

【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 12 月 26 日 (2024.12.26)

【国際公開番号】WO2023/132003
【出願番号】特願 2023-572273 (P2023-572273)
【国際特許分類】
H 0 1 L 3 1 / 1 0 7 (2 0 0 6 . 0 1)
【 F I 】
H 0 1 L 3 1 / 1 0 B

10

【手続補正書】
【提出日】令和 6 年 12 月 18 日 (2024.12.18)
【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】

20

光入射面である第 1 面と、前記第 1 面に対向する第 2 面と、を有する半導体層に配された複数のアバランシェダイオードと、前記第 2 面に接する第 1 配線構造と、を有する光電変換装置であって、

前記複数のアバランシェダイオードのそれぞれは、前記第 2 面に対して第 1 の深さに配された第 1 導電型の第 1 半導体領域と、前記第 1 の深さよりも前記第 2 面に対して深い第 2 の深さに配された第 2 導電型の第 2 半導体領域と、を有し、

該光電変換装置に第 1 電圧を印加するための第 1 のパッドが前記第 1 配線構造に設けられ、

前記半導体層は、前記第 1 面に設けられた複数の凹凸構造を備え、

前記複数の凹凸構造の実効周期は hc / E_a (h : プランク定数 [$J \cdot s$]、 c : 光速 [m / s]、 E_a : 半導体層のバンドギャップ [J]) よりも小さいことを特徴とする光電変換装置。

30

【請求項 2】

前記複数の凹凸構造はトレンチ構造によって形成され、

前記トレンチ構造の幅は $hc / 2 E_a$ (h : プランク定数 [$J \cdot s$]、 c : 光速 [m / s]、 E_a : 半導体層のバンドギャップ [J]) よりも小さいことを特徴とする請求項 1 に記載の光電変換装置。

【請求項 3】

光入射面である第 1 面と、前記第 1 面に対向する第 2 面と、を有する半導体層に配された複数のアバランシェダイオードと、前記第 2 面に接する第 1 配線構造と、を有する光電変換装置であって、

40

前記複数のアバランシェダイオードのそれぞれは、前記第 2 面に対して第 1 の深さに配された第 1 導電型の第 1 半導体領域と、前記第 1 の深さよりも前記第 2 面に対して深い第 2 の深さに配された第 2 導電型の第 2 半導体領域と、を有し、

該光電変換装置に第 1 電圧を印加するための第 1 のパッドが前記第 1 配線構造に設けられ、

前記半導体層は、前記第 1 面に設けられた複数の凹凸構造を備え、

前記複数の凹凸構造の実効周期は $1.1 \mu m$ よりも小さいことを特徴とする光電変換装置。

【請求項 4】

50

前記複数の凹凸構造はトレンチ構造によって形成され、

前記トレンチ構造の幅は $0.55\text{ }\mu\text{m}$ よりも小さいことを特徴とする請求項 3 に記載の光電変換装置。

【請求項 5】

前記第 2 の深さよりも第 2 面に対して深い第 3 の深さに配された前記第 2 導電型の第 3 半導体領域を有することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか一項に記載の光電変換装置。

【請求項 6】

前記第 2 半導体領域と前記第 3 半導体領域との間に前記第 1 導電型の第 4 半導体領域が設けられ、

10

前記第 4 半導体領域における前記第 1 導電型の不純物濃度は前記第 1 半導体領域における前記第 1 導電型の不純物濃度よりも低いことを特徴とする請求項 5 に記載の光電変換装置。

【請求項 7】

前記第 1 面に垂直な方向からの平面視において、

前記第 4 半導体領域と重なる前記複数の凹凸構造の面積は前記第 4 半導体領域と重ならない前記複数の凹凸構造の面積よりも大きいことを特徴とする請求項 6 に記載の光電変換装置。

【請求項 8】

前記第 1 の深さに配され、前記第 1 面に垂直な方向からの平面視において前記第 1 半導体領域を囲む第 5 半導体領域が設けられ、

20

前記第 5 半導体領域における不純物濃度は前記第 1 半導体領域における不純物濃度よりも低いことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 7 のいずれか一項に記載の光電変換装置。

【請求項 9】

前記第 1 半導体領域と前記第 2 半導体領域とのポテンシャル差は前記第 2 半導体領域と前記第 5 半導体領域とのポテンシャル差よりも大きいことを特徴とする請求項 8 に記載の光電変換装置。

