(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第6199185号
(P6199185)
(45)発行日　平成29年9月20日(2017.9.20)　(24)登録日　平成29年9月1日(2017.9.1)

(51)Int.Cl.　F I
H01L 51/44 (2006.01)　H01L 31/04 112

請求項の数 16　(全 12 頁)

(21)出願番号　特願2013-524080(P2013-524080)
(86)(22)出願日　平成23年7月7日(2011.7.7)
(65)公表番号　特表2013-533645(P2013-533645A)
(43)公表日　平成25年8月22日(2013.8.22)
(86)国際出願番号　PCT/US2011/043124
(87)国際公開番号　WO2012/021227
(87)国際公開日　平成24年2月16日(2012.2.16)
審査請求日　平成26年7月4日(2014.7.4)
(31)優先権主張番号　12/852,574
(32)優先日　平成22年8月9日(2010.8.9)
(33)優先権主張国　米国(US)

(73)特許権者　500520743
ザ・ボーイング・カンパニー
Ｔｈｅ　Ｂｏｅｉｎｇ　Ｃｏｍｐａｎｙ
アメリカ合衆国、６０６０６－２０１６
イリノイ州、シカゴ、ノース・リバーサイド・プラザ、１００
(74)代理人　100109726
弁理士　園田　吉隆
(74)代理人　100101199
弁理士　小林　義教
(72)発明者　ボワヴェール，　ジョセフ，　チャールズ
アメリカ合衆国　カリフォルニア　９１３６２，　サウザンド　オークス，　リッカード　ドライブ　２４４４

最終頁に続く

(54)【発明の名称】ヘテロ接合型太陽電池

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
第一のバンドギャップを有するベース半導体層（３０）、
第二のバンドギャップを有するエミッタ半導体層（３４）、及び
前記ベース半導体層（３０）と前記エミッタ半導体層（３４）との間に位置づけられ、第三のバンドギャップを有する空乏半導体層（３２）
を含み、
前記第三のバンドギャップが前記第一のバンドギャップ及び前記第二のバンドギャップよりも大きく、
前記ベース半導体層（３０）及び前記エミッタ半導体層（３４）は、それらの間に第一の断面厚さ（３３）を有する空乏領域（４０）を含むｐｎ接合を定めることができ、
前記空乏半導体層（３２）は、前記第一の断面厚さと実質的に等しいか前記第一の断面厚さよりも大きい第二の断面厚さを有する、
太陽電池。
【請求項２】
前記第一のバンドギャップは前記第二のバンドギャップと実質的に同じである、請求項１に記載の太陽電池。
【請求項３】
前記第一のバンドギャップは前記第二のバンドギャップよりも大きい、請求項１に記載の太陽電池。

【請求項４】
前記第三のバンドギャップは、前記第一のバンドギャップ及び前記第二のバンドギャップよりも少なくとも１パーセント大きい、請求項１に記載の太陽電池。
【請求項５】
前記第三のバンドギャップは、前記第一のバンドギャップ及び前記第二のバンドギャップよりも少なくとも１．５パーセント大きい、請求項１に記載の太陽電池。
【請求項６】
前記ベース半導体層（３０）はｐ型半導体材料を含み、且つ前記エミッタ半導体層（３４）はｎ型半導体材料を含む、請求項１に記載の太陽電池。
【請求項７】
前記空乏半導体層（３２）はｐ型半導体材料を含む、請求項６に記載の太陽電池。
【請求項８】
前記空乏半導体層（３２）と前記エミッタ半導体層（３４）との間に位置づけられた第二の空乏半導体層（３３）をさらに含む、請求項７に記載の太陽電池。
【請求項９】
前記第二の空乏半導体層（３３）はｎ型半導体材料を含む、請求項８に記載の太陽電池。
【請求項１０】
前記空乏半導体層（３２）は前記ベース半導体層（３０）と同じ極性を有する、請求項１に記載の太陽電池。
【請求項１１】
前記空乏半導体層（３２）と前記エミッタ半導体層（３４）との間に位置づけられた第二の空乏半導体層（３３）をさらに含み、前記第二の空乏半導体層（３３）は前記エミッタ半導体層（３４）と同じ極性を有する、請求項１に記載の太陽電池。
【請求項１２】
前記空乏半導体層（３２）は約０．１ミクロンから約１ミクロンまでの断面厚さ（ＴＤ）を有する、請求項１に記載の太陽電池。
【請求項１３】
前記ベース半導体層（３０）は第一の半導体組成を有し、且つ前記エミッタ半導体層（３４）は第二の半導体組成を有し、且つ
前記第一の半導体組成は前記第二の半導体組成と実質的に同じである、
請求項１に記載の太陽電池。
【請求項１４】
前記ベース半導体層（３０）は第一の半導体組成を有し、前記エミッタ半導体層（３４）は第二の半導体組成を有し、且つ前記空乏半導体層（３２）は第三の半導体組成を有し、且つ
前記第三の半導体組成は、前記第一及び前記第二の半導体組成とは異なる、
請求項１に記載の太陽電池。
【請求項１５】
前記ベース半導体層、前記空乏半導体層及び前記エミッタ半導体層（３０、３２、３４）の各々は、３－５族合金を含む、請求項１に記載の太陽電池。
【請求項１６】
前記空乏半導体層（３２）はアルミニウムを含み、且つ
前記ベース半導体層（３０）及び前記エミッタ半導体層（３４）の少なくとも一方は、実質的にアルミニウムを含まない、請求項１に記載の太陽電池。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、太陽電池、光検出器などの光電子の半導体構造に関するものであり、ここでは概して太陽電池として述べられる。より具体的には、本発明は、ヘテロ接合型太陽電池

