亜鉛を含む酸化層の禁制帯幅を適当な値に設計することができ、酸化層による光吸収を抑制できるため、より変換効率が高い太陽電池を得ることができる。

[0013] 本発明の窒化物半導体太陽電池において、第2の半導体層側から入射光が入射され、第2のpn接合の禁制帯幅は第1のpn接合の禁制帯幅よりも大きく、且つ酸化層の禁制帯幅は第1のpn接合の禁制帯幅よりも大きいことが好ましい。

[0014] このように、第1のpn接合と第2のpn接合との間、及び亜鉛を含む酸化層と第2のpn接合との間で、各禁制帯幅の値を入射側で大きく設計することにより、第2のpn接合での光吸収を大きくする一方、酸化層中での光吸収が抑制されるため、より変換効率が高い薄膜型の太陽電池を実現することができる。

[0015] 本発明の窒化物半導体太陽電池において、第1の半導体層、酸化層及び第2の半導体層には、周期的な凹凸形状が形成されていてもよい。

[0016] このようにすると、第1の半導体層等の結晶性が向上して、光吸収をより大きくすることができるため、より高効率な薄膜型の太陽電池を得ることができる。

[0017] 本発明の窒化物半導体太陽電池は、第1の半導体層、酸化層及び第2の半導体層を保持する基板をさらに備えていてもよい。

[0018] このようにすると、より光吸収を大きくし得る薄膜型の太陽電池を実現できる。

[0019] この場合に、基板にはグラファイトを用いることができる。このようにすると、各半導体層の成長用の基板にサファイア等を用いる場合と比べて、よ

り低コストで高効率な太陽電池を実現することができる。

[0020] また、この場合に、基板には、その主面に周期的な凹凸形状が形成されていてもよい。このようにすると、第1の半導体層等の結晶性が向上して、光吸収をより大きくすることができるため、より高効率な薄膜型の太陽電池を得ることができる。

[0021] 本発明の窒化物半導体太陽電池は、基板と第1の半導体層との間で、且つ基板と接するように形成された窒化アルミニウム層をさらに備えていてもよい。

[0022] このようにすると、第1の半導体層等の結晶性をさらに良好にすることができる。

[0023] 本発明の窒化物半導体太陽電池は、第1の半導体層と酸化物層との間及び第2の半導体層と酸化物層との間の少なくとも一方に、第1の半導体層及び第2の半導体層よりも低い温度で形成されたIII-V族窒化物半導体からなる第3の半導体層をさらに備えていてもよい。

[0024] このように、第3の半導体層を設けることにより、亜鉛を含む酸化物層から第1の半導体層及び第2の半導体層への亜鉛の拡散が抑制されるため、酸化物層と第1及び第2の半導体層との間のオーミック接触がより良好となるので、より高効率な薄膜型の太陽電池を得ることができる。

発明の効果

[0025] 本発明に係る窒化物半導体太陽電池によると、良好なタンデム構造を実現できるため、より高効率な太陽電池を得ることができる。

図面の簡単な説明

[0026] [図1] 図1は本発明の第1の実施形態に係る窒化物半導体太陽電池を示す断面図である。

[図2] 図2は本発明の第1の実施形態に係るグラファイトシート上のGaN成長におけるX線回折ロックアップカーブを示し、初期層にAlNを用いた場合とGaNを用いた場合とを比較したグラフである。

[図3] 図3は本発明の第2の実施形態に係る窒化物半導体太陽電池を示す断面

図である。

[図4] 図4 (a) 及び図4 (b) は本発明の第2の実施形態に係るグラファイトシート100の表面に形成する凹凸形状を示し、図4 (a) は平面図であり、図4 (b) は図4 (a) のIVb-IVb線における断面図である。

[図5] 図5は本発明の第2の実施形態の一変形例に係る窒化物半導体太陽電池を示す断面図である。

[図6] 図6 (a) ~図6 (d) は本発明の第2の実施形態の一変形例に係る窒化物半導体太陽電池の製造方法を示す工程順の断面図である。

発明を実施するための形態

[0027] (第1の実施形態)

本発明の第1の実施形態について図1及び図2を参照しながら説明する。

[0028] 図1に示すように、第1の実施形態に係る窒化物半導体太陽電池は、フレキシブル基板であるグラファイトシート100の上に、例えば、厚さが約20nmの窒化アルミニウム(AlN)からなる初期層101、窒化インジウムガリウム($In_{0.4}Ga_{0.6}N$)からなるpn接合を含む第1の半導体層102、酸化亜鉛(ZnO)からなる第2のコンタクト層105、窒化アルミニウムガリウム($Al_{0.2}Ga_{0.8}N$)からなるpn接合を含む第3の半導体層106、及び酸化亜鉛(ZnO)からなる第3のコンタクト層107が順次エピタキシャル成長により形成されている。

