



太陽電池の界面制御技術

新潟大学 後藤 和泰

新潟大学で准教授を務めております後藤和泰と申します。私はこれまで、結晶シリコン系の太陽電池の材料や材料間の界面制御に関する研究を行ってきました。今回は、開発した材料について簡単に紹介させていただきます。

近年、脱炭素化社会の実現のために再生可能エネルギーの大規模導入が、ますます求められています。発電時に CO_2 を発生しない太陽光発電は、主力電源となることが期待されていますが、太陽電池の設置に適した場所が不足し始めています。そのため、軽量化や曲面対応可能な太陽電池など、太陽電池の用途拡大のための研究開発が活発化しています。

近年、極薄酸化シリコン酸化膜を結晶シリコンの表面を保護するパッシベーション膜として用いた太陽電池で高い変換効率が報告され、社会実装に向けた次世代太陽電池として期待されています¹。しかし、酸化シリコンは、一般的にはガラスと知られており、電気抵抗が高いため、結晶シリコン内で生成した電子や正孔を収集することが可能な、1~2 nm 程度の非常に薄い膜厚に制限されていました。しかし、シリコン酸化膜の膜厚は、厚い方が結晶シリコン表面に対して良好なパッシベーション性能を示します。また、シリコン酸化膜が非常に薄い場合は、太陽電池の動作中にシリコン酸化膜が変化し、性能が低下することが懸念されます。そのため、長期信頼性という観点からも、シリコン酸化膜は厚い方が有利です。そこで、厚いシリコン酸化膜においても、電子や正孔の収集可能な保護膜を開発することを目的としました。

図 1 は、シリコンナノ結晶を、シリコン酸化膜に複合化させた新規保護膜の断面の模式図です²。シリコン酸化膜中のシリコンナノ結晶が、電子の通り道として働くこと

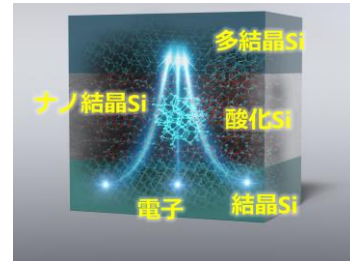


図 1. シリコン酸化膜とナノ結晶シリコンとを複合した薄膜の模式図

で、厚いシリコン酸化膜においても高い導電性（低い電気抵抗）の実現を狙いました。

同じ膜厚のシリコン酸化膜を作製し、シリコンナノ結晶を含む試料と含まない試料の実効キャリア寿命を比較した結果、シリコンナノ結晶がある試料は無い試料と同程度の実効キャリア寿命が得られました。実効キャリア寿命は長いほど、結晶シリコン内で生成した電子や正孔が有効利用できるため、太陽電池の変換効率が低い傾向を示します。すなわち、開発した複合膜は、結晶シリコン表面に対して良好なパッシベーション性能が得られたと言えます。

さらに、同じように、シリコンナノ結晶を含む試料と含まない試料の電流-電圧 (I-V) 特性を評価しました。シリコンナノ結晶を含まない試料においては、接触抵抗が高く電子の輸送が阻害されていることが分かりました。一方で、シリコンナノ結晶を含む試料では低い接触抵抗を示しており、電子が適切に輸送されていることが分かりました。

現在は、開発した材料のさらなる高性能化や様々な応用を目指した研究を行っています。さらに、太陽電池と水分解との組み合わせや雨や雪などを利用した環境発電への展開も進めています。カーボンニュートラルの早期実現に貢献するためにさらに研究を進めていきたいと考えています。

1. H. Haase *et al.*, Sol. Energy Mater. Sol. Cells **186** (2018) 184-193.
2. R. Tsubata *et al.*, ACS Appl. Nano Mater. **5** (2022) 1820-1827.