に関する。
【背景技術】
【０００２】
太陽光技術の進歩が、多数のサブセルからなる高性能な多接合太陽電池の開発につながっている。多接合太陽電池の各サブセルは、電力変換効率を最適化するために、同じ点火状況下で他のサブセルと同量の電流を生成するように設計される。しかしながら、各サブセルから同じ（量の）電流を要求することは、サブセルの設計において妥協を招く結果となった。
【０００３】
従来、各サブセルにより生成される電流は、サブセルの電圧を削減することにより制御されていた。特に、サブセルのベース半導体層の合金組織は、所望量の電流を生成するように設計されていた。たとえば、サブセルの低出力電圧を使って高い電流出力を獲得するために、低いバンドギャップ合金がベース半導体層で使用されてきた。
【０００４】
サブセルの電力変換効率は、出力電圧及び出力電流の両方の機能である。それゆえ、ベース半導体層の合金組織の変更により太陽電池のサブセルに適合する電流は、電力変換効率に悪影響を与える。
【０００５】
したがって、当業者は、太陽電池の分野における研究開発の試みを続けている。
【発明の概要】
【課題を解決するための手段】
【０００６】
一つの態様では、開示される太陽電池は、第一のバンドギャップを有するベース半導体層、第二のバンドギャップを有するエミッタ半導体層、及びベース半導体層とエミッタ半導体層との間に位置づけられ且つ第三のバンドギャップを有する空乏半導体層を含み、第三のバンドギャップは、第一のバンドギャップ及び第二のバンドギャップよりも大きい。
【０００７】
他の態様では、開示される太陽電池は、複数のサブセルを備え、複数のサブセルの少なくともひとつは、第一のバンドギャップを有するベース半導体層、第二のバンドギャップを有するエミッタ半導体層、及び前記ベース半導体層と前記エミッタ半導体層との間に位置づけられ、第三のバンドギャップを有する空乏半導体層を含み、前記第三のバンドギャップは、前記第一のバンドギャップ及び前記第二のバンドギャップよりも大きい。
【０００８】
さらに別の態様では、開示される太陽電池は、第一のバンドギャップを有するベース半導体層、及び第二のバンドギャップを有するエミッタ半導体層を含み、ベース半導体層及びエミッタ半導体層はｐｎ接合を定め、第二のバンドギャップは第一のバンドギャップよりも大きい。
【０００９】
開示される太陽電池の他の態様は、後に続く説明、添付された図面及び請求の範囲から明らかになるだろう。
【図面の簡単な説明】
【００１０】
【図１】開示される太陽電池の一態様の概略断面図である。
【図２】図１の太陽電池構造のサブセルの概略断面図である。
【図３】本開示の別の態様によるサブセルの概略断面図である。
【図４】本開示のさらに別の態様によるサブセルの概略断面図である。
【発明を実施するための形態】
【００１１】
図１を参照すると、一般的に１０として示される、開示された太陽電池構造の一態様は、太陽電池１２、フロントコンタクト層１４、反射防止膜層１６、及びバックコンタクト

層１８を含む。さらに、図示はされていないが、支持層、反射層及び／又はカバーガラス層などの付加的な層が、本発明の開示範囲から逸脱することなく、含まれていてもよい。

【００１２】

フロントコンタクト層１４及び反射防止膜層１６は、太陽電池１２のフロント表面２０上に位置づけられ、バックコンタクト層１８は、太陽電池１２のバック表面上に位置づけられる。フロント表面２０が太陽放射などの電磁放射にさらされるときには、太陽電池１２は、フロント表面２０及びバック表面２２全域に電圧を生成する。