[0029] 第3のコンタクト層109の上には、例えばインジウム錫酸化物(ITO)からなる表面電極108が形成され、さらに、第3のコンタクト層109は、表面電極108を含めその全面を覆うように、例えば窒化シリコン(SiN)からなる反射防止膜109が形成されている。また、グラファイトシート100における初期層101と反対側の面上には、金(Au)からなる裏面電極110が形成されている。

[0030] ここで、入射光を受ける第3の半導体層106は主に紫外領域の入射光を吸収して光起電流に変換し、その下の第2の半導体層104は主に青紫領域の入射光を吸収して光起電流に変換し、その下の第1の半導体層102は主

に可視領域の入射光を吸収して光起電流に変換する。

- [0031] 第1の実施形態においては、第1の半導体層102を形成するよりも前に、グラファイトシート100の主面上にAlNからなる初期層101を、例えば有機金属気相成長（Metal Organic Chemical Vapor Deposition: MOCVD）法又はパルスレーザデポジション（Pulsed Laser Deposition: PLD）法により形成している。AlNはグラファイトシート100上において、GaN系半導体層の結晶性を改善する効果がある。
- [0032] 図2に、グラファイトシート100の上に初期層101としてAlNを用いた場合とGaNを用いた場合とについて、各初期層101の上にGaN層をそれぞれ形成した場合のX線回折によるロックングカーブ（GaN（0002）ピーク）を測定した結果を示す。いずれの層も、結晶成長にはMOCVD法を用いている。図2から明らかなように、AlNを初期層として用いることにより、該AlNからなる初期層の上に形成されるGaN層の結晶性が改善されることが分かる。
- [0033] 図1に示す窒化物半導体太陽電池を作製するには、AlNからなる初期層101の上に、MOCVD法により、 $In_{0.4}Ga_{0.6}N$ からなり、pn接合を含む第1の半導体層102を形成する。続いて、PLD法により、ZnOからなる低抵抗の第1のコンタクト層103を形成する。この後は、同様に、第1のコンタクト層103の上にGaNからなり、pn接合を含む第2の半導体層104、ZnOからなる第2のコンタクト層105、 $Al_{0.2}Ga_{0.8}N$ からなり、pn接合を含む第3の半導体層106、及びZnOからなる第3のコンタクト層107を順次形成する。なお、pn接合におけるp型層を形成するp型のドーパントには、例えばマグネシウム（Mg）を用いることができ、n型層を形成するn型のドーパントには、例えばシリコン（Si）を用いることができる。
- [0034] ここで、第1のコンタクト層103及び第2のコンタクト層105の厚さはそれぞれの下側に位置するpn接合によって吸収される波長に対し、十分な透過性を有する必要がある。従って、コンタクト層103、105の厚さ

は、10 nm程度かそれ以下であることが望ましい。また、最上部に形成される第3のコンタクト層107の厚さは、100 nm程度であればよい。

[0035] また、第1の半導体層102、第2の半導体層104及び第3の半導体層106の厚さは、それぞれ例えば0.5 μm 、0.3 μm 及び0.3 μm 程度であればよい。さらには、各半導体層102、104、106は、それぞれのpn接合の間にアンドープ層が形成された、いわゆるpin型接合とすることが望ましい。pin型接合におけるアンドープ層によって光の吸収量を多くすることにより、太陽電池の変換効率を向上することができる。なお、各半導体層102、104、106を構成するpn接合の光を吸収する各アンドープ層の厚さは、直列抵抗を増大させない程度に十分に厚いことが望ましく、例えば500 nm程度であることが望ましい。

[0036] さらに、第1の実施形態においては、ZnOからなる各コンタクト層103、105、107は、それぞれの下側に形成された半導体層102、104、106よりもそれぞれ禁制帯幅が大きく、従って光吸収を抑制された透明導電膜として機能することが望ましい。具体的には、各コンタクト層103、105、107を構成するZnOに、該ZnOの禁制帯幅を調整可能なマグネシウム(Mg)若しくはカドミウム(Cd)又はその両方を添加するとよい。例えば、第1コンタクト層103は、第1の半導体層102の $\text{In}_{0.4}\text{Ga}_{0.6}\text{N}$ よりも禁制帯幅が大きい $\text{Zn}_{0.8}\text{Cd}_{0.2}\text{O}$ であることが望ましい。また、第2のコンタクト層105は、Ga N よりも禁制帯幅が大きい $\text{Zn}_{0.9}\text{Mg}_{0.1}\text{O}$ であることが望ましく、第3のコンタクト層107は、 $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$ よりも禁制帯幅が大きい $\text{Zn}_{0.5}\text{Mg}_{0.5}\text{O}$ であることが望ましい。

[0037] また、第1のコンタクト層103の上側及び下側、第2のコンタクト層105の上側及び下側、並びに第3のコンタクト層107の下側に、初期層101及び各半導体層102、104、106の成長温度よりも低い温度で成長したInAlGa N からなり、亜鉛(Zn)の各半導体層102、104、106中への拡散を抑制する拡散抑制層を設けてもよい。例えば、第1の