【請求項 10】

前記第 1 面に垂直な方向からの平面視において、

前記第 1 半導体領域と前記第 2 半導体領域との間に形成される増倍領域は、前記複数の凹凸構造に内包されることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 9 のいずれか一項に記載の光電変換装置。

30

【請求項 11】

前記第 1 面に垂直な方向の平面視において、

前記複数の凹凸構造の重心位置は前記増倍領域に内包されることを特徴とする請求項 10 に記載の光電変換装置。

【請求項 12】

前記複数のアバランシェダイオードは、第 1 のアバランシェダイオードと、前記第 1 のアバランシェダイオードに隣り合う第 2 のアバランシェダイオードとを含み、

前記第 1 のアバランシェダイオードと前記第 2 のアバランシェダイオードとの間に画素分離部を有することを特徴とする、請求項 10 又は請求項 11 に記載の光電変換装置。

40

【請求項 13】

前記複数のアバランシェダイオードは前記第 2 のアバランシェダイオードに隣り合う第 3 のアバランシェダイオードを含み、

前記第 1 のアバランシェダイオードと前記第 2 のアバランシェダイオードとの間に第 1 の画素分離部を有し、

前記第 2 のアバランシェダイオードと前記第 3 のアバランシェダイオードとの間に第 2 の画素分離部を有し、

前記第 2 のアバランシェダイオードにおける前記第 2 半導体領域は、前記第 1 面に垂直な断面において前記第 1 の画素分離部から前記第 2 の画素分離部まで延在することを特徴

50

とする請求項 12 に記載の光電変換装置。

【請求項 14】

前記複数のアバランシェダイオードのそれぞれにおいて、前記画素分離部から最近接位置の画素分離部までの距離を L としたとき、

前記第 1 面から前記増倍領域までの距離 d は、 $L/2 < d < L \times 2$ を満たすことを特徴とする請求項 13 に記載の光電変換装置。

【請求項 15】

前記複数の凹凸構造の前記第 1 面側に積層された反射防止膜を有し、

前記反射防止膜の屈折率は、前記増倍領域と前記第 1 面に垂直な方向からの平面視で重なり前記複数の凹凸構造の前記第 2 面の側の面と前記第 1 面との間に挟まれた領域の実効屈折率よりも低いことを特徴とする請求項 10 乃至請求項 14 のいずれか一項に記載の光電変換装置。

10

【請求項 16】

前記第 1 面に垂直な方向からの平面視において、

前記複数の凹凸構造は T 字状のトレンチ構造を含むことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 15 のいずれか一項に記載の光電変換装置。

【請求項 17】

前記第 1 面に垂直な方向からの平面視において、

前記複数の凹凸構造は非周期的に構成されたトレンチ構造を含むことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 16 のいずれか一項に記載の光電変換装置。

20

【請求項 18】

前記複数の凹凸構造の密度分布は前記第 1 面の中で一律でないことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 17 のいずれか一項に記載の光電変換装置。

【請求項 19】

前記アバランシェダイオードの中央部における前記複数の凹凸構造の密度は、前記アバランシェダイオードの外縁部における前記凹凸構造の密度よりも高いことを特徴とする請求項 18 に記載の光電変換装置。

【請求項 20】

前記複数の凹凸構造は、第 1 の凹凸構造と、第 2 の凹凸構造とを有し、前記第 1 面から前記第 1 の凹凸構造の底部までの深さと前記第 1 面から前記第 2 の凹凸構造の底部までの深さとが異なることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 19 のいずれか一項に記載の光電変換装置。

30

【請求項 21】

前記アバランシェダイオードの中央部に配された、前記第 1 の凹凸構造の前記第 1 面から前記底部までの深さは、前記アバランシェダイオードの外縁部に配された、前記第 2 の凹凸構造の前記第 1 面から前記底部までの深さよりも深いことを特徴とする請求項 20 に記載の光電変換装置。

【請求項 22】

前記複数の凹凸構造の、第 1 の方向に延びる凹部と第 2 の方向に延びる凹部とが交差する部分における前記第 1 面から前記底部までの深さは、前記第 1 の方向に延びる凹部と交差していない前記第 2 の方向に延びる凹部の前記第 1 面から前記底部までの深さよりも深いことを特徴とする請求項 20 又は請求項 21 に記載の光電変換装置。