【００１３】

太陽電池１２は、一又は複数のサブセル２４、２６及び２８を備える。一つの実施において、太陽電池１２は、上部サブセル２４、一又は複数の中間サブセル２６及び下部サブセル２８を含む多接合太陽電池とする。たとえば、多接合太陽電池は、ガリウムヒ素（「ＧａＡａ」）太陽電池又は倒置変性（「ＩＭＭ」）太陽電池とする。

【００１４】

太陽電池１２のサブセル２４が、図２に示される。当業者なら、太陽電池１２の任意のサブセル２４、２６及び２８が図２に示されるように構築されることを理解するだろう。一つの表現では、太陽電池１２のすべてのサブセル２４、２６及び２８は、図２に示されるように構築される。別の表現では、太陽電池１２のサブセル２４、２６及び２８のすべてというわけではないが、それらのいくつか（たとえば、中間サブセル２６及び下部サブセル２８だけ）が、図２に示されるように構築されてもよい。

【００１５】

サブセル２４は、ベース半導体層３０、空乏半導体層３２及びエミッタ半導体層３４を含む。選択的に、サブセル２４は、エミッタ半導体層３４を覆うように位置づけられた窓層３６及びベース半導体層３０を覆うように位置づけられた裏面電界層３８を含んでもよい。他のコンポーネント及び層が、本発明の開示の範囲を逸脱することなく、サブセル２４に含まれていてもよい。

【００１６】

ベース半導体層３０は、第一の半導体材料を含み、且つ第一のバンドギャップ、第一の極性及び断面厚さT_Bを有することができる。

【００１７】

ベース半導体層３０の第一の半導体材料は、任意の適切な半導体材料とする。一つの特定の実施において、第一の半導体材料は、３－５族金属又は金属合金とする。たとえば、第一の半導体材料は、ＧａＩｎＰ、ＧａＡｓ、ＧａＩｎＡｓ、又はＩｎＰなどの３－５族合金から形成されてもよく、それらを含んでいてもよい。

【００１８】

ベース半導体層３０の極性（すなわち、第一の極性）は、陽性（すなわち、ｐ型）又は陰性（すなわち、ｎ型）のどちらかとする。一つの例では、ベース半導体層３０は、ｐ型の半導体としてドープされる。別の例では、ベース半導体層３０は、ｎ型の半導体としてドープされてもよい。

【００１９】

ベース半導体層３０の断面厚さT_Bは、ベース半導体層３０の組成を含む、種々の要因次第とすることができる。一般的な例として、ベース半導体層３０は、約０．１ミクロンから約１０ミクロンまでの断面厚さT_Bを有することができる。特定の例として、ベース半導体層３０は、約１ミクロンの断面厚さT_Bを有することができる。一つの認識において、ベース半導体層３０は平面を定め、且つ断面厚さT_Bはその平面に対して垂直に寸法をとることができる。

【００２０】

エミッタ半導体層３４は、第二の半導体材料を含み、且つ第二のバンドギャップ、第二の極性及び断面厚さT_Eを有することができる。

【００２１】

第一の実施において、エミッタ半導体層３４の半導体材料は、ベース半導体３４の半導

体材料と実質的に同じ化学成分を含むことができる（すなわち、第一及び第二の半導体材料は、異なるドーパント又は異なる量のドーパントの存在がなければ同じである）。それゆえ、第一の実施の一つの表現においては、エミッタ半導体層３４のバンドギャップは、ベース半導体層３０のバンドギャップと実質的に同じである（すなわち、第一及び第二のバンドギャップは、実質的に同じである）。

【００２２】

第一の実施の別の例では、実質的に同じ材料から形成されるにもかかわらず、エミッタ半導体層３４のバンドギャップは、ベース半導体層３４のバンドギャップと異なるものとしてもよい（すなわち、第一及び第二のバンドギャップは異なってよい）。一つの例として、エミッタ半導体層３４のバンドギャップは、ベース半導体層３０のバンドギャップよりも大きい。別の例として、エミッタ半導体層３４のバンドギャップは、ベース半導体層３４のバンドギャップよりも小さいとしてもよい。

【００２３】

第二の実施において、エミッタ半導体層３４の半導体材料は、ベース半導体層３４の半導体材料と異なる化学成分を含むことができる（すなわち、第一及び第二の半導体材料は異なる）。それゆえ、第二の実施の一つの表現においては、エミッタ半導体層３４のバンドギャップは、ベース半導体層３４のバンドギャップと異なる（すなわち、第一及び第二のバンドギャップは異なる）。一つの例として、エミッタ半導体層３４及びベース半導体層３０の組成は、ベース半導体層３０にエミッタ半導体層３４よりも大きいバンドギャップを提供するように設計される。別の例では、エミッタ半導体層３４及びベース半導体層３０の組成は、エミッタ半導体層３４にベース半導体層３４よりも大きいバンドギャップを提供するように設計される。