コンタクト層 103 の上側及び下側に設ける拡散抑制層は、厚さを 5 nm とし、組成を AlN とすればよい。

[0038] なお、第 1 の実施形態においては、各半導体層 102、104、106 の成長方法に MOCVD 法を用い、各コンタクト層 103、105、107 の成長方法に PLD 法を用いたが、成長方法はこのうちのいずれか 1 種類を用いてもよい。成長方法を 1 種類に限定すると、成長途中の半導体層等が大気に開放されることなく連続的に成長されるため、成長途中の半導体層等の界面に自然酸化膜等が形成されることがない。従って、第 1 の実施形態に係る窒化物半導体太陽電池を、直列抵抗の値を増大させることなく形成することができる。

[0039] 以上説明した通り、第 1 の実施形態においては、亜鉛 (Zn) を含む導電性の酸化物からなる第 1 のコンタクト層 103 をそれぞれ pn 接合を含む窒化物半導体からなる第 1 の半導体層 102 と第 2 の半導体層 104 との間に形成し、第 2 のコンタクト層 105 をそれぞれ pn 接合を含む第 2 の半導体層 104 と第 3 の半導体層 106 との間に形成している。これにより、良好なオーミック接触を有するタンデム型の太陽電池を形成することが可能となり、より高効率な窒化物半導体太陽電池を実現することができる。

[0040] (第 2 の実施形態)

以下、本発明の第 2 の実施形態について図 3 及び図 4 を参照しながら説明する。図 3 において、図 1 と同一の構成部材には同一の符号を付すことにより説明を省略する。

[0041] 図 3 に示すように、第 2 の実施形態に係るグラファイトシート 100A は、その主面に周期的な凹凸形状が形成されている。このように、GaN 系半導体層を成長させる成長用基板の主面に周期的な凹凸形状を設けると、AlN からなる初期層 101 及びその上の $\text{In}_{0.4}\text{Ga}_{0.6}\text{N}$ からなる第 1 の半導体層 102 等の初期成長核の形成に周期性が生じる。この周期性により、結晶構造の面内回転が抑制される結果、各半導体層 102、104 等の結晶性がより向上する。このため、太陽電池の高効率動作が可能となる。

[0042] その上、グラファイトシート100Aの主面に凹凸形状を形成することにより、pn接合を含む第1の半導体層102等は、結晶面における(0001)面以外の面を多く含む、いわゆる無極性面となる。このため、各半導体層102、104、106はGaN系半導体に生じる固有の分極の影響を受けることがなくなるので、太陽電池の高効率動作が可能となる。また、この凹凸形状はZnOからなる第3のコンタクト層107の表面にも形成されるため、入射光の吸収量が大きくなるので、より高効率な太陽電池を実現できる。

[0043] 図4(a)及び図4(b)にグラファイトシート100Aの主面に形成する周期的な凹凸形状の一例を示す。ここでは、図4(a)及び(b)に示すように、平面六角形状の複数の凹み100aが六角形の各頂点を形成するように配置されている。なお、各凹み100aの一辺の長さは、例えば0.5 μ m程度でよく、各凹み100aの配置の間隔は20 μ m程度とすればよい。このような形状とすることにより、前述したように、GaNの(0001)面を形成する場合に、各凹み100aが結晶形成の核として機能するため、結晶の面内回転が抑制されて、より結晶性に優れたGaNを形成することができる。

[0044] なお、グラファイトシート100Aに周期的な凹み100aを形成するには、例えばリソグラフィ法により、グラファイトシート100Aの主面上に周期的な凹み100aを開口したレジストパターンを形成し、形成したレジストパターンをマスクとして、エッチング、例えば酸化性雰囲気によるアッシングを行えばよい。

[0045] (第2の実施形態の一変形例)

以下、本発明の第2の実施形態の一変形例について図5を参照しながら説明する。図5において、図1と同一の構成部材には同一の符号を付すことにより説明を省略する。

[0046] 図5に示すように、本変形例に係る窒化物半導体太陽電池は、主面に凹凸形状が形成されたグラファイトシート100Aと初期層101とが除去され

、裏面電極 110A が第 1 の半導体層 102 における第 1 のコンタクト層 102 と反対側の面上に形成される構成を採る。なお、裏面電極 110A には金 (Au) を用いることができる。

[0047] 以下、前記のように構成された本変形例に係る窒化物半導体太陽電池の製造方法について図 6 を参照しながら説明する。

[0048] まず、図 6 (a) に示すように、グラファイトシート 101a の主面に、前述した方法により、周期的な凹凸形状を形成する。

[0049] 次に、図 6 (b) に示すように、第 1 の実施形態と同様にして、AlN からなる初期層 101、 $In_{0.4}Ga_{0.6}N$ からなる第 1 の半導体層 102、ZnO からなる第 1 のコンタクト層 103、GaN からなる第 2 の半導体層 104、ZnO からなる第 2 のコンタクト層 105、 $Al_{0.2}Ga_{0.8}N$ からなる第 3 の半導体層 102 及び ZnO からなる第 3 のコンタクト層 107 を順次形成する。

