【公報種別】特許法第１７条の２の規定による補正の掲載
【部門区分】第７部門第２区分
【発行日】令和6年11月13日(2024.11.13)

【国際公開番号】WO2023/157531
【出願番号】特願2024-501027(P2024-501027)
【国際特許分類】
H01L 31/10(2006.01)
H01L 27/146(2006.01)
【FI】
H01L 31/10 A
H01L 27/146 E

【手続補正書】
【提出日】令和6年7月29日(2024.7.29)
【手続補正１】
【補正対象書類名】特許請求の範囲
【補正対象項目名】全文
【補正方法】変更
【補正の内容】
【特許請求の範囲】
【請求項１】
光電変換層と、
前記光電変換層で発生する正孔を信号電荷として捕集する第１電極と、
前記光電変換層を挟んで前記第１電極と対向し、前記光電変換層で発生する電子を捕集する第２電極と、を備え、
前記光電変換層は、互いに積層された３層以上の量子ドット層を含み、
前記３層以上の量子ドット層の各々は、量子ドットおよび前記量子ドットの表面を修飾する表面修飾配位子を含み、
前記３層以上の量子ドット層における隣接する２つの量子ドット層の組み合わせのうちの少なくとも１つの組み合わせにおいて、前記第１電極に近い量子ドット層のバンドギャップエネルギーは、前記第２電極に近い量子ドット層のバンドギャップエネルギーよりも小さく、
前記３層以上の量子ドット層の各々と前記３層以上の量子ドット層の各々に隣接する量子ドット層との間の界面におけるエネルギーの関係は、下記式（１）および下記式（２）のうちの少なくとも一方を満たす、
光電変換素子。
$E_{i+1}^{CBM} - E_{i}^{CBM} \geqq 0$ （１）
$E_{i+1}^{VBM} - E_{i}^{VBM} \geqq 0$ （２）
ただし、
E_{i}^{CBM}は、前記３層以上の量子ドット層のうち前記第１電極から数えてｉ番目の量子ドット層の伝導帯下端のエネルギーであり、
E_{i+1}^{CBM}は、前記３層以上の量子ドット層のうち前記第１電極から数えてｉ＋１番目の量子ドット層の伝導帯下端のエネルギーであり、
E_{i}^{VBM}は、前記３層以上の量子ドット層のうち前記第１電極から数えてｉ番目の量子ドット層の価電子帯上端のエネルギーであり、
E_{i+1}^{VBM}は、前記３層以上の量子ドット層のうち前記第１電極から数えてｉ＋１番目の量子ドット層の価電子帯上端のエネルギーである。
【請求項２】
前記界面における前記エネルギーの関係は、前記式（１）および前記式（２）の両方を

満たす、
請求項１に記載の光電変換素子。
【請求項３】
前記界面における前記エネルギーの関係は、下記式（３）を満たす、
請求項１に記載の光電変換素子。
$E_i^{VBM} - E_{i+1}^{CBM} > 0$ （３）
【請求項４】
光電変換層と、
前記光電変換層で発生する電子を信号電荷として捕集する第１電極と、
前記光電変換層を挟んで前記第１電極と対向し、前記光電変換層で発生する正孔を捕集する第２電極と、を備え、
前記光電変換層は、互いに積層された３層以上の量子ドット層を含み、
前記３層以上の量子ドット層の各々は量子ドットを含み、
前記３層以上の量子ドット層における隣接する２つの量子ドット層の組み合わせのうちの少なくとも１つの組み合わせにおいて、前記第１電極に近い量子ドット層のバンドギャップエネルギーは、前記第２電極に近い量子ドット層のバンドギャップエネルギーよりも小さく、
前記３層以上の量子ドット層の各々と前記３層以上の量子ドット層の各々に隣接する量子ドット層との間の界面におけるエネルギーの関係は、下記式（４）および下記式（５）のうちの少なくとも一方を満たす、
光電変換素子。
$E_i^{CBM} - E_{i+1}^{CBM} \geqq 0$ （４）
$E_i^{VBM} - E_{i+1}^{VBM} \geqq 0$ （５）
ただし、
E_i^{CBM}は、前記３層以上の量子ドット層のうち前記第１電極から数えてｉ番目の量子ドット層の伝導帯下端のエネルギーであり、
E_{i+1}^{CBM}は、前記３層以上の量子ドット層のうち前記第１電極から数えてｉ＋１番目の量子ドット層の伝導帯下端のエネルギーであり、
E_i^{VBM}は、前記３層以上の量子ドット層のうち前記第１電極から数えてｉ番目の量子ドット層の価電子帯上端のエネルギーであり、
E_{i+1}^{VBM}は、前記３層以上の量子ドット層のうち前記第１電極から数えてｉ＋１番目の量子ドット層の価電子帯上端のエネルギーである。
【請求項５】
前記界面における前記エネルギーの関係は、前記式（４）および前記式（５）の両方を満たす
請求項４に記載の光電変換素子。
【請求項６】
前記界面における前記エネルギーの関係は、下記式（６）を満たす
請求項４に記載の光電変換素子。
$E_{i+1}^{VBM} - E_i^{CBM} > 0$ （６）
【請求項７】
前記３層以上の量子ドット層において、前記信号電荷に対するポテンシャル勾配は、前記信号電荷の逆極性の電荷に対するポテンシャル勾配と同等以上である、
請求項１から６のいずれか１項に記載の光電変換素子。
【請求項８】
前記３層以上の量子ドット層における隣接する２つの量子ドット層のうち、前記第２電極に近い量子ドット層に含まれる前記量子ドットの粒子径は、前記第１電極に近い量子ドット層に含まれる前記量子ドットの粒子径よりも小さい、
請求項１から６のいずれか１項に記載の光電変換素子。
【請求項９】