【００２４】

ベース半導体層３０及びエミッタ半導体層３０が同じ化学成分を含んでいようが異なる化学成分を含んでいようが、層３０及び３４は反対の極性を得るためにドープされる。たとえば、ベース半導体層３０がｐ型であるときには、エミッタ半導体層３４はｎ型とすることができる。

【００２５】

エミッタ半導体層３４の断面厚さT_Eは、エミッタ半導体層３４の組成を含む、種々の要因次第とすることができる。一般的な例として、エミッタ半導体層３４は、約０．０１ミクロンから約０.１ミクロンまでの断面厚さT_Eを有することができる。特定の例として、エミッタ半導体層３４は、約０.０５ミクロンの断面厚さT_Eを有することができる。一つの認識において、エミッタ半導体層３４は平面を定め、且つ断面厚さT_Eはその平面に対して垂直に寸法をとることができる。

【００２６】

ベース半導体層３０及びエミッタ半導体層３４は、それらの間に空乏領域４０を含むｐｎ接合を定めることができる。空乏半導体層３２は、空乏領域４０に位置付けることができ、空乏領域４０に重なりあう及び／又はそれを覆い隠すことができる。

【００２７】

空乏半導体層３２は、第三の半導体材料を含み、且つ第三のバンドギャップ、第三の極性及び断面厚さT_Dを有することができる。

【００２８】

空乏半導体層３２のバンドギャップは、ベース半導体層３０のバンドギャップ及びエミッタ半導体層３４のバンドギャップよりも大きくことができる。任意の特定理論に限定されることなく、高いバンドギャップの空乏半導体層３２は、空乏領域４０での再結合を抑制し、ゆえに高い電圧出力をもたらすと考えられる。

【００２９】

一つの実施形態では、空乏半導体層３２のバンドギャップは、ベース半導体層３０のバンドギャップ及びエミッタ半導体層３４のバンドギャップよりも少なくとも１パーセント大きくことができる。別の実施形態では、空乏半導体層３２のバンドギャップは、ベース

半導体層３０のバンドギャップ及びエミッタ半導体層３４のバンドギャップよりも少なくとも１．５パーセント大きくことができる。

【００３０】

高いバンドギャップは、ベース半導体層３０及びエミッタ半導体層３４に対する空乏半導体層３２の組成を変更することにより、空乏半導体層３２で実現可能である。空乏半導体層３２がベース半導体層３０及びエミッタ半導体層３４よりも高いバンドギャップを有するサブセル２４を形成するのに適するいくつかの材料システムの例が、表１に提供される。

表1

システム	ベース層	空乏層	エミッタ層
1	GaInP	AlGaInP	GaInP
2	GaInP（規則）	GaInP（不規則）	GaInP（規則）
3	GaAs	AlGaAs	GaAs
4	GaInAs	AlGaAs	GaInAs
5	GaInAs	AlGaInAs	GaInAs
6	GaAs	GaInPAs	GaAs
7	GaInAs	GaInPAs	GaInAs
8	InP	GaInPAs	InP
9	InP	AlGaInAs	InP

【００３１】

空乏半導体層３２の極性は、ベース半導体層３０又はエミッタ半導体層３４どちらかの極性に対応することができる。第一の表現では、空乏半導体層３２の極性は、ベース半導体層３０の極性と同じとすることができる。そのようなものとして、空乏半導体層３２は、事実上、ベース半導体層３０の部分とすることができる。第二の表現として、空乏半導体層３２の極性は、エミッタ半導体層３４の極性と同じとすることができる。そのようなものとして、空乏半導体層３２は、事実上、エミッタ半導体層３４の部分とすることができる。

【００３２】

空乏半導体層３２の断面厚さT_Dは、空乏領域４０の断面厚さ（すなわち、幅）と実質的に同じになるように設計される。当業者なら、空乏領域４０の幅が空乏領域４０を定めるベース半導体層３０及びエミッタ半導体層３４の特性次第であることをよく理解するだろう。

【００３３】

一般的な例として、空乏半導体層３２は、約０．１ミクロンから約１ミクロンまでの断面厚さT_Dを有することができる。特定の例として、空乏半導体層３２は、約０.５ミクロンの断面厚さT_Dを有することができる。一つの認識において、空乏半導体層３２は平面を定め、且つ断面厚さT_Dはその平面に対して垂直に寸法をとることができる。

