

結晶Si/SiO_y/TiO_x/Alヘテロ構造のパッシベーション性能に及ぼす LiFバッファ層の挿入位置による影響

Influence of Insertion Position of a LiF Buffer Layer on Passivation Performance of
Crystalline Si/SiO_y/TiO_x/Al Heterostructures

M23海自39

派遣先 第50回IEEE太陽光発電専門家会議 (PVSC 50)

(アメリカ合衆国・プエルトリコ、サンファン)

期 間 2023年6月9日～2023年6月18日 (9日間)

申請者 名古屋大学 大学院工学研究科 物質プロセス工学専攻

博士後期課程1年 深 谷 昌 平

海外における研究活動状況

研究目的

現状のシリコン太陽電池の中では、水素化アモルファスシリコン (a-Si:H) をパッシベーション層として利用した構造がありますが、a-Si:Hのバンドギャップエネルギー (E_g) が約1.7eVと狭いことから、光損失を引き起こすという問題がある。

そのような問題を解決するためにE_gの広い材料の探索が必要不可欠であるが、現在は酸化チタン (TiO_x) が広いE_gを持つパッシベーション層として注目されている。既に、TiO_xを使用した高性能なc-Siヘテロ接合太陽電池はすでに報告されているが、TiO_x上にアルミニウム (Al) 電極を蒸着するとパッシベーション性能が劣化することが知られている。この問題を解決するために、フッ化リチウム (LiF) をTiO_xとAlの間に挿入することで、パッシベーション性能が向上することが示唆されているが、この改善の具体的なメカニズムは未だ解明されていない。

よって本研究では、LiFの挿入位置がパッシベーション性能に影響を与えることが示され、

そのメカニズムについて実験とシミュレーションの両方から調査を行った。

海外における研究活動報告

発表の概要

本発表では、従来では未解明であったLiF/TiO_x界面の構造特性が太陽電池性能に及ぼす影響を報告しました。具体的には、LiF層の存在やその成膜位置が大きな影響を与える事を明らかにし、LiFによるc-Si内への電界効果とAl酸化物の形成がデバイス影響に非常に大事であることを示しました。未だ抑制報告のない金属成膜による新規保護膜のパッシベーション性能の低下に関する知見は次世代太陽電池の高性能化につながり、太陽電池のさらなる普及に向け大きく寄与するものであります。また、本発表によりTiO_xとLiFをうまく組み合わせることが高いデバイス性能の実現に有効であることをc-Si太陽電池分野の専門家に大きくアピールしました。

質疑応答

Q1 Al/TiO_x界面ではAl酸化物が形成されると思うが、それによるSiへのAlの拡散抑

制についてなどどう考えていますか。

- A1 仰る通りAl酸化物層がすべての試料で確認されているが、EDXやEELSの結果を見る限りAl酸化物層がAlの拡散を有意に抑制しているとは考えにくい。

- Q2 対象とする酸化チタンは1nmと非常に薄い、なぜその膜厚なのか。また、それ以外の厚さではどうなのか。

- A2 パッシベーション性能を発現すると報告されている最大の膜厚である4nmまで試しましたが、1nmが一番パッシベーション性能が良く、金属の影響を大きく反映しているため採用しました。1nmでも同様の傾向がみられましたが、もともとのパッシベーション性能が1nmの場合よりも低いため、金属による影響が1nmほど大きく見えなりました。

- Q3 電流電圧特性を調査する際に、電極としてAu:Sbを用いている理由は何か。

- A3 SbはSiに対してn型のドーパントとなり、裏面のohmic特性を確保するためです。

他の発表論文から得られた知見

数々の魅力的な発表の中で、特に酸化シリコン膜中の水素濃度による劣化について、分子動力学シミュレーションを用いて調査した発表が興味深かった。

近年の高性能なシリコン系太陽電池では、シリコン酸化膜／高濃度ドーパpoly-Siスタックをパッシベーション層として用いたTOPCon型太陽電池があり、すでに実用レベルのウエハで20%以上という高い変換効率を達成しています。この高いパッシベーション性能にはシリコン酸化膜中の高い水素濃度が大きく関係していると考えられていますが、あまりに水素濃度が

多すぎるとデバイスに悪影響を及ぼすことが分かっています。該当発表では、水素濃度によってシリコン酸化膜中のシリコン結晶の形成と太陽電池性能への影響について、分子動力学シミュレーションを用いた説明を行っていました。

具体的には、シリコン酸化膜中の水素濃度が 10^{14}cm^{-3} オーダーを超えるとシリコン結晶の形成が促進され太陽電池性能が低下すると述べられていましたが、私の研究している酸化チタン層にもかなりの水素濃度が既に確認されており、酸化チタンの結晶化が太陽電池性能に悪影響を及ぼすことも知られているため、適切な水素濃度の調査を行う必要があると感じました。また、本分野では分子動力学シミュレーションを援用した報告は非常に少ないため、新たな研究の切り口としても非常に興味深いものでありました。

所感

本国際会議に参加し、企業の展示ブースや数々の口頭発表・ポスター発表の見聞を通して、太陽電池の研究の世界的な規模がいかに大きいかを肌で感じる事が出来ました。新しい研究をされている方も多数おり、そういった方々との議論から研究のヒントが得られ、更には国内外の学生・研究者達と繋がる事ができ、非常に有意義な機会であったと感じております。本会議を通して得られた知見を元に研究をさらに深め、高効率・高信頼性の太陽電池を実現し、太陽光発電の主力電源化に貢献したいという思いが一層強まりました。

この派遣の研究成果等を発表した 著書、論文、報告書の書名・講演題目

[ポスター発表講演題目]

Influence of insertion position of a LiF buffer layer on passivation performance of crystalline Si/SiO_y/TiO_x/Al heterostructures