[0050] 次に、図 6 (c) に示すように、成膜した GaN 系半導体層からグラファイトシート 101A を剥離する。グラファイトシート 101A はフレキシブルであるため、粘着シート等を用いて容易に剥離することができる。続いて、グラファイトシート 101A が剥離されて露出した初期層 101 を、例えば塩素ガスを用いたドライエッチングにより除去する。その後、初期層 101 が除去されて露出した第 1 の半導体層 102 の裏面上に、真空蒸着法又はめっき法等により、Au からなる裏面電極 110A を形成する。

[0051] 次に、図 6 (d) に示すように、第 3 のコンタクト層 107 の上に、表面電極 108 と反射防止膜 109 とを形成することにより、図 5 に示す窒化物半導体太陽電池を得る。

[0052] なお、第 1 の実施形態、第 2 の実施形態及びその変形例においては、pn 接合の積層数 (タンデム数) を 3 層としたが、上層から基板側に向かって禁制帯幅が順次小さくするように形成した 4 層以上の半導体層を積層してもよい。

[0053] また、各実施形態及びその変形例においては、GaN 系半導体の成長に M

OCVD法又はPLD法を用いたが、これに限られず、例えば分子線エピタキシ(MBE)法等の他の結晶成長方法を用いてもよい。さらに、各半導体層と各コンタクト層とを連続的に成長することにより、各層の界面に劣化を生じさせないようにしてもよい。

[0054] また、GaN系半導体の成長用基板として、グラファイトシートを用いたが、該成長用基板はグラファイトシートに限られず、例えば安価なシリコン(Si)を用いてもよい。

[0055] 以上説明したように、各実施形態に係る窒化物半導体太陽電池は、低コストで且つフレキシブルなグラファイトシート100の上に、禁制帯幅が互いに異なる窒化物半導体からなるpn接合を含む半導体層102、104、106を積層し、各半導体層の間に、例えばZnOからなるコンタクト層103、105、107をそれぞれ形成している。このpn接合は、例えばグラファイトシート100側から $In_{0.4}Ga_{0.6}N$ 、GaN及び $Al_{0.2}Ga_{0.8}N$ により構成され、それぞれ可視領域、青紫領域及び紫外領域の太陽光を吸収して、電子正孔対を形成する。窒化物半導体層の間に形成されたZnOからなるコンタクト層は、その上下に形成されたpn接合を含む半導体層と良好なオーミック接触を実現し且つ入射光を透過するため、窒化物半導体太陽電池の高効率動作を可能とする。

産業上の利用可能性

[0056] 本発明に係る窒化物半導体太陽電池は、良好なタンデム構造を実現でき、太陽光発電に利用可能な薄膜型の窒化物半導体太陽電池等に有用である。

符号の説明

[0057] 100 グラファイトシート(フレキシブル基板)
100A グラファイトシート(フレキシブル基板)
100a 凹み
101 初期層
102 第1の半導体層
103 第1のコンタクト層

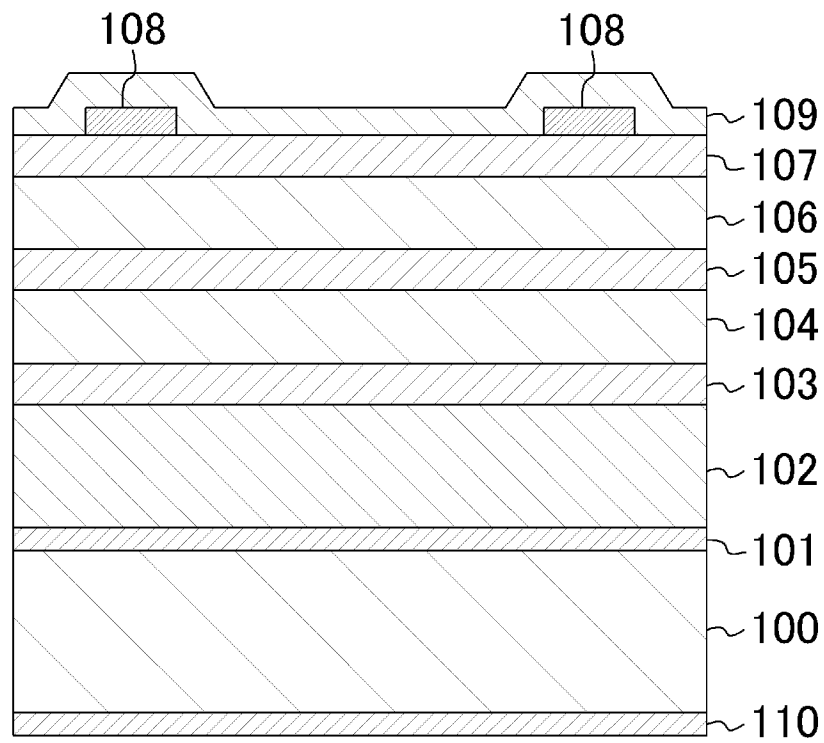
- 104 第2の半導体層
- 105 第2のコンタクト層
- 106 第3の半導体層
- 107 第3のコンタクト層
- 108 表面電極
- 109 反射防止膜
- 110 裏面電極
- 110A 裏面電極