【００３４】

一つの特定の非限定的な例として、サブセル２４は、層３０、３２及び３４を成長させるために有機金属気相エピタキシー工程を使用して、ＧａＩｎＰ及びＧａＡｌＩｎＰから形成される。特に、ベース半導体層３０は、１．８９ｅＶのバンドギャップ及び約１．０ミクロンの断面厚さT_Bを有する不規則なＧａＩｎＰとする。ベース半導体層３０は、約5×10^{17}原子／cm^2でｐ型半導体としてドープされる。空乏半導体層３２は、１．９２ｅＶから１．９５ｅＶまでのバンドギャップ及び約０．５ミクロンの断面厚さT_Dを有するＧａＡｌＩｎＰとする。空乏半導体層３２は、約1×10^{16}原子／cm^2でｐ型半導体としてドープされる。エミッタ半導体層３４は、１．８９ｅＶのバンドギャップ及

び約０．０５ミクロンの断面厚さT_Eを有する不規則なＧａＩｎＰとする。エミッタ半導体層３４は、約５×１０^{18}原子／ｃｍ^{2}でｎ型半導体としてドープされる。

【００３５】

当業者なら、いくつかの半導体材料システムにおいて、高いバンドギャップ組成が、少数キャリア寿命、流動性及び拡散距離などの低下した材料特性を有する傾向にあることをよく理解するだろう。たとえば、ＡｌＧａＩｎＰ／ＧａＩｎＰシステムでは、ＡｌＧａＩｎＰは同じ格子定数でＧａＩｎＰよりも高いバンドギャップを実現するために使用できるが、強いＡｌ－Ｏ結合はＡｌＧａＩｎＰの酸素汚染を増加させる傾向にある。このため及びおそらく他の理由から、少数正孔及び少数電子寿命並びに流動性は、ＧａＩｎＰ内よりもＡｌＧａＩｎＰ内での方が通常は低くなる。ｎ型ＡｌＧａＩｎＰで正孔拡散距離が短いと、結果的に、短波長光（低い青感度）によりエミッタ半導体層３４で光生成されたキャリアの収集確率が低くなる。エミッタ半導体層３４にＡｌを含まないＧａＩｎＰを使用することにより、正孔拡散距離がより長くなり、その結果、空乏領域４０において高いバンドギャップのＡｌＧａＩｎＰ層により案内されたキャリアフローへの小さなバリアにも関わらず、Ａｌを含むＡｌＧａＩｎＰエミッタ層の場合よりも明らかに高い青感度がもたらされる。空乏領域４０では電界が高いので、たとえそこで使用されるＡｌＧａＩｎＰが比較的低いキャリア寿命及び流動性を有していても、キャリア収集が非常に促進される。

【００３６】

同様に、すべてのベース半導体層３０の部分がＧａＩｎＰのよりよい材料特性を使用して形成されるなら、高いバンドギャップＡｌＧａＩｎＰを空乏領域４０に残したまま電圧を上昇させる間に、ｐ型ベース半導体層３０のＡｌを含まないＧａＩｎＰ部分からのキャリア収集は、ベース半導体層３０のｐ型ＧａＩｎＰの高い少数電子寿命及び流動性から利益を享受する。

【００３７】

図３を参照すると、別の態様において、サブセル１２は、ベース半導体層３０とエミッタ半導体層３４との間の空乏領域４０に位置づけられた二以上の空乏半導体層３２及び３３を含むことができる。各空乏半導体層３２及び３３は、ベース半導体層３０及びエミッタ半導体層３４よりも高いバンドギャップを有することができる。第一の空乏半導体層３２は、ベース半導体層３０と同じ極性を有し、事実上ベース半導体層３０の部分とされ、且つ、第二の空乏半導体層３３は、エミッタ半導体層３４と同じ極性を有し、事実上エミッタ半導体層３４の部分とされる。

【００３８】

ゆえに、通常大抵の場合は、空乏領域４０はベース半導体層３０にあるが、必然的に多少はエミッタ半導体層３４にも延伸する。したがって、より高いバンドギャップの空乏半導体層３２及び３３をベース半導体層３０及びエミッタ半導体層３４の両方に導入することにより、再結合をさらに抑制し、セル電圧を上昇させることができる。

【００３９】

したがって、開示されるサブセル２４は、高いバンドギャップ材料から形成された一又は複数の空乏半導体層３２及び３３を含むことができる。空乏半導体層３２は、ベース半導体層３０とエミッタ半導体層３４との間で空乏領域４０と重なる。高いバンドギャップの空乏半導体層３２及び３３は、暗電流出力を下げ、出力圧力を上げることができる。それゆえ、高いバンドギャップ半導体材料をサブセル２４のごく一部に限定することにより、サブセル２４の残り（たとえば、ベース半導体層３０及びエミッタ半導体層３４）は、無関係に電流生成のために最適化され、それにより、電圧性能から電流生成を切り離すことができる。