前記３層以上の量子ドット層における隣接する２つの量子ドット層のうち、前記第２電極に近い量子ドット層の吸収ピーク波長は、前記第１電極に近い量子ドット層の吸収ピーク波長よりも短い、
請求項１から６のいずれか１項に記載の光電変換素子。
【請求項１０】
前記３層以上の量子ドット層のうちの少なくとも２層に含まれる前記表面修飾配位子は互いに異なる、
請求項１から３のいずれか１項に記載の光電変換素子。
【請求項１１】
前記３層以上の量子ドット層のうちの少なくとも２層に含まれる前記表面修飾配位子の密度が互いに異なる、
請求項１から３のいずれか１項に記載の光電変換素子。
【請求項１２】
前記３層以上の量子ドット層の各々は、前記量子ドットの表面を修飾する表面修飾配位子をさらに含み、
前記３層以上の量子ドット層のうちの少なくとも２層に含まれる前記表面修飾配位子は互いに異なる、
請求項４から６のいずれか１項に記載の光電変換素子。
【請求項１３】
前記３層以上の量子ドット層の各々は、前記量子ドットの表面を修飾する表面修飾配位子をさらに含み、
前記３層以上の量子ドット層のうちの少なくとも２層に含まれる前記表面修飾配位子の密度が互いに異なる、
請求項４から６のいずれか１項に記載の光電変換素子。
【請求項１４】
前記量子ドットは、ＣｄＳｅ、ＣｄＳ、ＰｂＳ、ＰｂＳｅ、ＰｂＴｅ、ＺｎＯ、ＺｎＳ、Cu_2ZnSnS_4、Cu_2S、$CuInSe_2$、$AgInS_2$、$AgInTe_2$、$CdSnAs_2$、$ZnSnAs_2$、$ZnSnSb_2$、Bi_2S_3、Ag_2S、Ag_2Te、$AgBiS_2$、ＡｇＡｕＳ、ＨｇＴｅ、ＨｇＣｄＴｅ、Ｇｅ、ＧｅＳｎ、ＩｎＡｓおよびＩｎＳｂからなる群から選択される少なくとも１つを含む、
請求項１から６のいずれか１項に記載の光電変換素子。
【請求項１５】
それぞれが請求項１から６のいずれか１項に記載の光電変換素子を含む複数の画素と、
前記第１電極に接続される信号読み出し回路と、
前記第２電極に電圧を供給する電圧供給回路と、を備える、
撮像装置。
【手続補正２】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】０００４
【補正方法】変更
【補正の内容】
【０００４】
非特許文献1:Ｂｏ Ｈｏｕ ｅｔ ａｌ．，“Ｈｉｇｈｌｙ Ｍｏｎｏｄｉｓｐｅｒｓｅｄ ＰｂＳ Ｑｕａｎｔｕｍ Ｄｏｔｓ ｆｏｒ Ｏｕｔｓｔａｎｄｉｎｇ Ｃａｓｃａｄｅｄ－Ｊｕｎｃｔｉｏｎ Ｓｏｌａｒ Ｃｅｌｌｓ”，ＡＣＳ Ｅｎｅｒｇｙ Ｌｅｔｔｅｒｓ，Ａｍｅｒｉｃａｎ Ｃｈｅｍｉｃａｌ Ｓｏｃｉｅｔｙ，２０１６年，Ｖｏｌ．１，ｐｐ８３４－８３９
非特許文献2:Ｐａｔｒｉｃｋ Ｒ．Ｂｒｏｗｎ ｅｔ ａｌ．，“Ｅｎｅｒｇｙ Ｌｅｖｅｌ Ｍｏｄｉｆｉｃａｔｉｏｎ ｉｎ Ｌｅａｄ Ｓｕｌｆｉｄｅ Ｑｕａｎｔｕｍ Ｄｏｔ Ｔｈｉｎ Ｆｉｌｍｓ ｔｈｒｏｕｇｈ Ｌｉｇａｎｄ Ｅｘｃｈａｎｇｅ”，

ＡＣＳ Ｎａｎｏ，Ａｍｅｒｉｃａｎ Ｃｈｅｍｉｃａｌ Ｓｏｃｉｅｔｙ，２０１４年，Ｖｏｌ．８，Ｎｏ．６，ｐｐ５８６３－５８７２

【手続補正３】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００４８
【補正方法】変更
【補正の内容】
【００４８】
また、例えば、前記量子ドットは、ＣｄＳｅ、ＣｄＳ、ＰｂＳ、ＰｂＳｅ、ＰｂＴｅ、ＺｎＯ、ＺｎＳ、Cu_2ZnSnS_4、Cu_2S、ＣｕＩｎSe_2、ＡｇInS_2、Ａｇ$InTe_2$、Ｃｄ$SnAs_2$、Ｚｎ$SnAs_2$、Ｚｎ$SnSb_2$、Bi_2S_3、Ag_2S、Ag_2Te、ＡｇＢｉS_2、ＡｇＡｕＳ、ＨｇＴｅ、ＨｇＣｄＴｅ、Ｇｅ、ＧｅＳｎ、ＩｎＡｓおよびＩｎＳｂからなる群から選択される少なくとも１つを含んでいてもよい。

【手続補正４】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】０１４７
【補正方法】変更
【補正の内容】
【０１４７】
本実施の形態において、第１電極２は、光電変換層４で発生する電子を信号電荷として捕集する電子捕集電極である。また、第２電極３は、光電変換層４で発生する信号電荷の逆極性の電荷として正孔を捕集する正孔捕集電極である。