請求の範囲

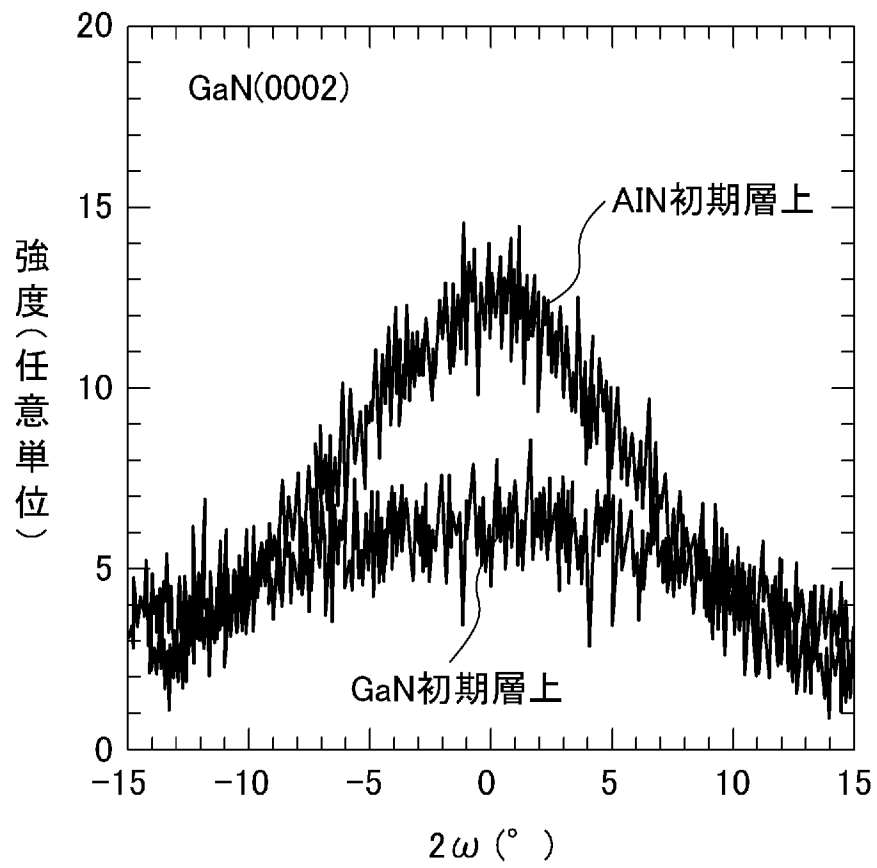
- [請求項1] III-V族窒化物半導体からなり、第1のpn接合を含む第1の半導体層と、
III-V族窒化物半導体からなり、前記第1の半導体層とは禁制帯幅が異なる第2のpn接合を含む第2の半導体層と、
前記第1の半導体層と前記第2の半導体層との間にそれぞれとオーミック接触して形成され、且つ亜鉛を含む酸化層とを備えている窒化物半導体太陽電池。
- [請求項2] 請求項1において、
前記酸化層は、マグネシウム及びカドミウムのうちの少なくとも一方を含む窒化物半導体太陽電池。
- [請求項3] 請求項1又は2において、
前記第2の半導体層側から入射光が入射され、
前記第2のpn接合の禁制帯幅は、前記第1のpn接合の禁制帯幅よりも大きく、
且つ前記酸化層の禁制帯幅は、前記第1のpn接合の禁制帯幅よりも大きい窒化物半導体太陽電池。
- [請求項4] 請求項1～3のいずれか1項において、
前記第1の半導体層、酸化層及び第2の半導体層には、周期的な凹凸形状が形成されている窒化物半導体太陽電池。
- [請求項5] 請求項1～3のいずれか1項において、
前記第1の半導体層、酸化層及び第2の半導体層を保持する基板をさらに備えている窒化物半導体太陽電池。
- [請求項6] 請求項5において、
前記基板はグラファイトからなる窒化物半導体太陽電池。
- [請求項7] 請求項5又は6において、
前記基板は、その主面に周期的な凹凸形状が形成されている窒化物半導体太陽電池。

- [請求項8] 請求項5～7のいずれか1項において、
前記基板と前記第1の半導体層との間で、且つ前記基板と接するよ
うに形成された窒化アルミニウム層をさらに備えている窒化物半導体
太陽電池。
- [請求項9] 請求項1～8のいずれか1項において、
前記第1の半導体層と前記酸化物層との間及び前記第2の半導体層
と前記酸化物層との間の少なくとも一方に、前記第1の半導体層及び
第2の半導体層よりも低い温度で形成されたIII-V族窒化物半導体か
らなる第3の半導体層をさらに備えている窒化物半導体太陽電池。