【００４０】

図４を参照すると、さらに別の態様において、サブセル５０は、ベース半導体層５２、エミッタ半導体層５４、及び、選択的に、裏面電界層５６及び窓層５８を含むことができる。ベース半導体層５２は、エミッタ半導体層５４よりも高いバンドギャップを有することができる。

【００４１】
太陽電池は、第一のバンドギャップを有するベース半導体層、第二のバンドギャップを有するエミッタ半導体層、及び前記ベース半導体層と前記エミッタ半導体層との間に位置づけられ、第三のバンドギャップを有する空乏半導体層を含み、前記第三のバンドギャップは、前記第一のバンドギャップ及び前記第二のバンドギャップよりも大きい。また、太陽電池は、前記第二のバンドギャップと実質的に同じである第一のバンドギャップを有する。さらにまた、太陽電池は、前記第二のバンドギャップよりも大きい第一のバンドギャップを有する。さらにまた、太陽電池は、前記第一のバンドギャップ及び前記第二のバンドギャップよりも少なくとも１パーセント大きい第三のバンドギャップを有する。さらにまた、太陽電池は、前記第一のバンドギャップ及び前記第二のバンドギャップよりも少なくとも１.５パーセント大きい第三のバンドギャップを有する。さらにまた、太陽電池は、ｐ型半導体材料を含むベース半導体層、及びｎ型半導体材料を含む前記エミッタ半導体層を含む。さらにまた、太陽電池は、ｐ型半導体材料を含む空乏半導体層を含む。さらにまた、太陽電池は、前記空乏半導体層と前記エミッタ半導体層との間に位置づけられた第二の空乏半導体層を含む。さらにまた、太陽電池は、ｎ型半導体材料を含む第二の空乏半導体層を含む。さらにまた、太陽電池は、第一の断面厚さ（３３）を有する空乏領域を定めるベース半導体層及び前記エミッタ半導体層を含み、空乏半導体層は、実質的に前記第一の断面厚さと等しい第二の断面厚さ（３４）を有する。さらにまた、太陽電池は、前記空乏領域（４０）を完全に覆い隠す空乏半導体層を含む。さらにまた、太陽電池は、約０．１ミクロンから約１ミクロンまでの断面厚さを有する空乏半導体層を含む。さらにまた、太陽電池は、第一の半導体組成を有するベース半導体層、及び第二の半導体組成を有する前記エミッタ半導体層を含み、前記第一の半導体組成は第二の半導体組成と実質的に同じである。さらにまた、太陽電池は、第一の半導体組成を有するベース半導体層、第二の半導体組成を有する前記エミッタ半導体層、及び第三の半導体組成を有する空乏半導体層を含み、前記第三の半導体組成は前記第一及び第二の半導体組成と異なる。さらにまた、太陽電池は、３－５族合金からなるベース半導体層、空乏半導体層及びエミッタ半導体層のそれぞれを含む。さらにまた、太陽電池は、アルミニウムを含む空乏半導体層を含み、前記ベース半導体層及び前記エミッタ半導体層の少なくとも一方は実質的にアルミニウムを含まない。

【００４２】
太陽電池は、複数のサブセルを含み、前記複数のサブセルの少なくとも一つは、第一のバンドギャップを有するベース半導体層、第二のバンドギャップを有するエミッタ半導体層、及び前記ベース半導体層と前記エミッタ半導体層との間に位置づけられ、第三のバンドギャップを有する空乏半導体層を含み、前記第三のバンドギャップは、前記第一のバンドギャップ及び前記第二のバンドギャップよりも大きい。

【００４３】
太陽電池は、第一のバンドギャップを有するベース半導体層及び第二のバンドギャップを有するエミッタ半導体層を含み、前記ベース半導体層及び前記エミッタ半導体層はｐｎ接合を定め、且つ前記第二のバンドギャップは前記第一のバンドギャップよりも大きい。

【００４４】
開示されるヘテロ接合型太陽電池の様々な態様が示され説明されたが、本明細書を読めば、当業者は多数の変更例を思いつくかもしれない。本発明は、そのような改良も含んでおり、請求の範囲によってのみ限定される。