40

【請求項 23】

前記交差する部分における前記底部は、

前記第 1 面と前記第 2 面との距離の半分よりも前記第 1 面に近い位置にあることを特徴とする請求項 22 に記載の光電変換装置。

【請求項 24】

前記複数の凹凸構造は、前記第 1 面に垂直な方向からの平面視で独立した複数の領域からなることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 23 のいずれか一項に記載の光電変換装置。

【請求項 25】

50

前記複数の凹凸構造は空隙を有することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 2 4 のいずれか一項に記載の光電変換装置。

【請求項 2 6】

前記複数の凹凸構造はピニング膜を有することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 2 5 のいずれか一項に記載の光電変換装置。

【請求項 2 7】

前記複数の凹凸構造の実効周期は、前記半導体層の光吸収長が前記第 1 面から前記第 1 半導体領域と前記第 2 半導体領域との間までの距離と等しくなる波長よりも小さいことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 2 6 のいずれか一項に記載の光電変換装置。

【請求項 2 8】

前記第 1 配線構造に接する第 2 配線構造を有する光電変換装置であって、
該光電変換装置に第 2 電圧を印加するための第 2 のパッドが前記第 2 配線構造に設けられることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 2 7 のいずれか一項に記載の光電変換装置。

【請求項 2 9】

前記第 2 配線構造は複数の配線層を含み、前記複数の配線層のひとつに前記第 2 のパッドが設けられることを特徴とする請求項 2 8 に記載の光電変換装置。

【請求項 3 0】

前記第 1 配線構造は複数の配線層を含み、前記複数の配線層のひとつに前記第 1 のパッドが設けられることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 2 9 のいずれか一項に記載の光電変換装置。

【請求項 3 1】

前記第 1 配線構造に含まれる前記複数の配線層は銅を主成分とした配線を含み、
前記第 1 のパッドの主成分はアルミニウムであることを特徴とする請求項 3 0 に記載の光電変換装置。

【請求項 3 2】

光入射面である第 1 面と、前記第 1 面に対向する第 2 面と、を有する半導体層に配された複数のアバランシェダイオードと、前記第 2 面に接する第 1 配線構造と、前記第 1 配線構造に接する第 2 配線構造と、を有する光電変換装置であって、

前記複数のアバランシェダイオードのそれぞれは、前記第 2 面に対して第 1 の深さに配された第 1 導電型の第 1 半導体領域と、前記第 1 の深さよりも前記第 2 面に対して深い第 2 の深さに配された第 2 導電型の第 2 半導体領域と、を有し、

該光電変換装置に第 1 電圧を印加するための第 1 のパッドが前記第 2 配線構造に設けられ、

前記半導体層は、前記第 1 面に設けられた複数の凹凸構造を備え、

前記複数の凹凸構造の実効周期は hc / E_a (h : プランク定数 [$J \cdot s$]、 c : 光速 [m / s]、 E_a : 半導体層のバンドギャップ [J]) よりも小さいことを特徴とする光電変換装置。

【請求項 3 3】

光入射面である第 1 面と、前記第 1 面に対向する第 2 面と、を有する半導体層に配された複数のアバランシェダイオードと、前記第 2 面に接する第 1 配線構造と、前記第 1 配線構造に接する第 2 配線構造と、を有する光電変換装置であって、

前記複数のアバランシェダイオードのそれぞれは、前記第 2 面に対して第 1 の深さに配された第 1 導電型の第 1 半導体領域と、前記第 1 の深さよりも前記第 2 面に対して深い第 2 の深さに配された第 2 導電型の第 2 半導体領域と、を有し、

該光電変換装置に第 1 電圧を印加するための第 1 のパッドが前記第 2 配線構造に設けられ、

前記半導体層は、前記第 1 面に設けられた複数の凹凸構造を備え、

前記複数の凹凸構造の実効周期は $1.1 \mu m$ よりも小さいことを特徴とする光電変換装置。

【請求項 3 4】

第 2 電圧を印加するための第 2 のパッドが前記第 2 配線構造に設けられることを特徴とする請求項 3 2 又は請求項 3 3 に記載の光電変換装置。

【請求項 3 5】

請求項 1 乃至請求項 3 1 のいずれか一項に記載の光電変換装置と、
前記光電変換装置が出力する信号を用いて画像を生成する信号処理部と、を有することを特徴とする光電変換システム。

【請求項 3 6】

請求項 1 乃至請求項 3 1 のいずれか 1 項に記載の光電変換装置を備える移動体であって、
前記光電変換装置が出力する信号を用いて前記移動体の移動を制御する制御部を有することを特徴とする移動体。

10

20

30

40

50