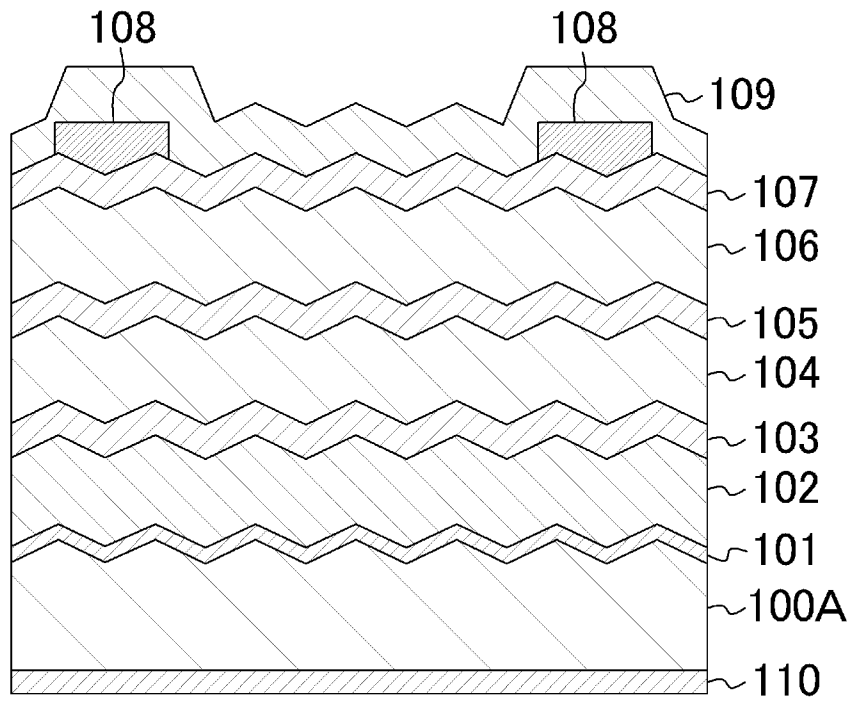
[図1]



[図2]

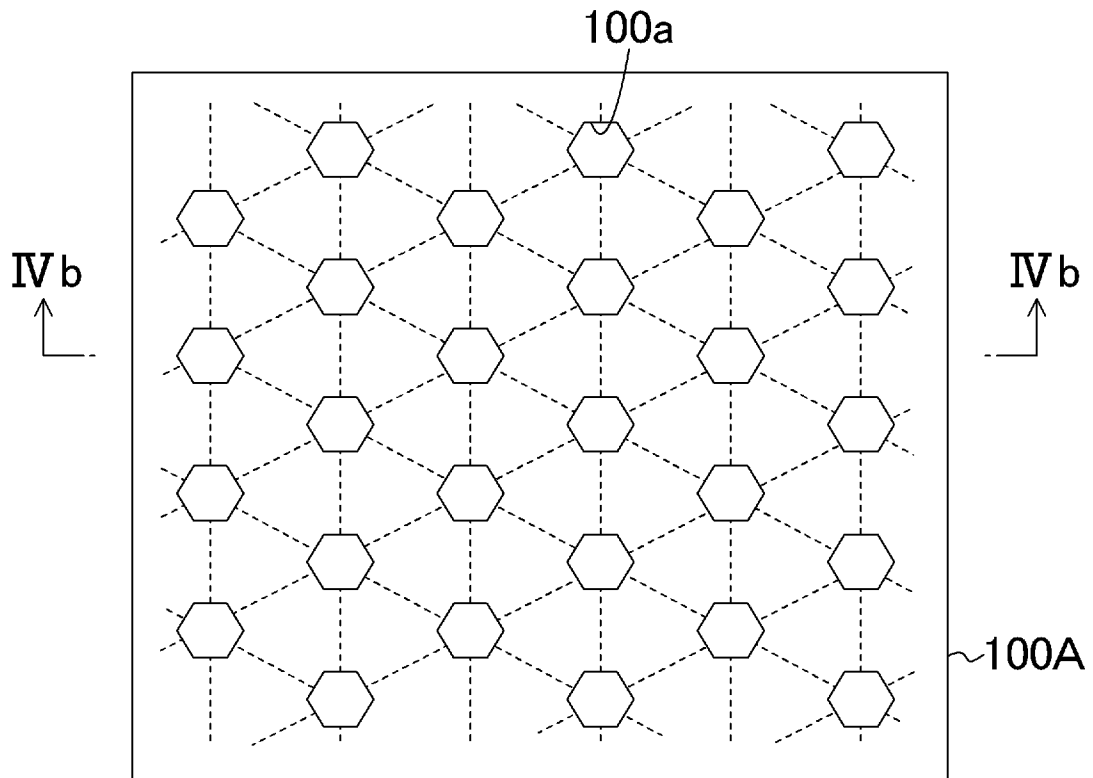


[図3]