また、本願は以下に記載する態様を含む。

（態様１）

第一のバンドギャップを有するベース半導体層（３０）、

第二のバンドギャップを有するエミッタ半導体層（３４）、及び

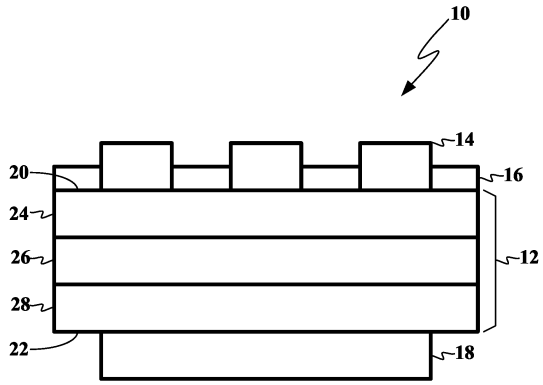
前記ベース半導体層（３０）と前記エミッタ半導体層（３４）との間に位置づけられ、第三のバンドギャップを有する空乏半導体層（３２）

を含み、前記第三のバンドギャップが前記第一のバンドギャップ及び前記第二のバンドギ

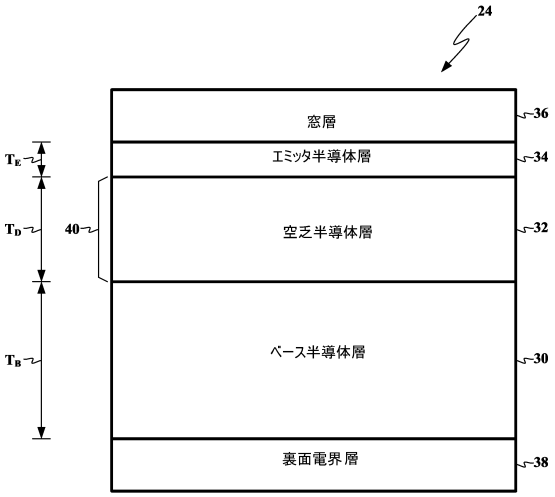
ャップよりも大きい、太陽電池。
（態様２）
前記第一のバンドギャップは前記第二のバンドギャップと実質的に同じである、態様１に記載の太陽電池。
（態様３）
前記第一のバンドギャップは前記第二のバンドギャップよりも大きい、態様１に記載の太陽電池。
（態様４）
前記第三のバンドギャップは、前記第一のバンドギャップ及び前記第二のバンドギャップよりも少なくとも１パーセント大きい、態様１に記載の太陽電池。
（態様５）
前記第三のバンドギャップは、前記第一のバンドギャップ及び前記第二のバンドギャップよりも少なくとも１．５パーセント大きい、態様１に記載の太陽電池。
（態様６）
前記ベース半導体層はｐ型半導体材料を含み、且つ前記エミッタ半導体層はｎ型半導体材料を含む、態様１に記載の太陽電池。
（態様７）
前記空乏半導体層はｐ型半導体材料を含む、
態様６に記載の太陽電池。
（態様８）
前記空乏半導体層と前記エミッタ半導体層との間に位置づけられた第二の空乏半導体層をさらに含む、態様７に記載の太陽電池。
（態様９）
前記第二の空乏半導体層はｎ型半導体材料を含む、態様８に記載の太陽電池。
（態様１０）
前記ベース半導体層及び前記エミッタ半導体層は、第一の断面厚さ（３３）を有する空乏領域を定め、且つ
前記空乏半導体層は、前記第一の断面厚さと実質的に等しい第二の断面厚さ（３４）を有する、
態様１に記載の太陽電池。
（態様１１）
前記空乏半導体層は、前記空乏領域（４０）を完全に覆い隠す、態様１に記載の太陽電池。
（態様１２）
前記空乏半導体層は約０．１ミクロンから約１ミクロンまでの断面厚さを有する、態様１に記載の太陽電池。
（態様１３）
前記ベース半導体層は第一の半導体組成を有し、且つ前記エミッタ半導体層は第二の半導体組成を有し、且つ
前記第一の半導体組成は前記第二の半導体組成と実質的に同じである、
態様１に記載の太陽電池。
（態様１４）
前記ベース半導体層は第一の半導体組成を有し、前記エミッタ半導体層は第二の半導体組成を有し、且つ前記空乏半導体層は第三の半導体組成を有し、且つ
前記第三の半導体組成は、前記第一及び前記第二の半導体組成とは異なる、
態様１に記載の太陽電池。
（態様１５）
前記ベース半導体層、前記空乏半導体層及び前記エミッタ半導体層の各々は、３－５族合金を含む、態様１に記載の太陽電池。
（態様１６）

