

論文内容の要旨

博士論文題目 Development of Laser Doping Process at Room Temperature for High Efficiency Crystalline Silicon Solar Cell Fabrication
(高効率結晶シリコン太陽電池作製に向けた室温レーザードーピングプロセスの開発)

氏名 西村 英紀

(論文内容の要旨)

結晶シリコン太陽電池における高効率化構造を実現するためには、不純物導入の二次元的空間的制御が必要となる。本論文では極細レーザービームを用い、簡便、高速に局所的な不純物導入を行うことが可能なドーピングプロセスをテクスチャ構造を有するシリコン基板へ適用し、特性の改善およびメカニズムの解明を行った成果につき述べている。

① 表面形状の構造制御によるレーザードーピングエミッタ層の品質改善

レーザードーピングの基本プロセスである「熔融、再結晶化過程」に大きな影響を及ぼす不純物源と基板との界面構造の制御を試みた。基板の隆起形状に起因するドーピング後表面での電子的欠陥の発生を確認し、表面の化学的エッチングによる平滑化処理やレーザーの2回照射により欠陥の抑制に成功した。

② 基板表面の化学的改質による界面制御と効果

高効率素子構造に必須のテクスチャ基板表面には微細な凹凸が存在し欠陥発生の起因となる。基板表面の化学的改質により親・疎水性の制御を行った。親水性表面を用いる事により不純物源との界面密着性が強化され、ドーピング後でも欠陥の発生が抑制され電子的特性が改善されたことから、レーザードーピングにおける界面状態の重要性が確認された。

③ 新規不純物層の利用による局所的な不純物導入と高効率構造への応用

新規不純物層としてシリコンナノ粒子および有機バインダーを用いたポリボロンフィルム(PBF)の適用が試みられた。テクスチャ基板との界面密着性の向上によりテクスチャ形状を保持したドーピングが可能となり、レーザードーピングによる選択エミッタ層形成など高効率化構造の作製に成功した。

本論文において、高効率構造に必須の微細な凹凸構造を有するテクスチャ表面においてレーザードーピングの有用性が確かめられた。テクスチャ表面と不純物源層との界面制御により欠陥発生が抑制され太陽電池特性の改善に及ぼす効果が示された。

(論文審査結果の要旨)

結晶シリコン太陽電池における高効率化構造を実現するためには、不純物導入の二次元空間的制御が必要となる。本論文では極細レーザービームを用い、簡便、高速に局所的な不純物導入を行うことが可能なドーピングプロセスをテクスチャ構造を有するシリコン基板へ適用し、特性の改善およびメカニズムの解明を行った成果につき述べている。

① 表面形状の構造制御によるレーザードーピングエミッタ層の品質改善

レーザードーピングの基本プロセスである「溶融、再結晶化過程」に大きな影響を及ぼす不純物源と基板との界面構造の制御を試みた。基板の隆起形状に起因するドーピング後表面での電子的欠陥の発生を確認し、表面の化学的エッチングによる平滑化処理やレーザーの2回照射により欠陥の抑制に成功した。

② 基板表面の化学的改質による界面制御と効果

高効率素子構造に必須のテクスチャ基板表面には微細な凹凸が存在し欠陥発生の起因となる。基板表面の化学的改質により親・疎水性の制御を行った。親水性表面を用いる事により不純物源との界面密着性が強化され、ドーピング後でも欠陥の発生が抑制され電子的特性が改善されたことから、レーザードーピングにおける界面状態の重要性が確認された。

③ 新規不純物層の利用による局所的な不純物導入と高効率構造への応用

新規不純物層としてシリコンナノ粒子および有機バインダーを用いたポリボロンフィルム(PBF)の適用が試みられた。テクスチャ基板との界面密着性の向上によりテクスチャ形状を保持したドーピングが可能となり、レーザードーピングによる選択エミッタ層形成など高効率化構造の作製に成功した。

本論文において、高効率構造に必須の微細な凹凸構造を有するテクスチャ表面においてレーザードーピングの有用性が確かめられた。テクスチャ表面と不純物源層との界面制御により欠陥発生が抑制され太陽電池特性の改善に及ぼす効果が示された。

以上のように、本論文において、室温大気中におけるレーザードーピングプロセスは結晶シリコン太陽電池作製のための実用的プロセスにおける有望な技術であることが示された。その成果は学術的に新しい知見を見出していると同時に、クリーンエネルギー源として期待されている高効率結晶系シリコン太陽電池生産に向け大きな寄与を果たすものと判断され、審査委員一同は、本論文を博士(工学)論文として認定した。