

太陽電池用低ファイアスルー性電極ペーストを用いた
電極-シリコン界面の解析
**Study on Electrode-Silicon Interface Fabricated with Low Fire-Through
Paste for Solar Cell Applications**

肥山 卓矢, 小島 拓人, 木下 晃輔, 大西 康平, 西原 達平, 小椋 厚志
Takuya Hiyama, Takuto Kojima, Kosuke Kinoshita, Kohei Onishi, Tappei Nishihara, Atsushi Ogura

明治大学
Meiji University

本課題では、太陽電池用低ファイアスルー性電極ペーストを用いた電極-シリコン界面の解析を目的に、BL46XUでの硬X線光電子分光法(Hard X-ray Photoemission Spectroscopy;HAXPES)による電極-シリコン界面の化学結合状態の精密測定を実施した。測定の結果、電極-シリコン界面において、化学結合状態の変化による熱処理温度の依存性があることを確認した。本結果は、太陽電池における低ファイアスルー性電極ペースト材料および新規ペーストに対するSiN_x膜の最適化に関する重要な知見であると考えられる。

キーワード： 結晶シリコン太陽電池、ファイアスルー、硬X線光電子分光法(HAXPES)

背景と研究目的：

結晶シリコン太陽電池の高効率化において、キャリア再結合損失の低減は最も重要な課題のひとつである。結晶の高品位化、前面・裏面のパッシベーション技術の進展、高シート抵抗エミッタの採用などによって従来型太陽電池の主要な再結合損失源はPERC構造やヘテロシリコン構造において大きく改善されている。その結果、従来注目されてこなかった電極金属とシリコンの界面における再結合の抑制が次世代型太陽電池の変換効率向上において重要になっている。電極-シリコン界面での再結合抑制は電極-シリコン間に誘電体層を導入することで達成されるが、誘電体膜による抵抗損失とのバランスが重要となる。そのためトンネル電流を大きくすることで抵抗損失を抑制する極薄酸化膜の採用が広く研究されている。しかし、この手法は必要な追加プロセス数が多く、従来型の製造ラインへの導入は困難である。そこで、我々はナミックス社との共同研究で、従来型セルのスクリーンプリント用銀ペーストへの添加剤を調節し、銀ペーストのシリコン窒化膜へのファイアスルー量を抑制することで、抵抗損失を抑制しつつ、開放電圧を改善する添加剤の条件を見出した。本課題では、太陽電池用低ファイアスルー性電極ペーストを用いた電極-シリコン界面の解析を目的に、BL46XUでの硬X線光電子分光法による電極-シリコン界面の化学結合状態の精密測定を実施した。

実験：

測定試料はp型Si基板にPECVD(Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition)法によりシリコン窒化膜を70 nm成膜させ、スクリーン印刷法により銀ペーストで電極をライン状に形成した構造である。その後、775°C、800°C、825°Cの3条件でペースト焼成を行った。この試料に対し、斜め研磨を施し、電極を除去し界面を露呈させた。斜め研磨では、治具の傾斜を0.5度とし、研磨剤にはダイヤモンドスラリーを用いた。BL46XUにおいて、測定を行うために8 mm×4 mmサイズにへき開し、銅試料ホルダーに搭載した。また、測定時のチャージアップを抑制するために、試料表面と銅試料ホルダーをカーボン両面テープにより導通をとった。励起X線はアンジュレータから発生する準白色光をシリコン二結晶分光器(111)面とその下流に位置するシリコンチャンネルカット結晶の(444)面により単色化したものを用い、そのエネルギーは約8 keVとする。励起光の入射角度(試料表面から測った角度)は10度とする。光電子アナライザーにはVG-Scienta40000を用い、パスエネルギーは200 eV、スリットサイズはcurved 0.5 mmとする。エネルギー分解能

及びエネルギー校正に関しては、標準 Au の光電子スペクトルを用いる。

結果および考察：

図 1 に Ag3d5/2 スペクトルを示す。Ag3d5/2 スペクトルにおいて、低結合エネルギー側の裾に熱処理温度に依存した変化が確認できた。この位置に存在するのは Ag₂O 由来のピークだと考えられ、熱処理温度が増加するに従い減少していることが確認できる。この結果は、熱処理温度に伴いファイアスルー量が増加することで界面に存在する残留酸素との反応が異なり、電極-シリコン界面の化学結合状態が変化したことが示唆される。

以上より、太陽電池用低ファイアスルー性電極ペーストを用いた電極-シリコン界面において、化学結合状態の変化による熱処理温度の依存性があることを確認した。本結果は、電極-シリコンの界面状態に着目した新規電極ペーストの開発が期待され、低コストでの高変換効率化に一役を担う重要な知見であると考えられる。

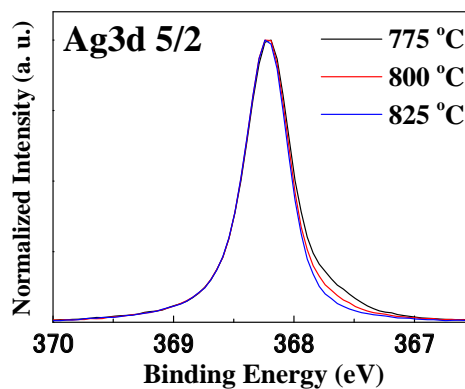


図 1. Ag3d 5/2 スペクトル