前記空乏半導体層はアルミニウムを含み、且つ
前記ベース半導体層及び前記エミッタ半導体層の少なくとも一方は、実質的にアルミニウムを含まない、態様１に記載の太陽電池。
（態様１７）
複数のサブセルを含み、
前記複数のサブセルの少なくとも一つは、
第一のバンドギャップを有するベース半導体層（３０）、
第二のバンドギャップを有するエミッタ半導体層（３４）、及び
前記ベース半導体層と前記エミッタ半導体層との間に位置づけられ、第三のバンドギャップを有する空乏半導体層（３２）を
含み、
前記第三のバンドギャップは、前記第一のバンドギャップ及び前記第二のバンドギャップよりも大きい、太陽電池。
（態様１８）
第一のバンドギャップを有するベース半導体層（３０）、及び
第二のバンドギャップを有するエミッタ半導体層（３４）
を含み、
前記ベース半導体層及び前記エミッタ半導体層はｐｎ接合を定め、且つ
前記第二のバンドギャップは前記第一のバンドギャップよりも大きい、太陽電池。
【符号の説明】
【００４５】
１０　太陽電池構造
１２　太陽電池
１４　フロントコンタクト層
１６　反射防止膜層
１８　バックコンタクト層
２０　フロント表面
２２　バック表面
２４　サブセル
２６　サブセル
２８　サブセル

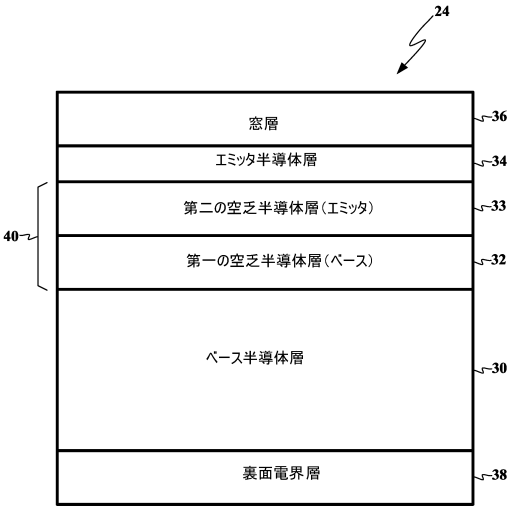
【図１】


10
14
20
16
24
26
12
28
22
18

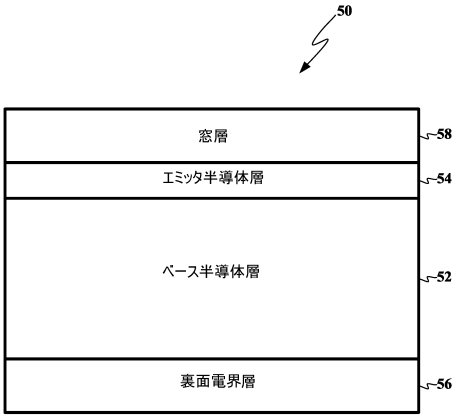
【図２】


24
窓層
36
エミッタ半導体層
34
T_E
T_D
40
空乏半導体層
32
ベース半導体層
T_B
30
裏面電界層
38

【図３】


24
窓層
36
エミッタ半導体層
34
第二の空乏半導体層（エミッタ）
33
40
第一の空乏半導体層（ベース）
32
ベース半導体層
30
裏面電界層
38

【図４】


50
窓層
58
エミッタ半導体層
54
ベース半導体層
52
裏面電界層
56

フロントページの続き

(72)発明者 ロー, ダニエル, シー.
アメリカ合衆国 カリフォルニア ９１００７, アーケーディア, ウェスト カミノ リアル アヴェニュー ６６２
(72)発明者 キング, リチャード, アール.
アメリカ合衆国 カリフォルニア ９１３６０, サウザンド ドライブ, リンミア ドライブ ７６９
(72)発明者 フェッツァー, クリストファー, エム.
アメリカ合衆国 カリフォルニア ９１３５４, ヴァレンシア, デイドリーム ウェイ ２８０１７

審査官 竹村 真一郎

(56)参考文献 特開２００４－２９６６５８（ＪＰ，Ａ）
特開平０９－０３６３９９（ＪＰ，Ａ）
特開昭６２－０３５６８１（ＪＰ，Ａ）
特開２０００－３３２２６８（ＪＰ，Ａ）
特開昭５５－０１３９３９（ＪＰ，Ａ）
特開昭６２－１１２３８３（ＪＰ，Ａ）
特開２００４－３１９９３４（ＪＰ，Ａ）
米国特許出願公開第２０１０／００９６０１０（ＵＳ，Ａ１）

(58)調査した分野(Int.Cl., ＤＢ名)
Ｈ０１Ｌ ３１／０４－３１／０７８
Ｈ０１Ｌ ５１／４２－５１／４４