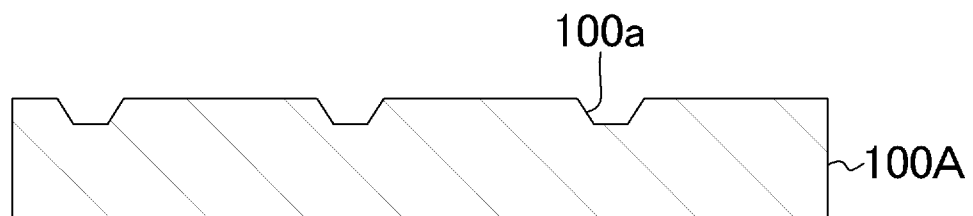


[図4]

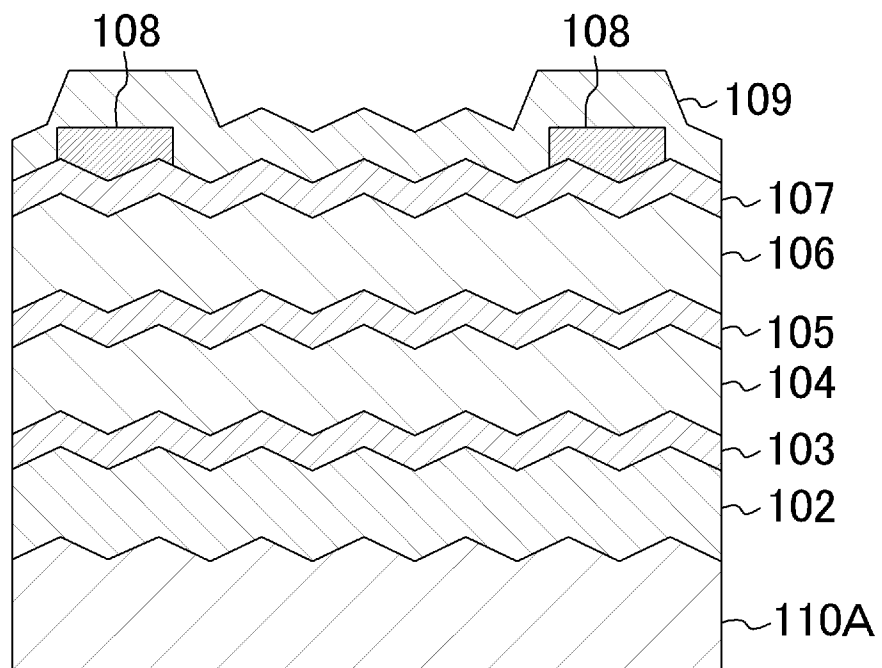
(a)



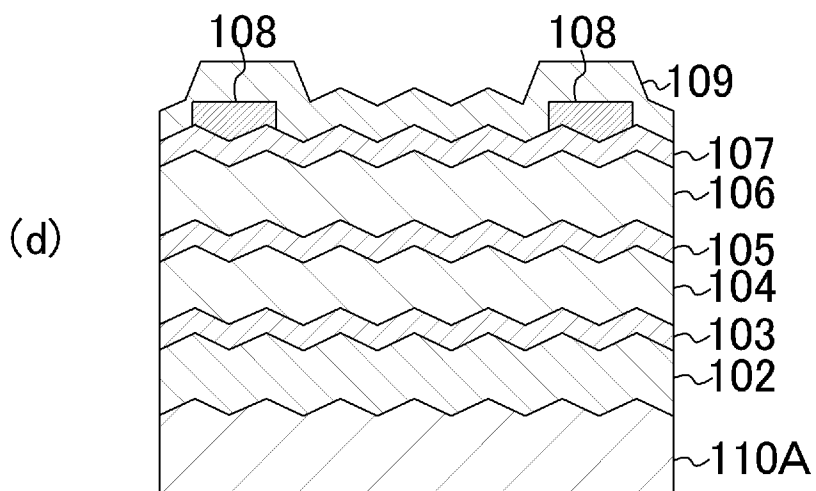
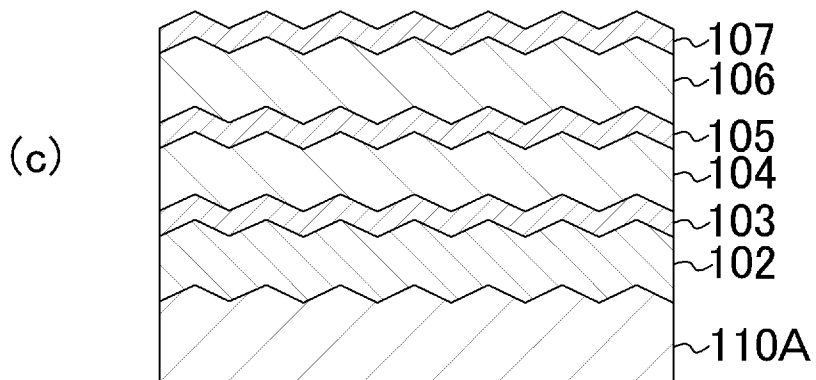
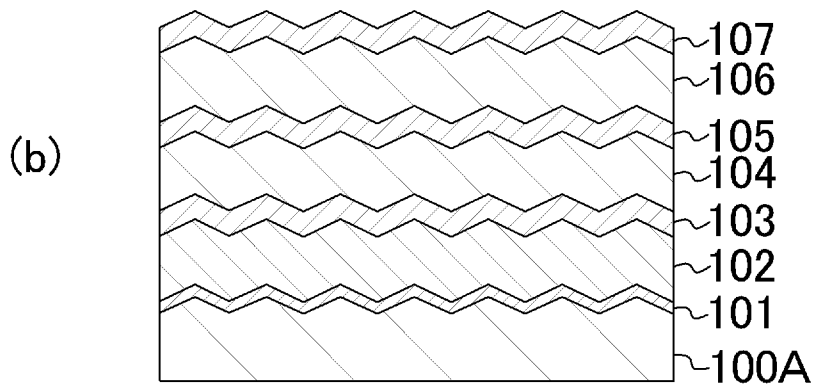
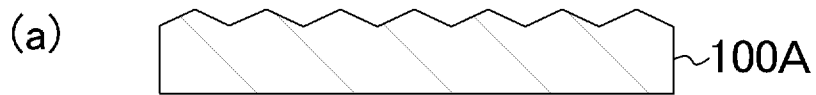
(b)



[図5]



[図6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/001884

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L31/04 (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)

H01L31/04

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 | 1996-2010 |
| Kokai Jitsuyo Shinan Koho | 1971-2010 | Toroku Jitsuyo Shinan Koho | 1994-2010 |

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 2008-235877 A (Showa Denko Kabushiki Kaisha), 02 October 2008 (02.10.2008), paragraphs [0017] to [0022], [0036]; fig. 4 & US 2008/0223434 A1 | 1-5, 7-8 |
| Y | JP 63-6882 A (The Standard Oil Co.), 12 January 1988 (12.01.1988), page 8, lower right column; fig. 1 to 2 (Family: none) | 1-5, 7-8 |
| Y | JP 2-237172 A (Mitsubishi Electric Corp.), 19 September 1990 (19.09.1990), page 4, upper left column; fig. 1 & US 5021100 A | 1-5, 7-8 |

 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
06 April, 2010 (06.04.10)Date of mailing of the international search report
20 April, 2010 (20.04.10)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/001884

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 2004-281938 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 07 October 2004 (07.10.2004), claim 1 (Family: none) | 2 |
| A | JP 2003-152205 A (Sharp Corp.), 23 May 2003 (23.05.2003), paragraphs [0027], [0030]; fig. 1 (Family: none) | 1-9 |
| A | JP 2005-57251 A (Kyocera Corp.), 03 March 2005 (03.03.2005), paragraphs [0020], [0166] & US 2005/0012095 A1 & DE 102004031950 A | 1-9 |
| A | US 2004/0118451 A1 (Wladyslaw Walukiewicz), 24 June 2004 (24.06.2004), paragraph [0021]; fig. 2, 4 (Family: none) | 1-9 |

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H01L31/04(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 (IPC))

Int.Cl. H01L31/04

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 | 1971-2010年 |
| 日本国実用新案登録公報 | 1996-2010年 |
| 日本国登録実用新案公報 | 1994-2010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 請求項の番号 |
|-----------------|--|----------------|
| Y | JP 2008-235877 A (昭和電工株式会社) 2008. 10. 02, 段落【0017】 - 【0022】, 【0036】, 図4 & US 2008/0223434 A1 | 1-5, 7-8 |
| Y | JP 63-6882 A (ザ スタンダード オイル カンパニー) 1988. 01. 12, 第8頁右下欄, 第1-2図 (ファミリーなし) | 1-5, 7-8 |

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、一般的な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

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

06.04.2010

国際調査報告の発送日

20.04.2010

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
 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)

加藤 昌伸

2K

3700

電話番号 03-3581-1101 内線 3255

| 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 請求項の番号 |
| Y | JP 2-237172 A (三菱電機株式会社) 1990. 09. 19, 第4頁左上欄, 第1図 & US 5021100 A | 1-5, 7-8 |
| A | JP 2004-281938 A (松下電器産業株式会社) 2004. 10. 07, 請求項1 (ファミリーなし) | 2 |
| A | JP 2003-152205 A (シャープ株式会社) 2003. 05. 23, 段落【0027】, 【0030】, 図1 (ファミリーなし) | 1-9 |
| A | JP 2005-57251 A (京セラ株式会社) 2005. 03. 03, 段落【0020】, 【0166】 & US 2005/0012095 A1 & DE 102004031950 A | 1-9 |
| A | US 2004/0118451 A1 (Wladyslaw Walukiewicz) 2004. 06. 24, [0021], Fig. 2, 4 (ファミリーなし) | 1-9 |