

透明電極/Si ショットキー界面の酸化層が太陽電池に及ぼす影響

Influence of thin oxide layer at the transparent electrode/Si Schottky interface on solar cell properties

工学院大学 高機能デバイス研究室

渡辺貴夫

指導教員 相川慎也

研究協力者 熊本勇紀、森峻

工学院大学 工学部 電気電子工学科 高機能デバイス研究室

キーワード：ショットキー太陽電池、 SiO_2

1. 緒言

近年、市場に普及している太陽電池は pn 接合を用いた Si 系が主流であり、これらの変換効率向上は難しくなってきている。今後、軽量化や大面積化などによる太陽電池の用途拡大が必要不可欠であるため、コストが低く、タンデム化が容易なショットキー太陽電池が着目されている^{1,2)}。

ショットキー太陽電池は、pn 接合型に比べ変換効率は低いが、積層化が容易なため、吸収できる光の波長が異なる材料を用いたタンデム型構造の高効率ショットキー太陽電池の実現が期待できる³⁾。タンデム化にあたっては上部透明電極とのショットキー界面が重要となる。また、透明半導体との組み合わせにより、可視光で透明な太陽電池も実現可能である⁴⁾。

本研究では、透明太陽電池作製の準備段階として、まず、Si と透明電極とを用いたショットキー太陽電池を作製し、その Si/透明電極界面と太陽電池特性との関係を明らかにすることを目的とする。特に、Si/透明電極界面の Si 酸化状態に着目し、薄い酸化層が与える影響を議論する。

2. 実験方法

洗浄した Si にフォトリソグラフィでパターン転写し、120°C、5min でポストベイクを行った。NMD-3 で 1 min 現像した後、純水で 2 回すすぎ 110°C、

3min でベイクし乾燥させた。

次に、反応性イオンエッチング(Reactive Ion Etching:RIE)を用いて Si 基板表面の SiO_2 を CHF_3 (条件: 流量 10sccm、圧力 1.3Pa、RF Power 100W) で除去し、その上に PEDOT:PSS を 2000rpm でスピンドルコートし、120°C、15min 大気雰囲気でアニールした。 SiO_2 上の酸化膜厚の影響を調査するため、様々な条件で酸化膜厚を変えたサンプルを準備した。

その後、前面電極として RF マグネットロンスパッタリング装置を用いて boron ドープ酸化インジウム薄膜を Ar 流量 19.8sccm、 O_2 流量 0.2sccm、RF パワー 50W、圧力 0.26Pa、時間 400s の条件で成膜した。Si 基板背面には、背面電極として小型真空蒸着装置を用いて Al または Cu を成膜レート 0.1nm/s にて時間 650s 成膜した。最後に、作製した太陽電池を 200°C で 30min ポストアニールした。これらの過程で作製した太陽電池の断面概要図を図 1 に示す。

試料の I-V 特性は、Keysight B2900A Quick IV メジャメントソフトウェアを用いて測定を行った。遮光と人工太陽照明灯(セリック株式会社 XC-100 SET-140F)を光源とした 2 つ場合で測定した。

3. 結果および考察

図 2 および 3 に作製した太陽電池の IV 特性(それ

ぞれ暗状態および明状態)を示す。このサンプルは、 SiO_2 エッチング後、24時間大気中に放置してPEDOT:PSS界面に薄い酸化膜を形成したものである。図2および3より、ショットキー接合に由来する非線形の電流電圧挙動が確認できた。しかしながら、光照射時の光電流が小さく、これはショットキー接合面で生成された電子・正孔対が各電極に回収できていないためと考えられる。これは、自然酸化させた表面 SiO_2 層が厚かったために生成されたキャリアがバリアを超えられなかっただけか、PEDOT:PSS界面でのバンドアラインメントが影響していると考えられる。

今後、界面酸化膜厚を精密に制御し、膜厚と太陽電池特性との関係をより詳細に調査していく。

4. 結論

Si を半導体層に用いたショットキー太陽電池を作製した。 $\text{Si}/\text{透明電極}$ の界面に着目し、 Si の界面酸化膜厚を変化させた。界面 Si を自然酸化させた太陽電池においては、ショットキー接合を得ることができたが、光照射時の光電流が非常に小さく、十分な発電を確認できなかった。これは、界面酸化膜厚の最適化が十分でなかっただけでなく、ショットキー接合面で生成された電子・正孔対が各電極に回収できなかったことに起因すると考えられる。今後、 SiO_2 膜厚をより精密に制御し、生成されたキャリアの回収に最適な界面酸化膜厚を探査する。

5. 参考文献

1. 2030年に向けた太陽光発電ロードマップ(PV2030)に関する見直し検討委員会：“「太陽光発電ロードマップ(PV2030+)」” pp4-6(2009)
2. 松木伸行：“透明導電性高分子による透明ショットキー接合(電子デバイス・太陽電池)” 神奈川大学2020年閲覧
3. 吉川謹：“有機薄膜太陽電池の次世代太陽電池としての展望” pp25-26 京都大学(2008)
4. R.R. Lunt and V. Bulović, “Transparent, near-infrared organic photovoltaic solar cells for window and energy-scavenging applications.” *Applied Physics Letters*, vol. 98, no. 113305, 2011, DOI:10.1063/1.3567516.

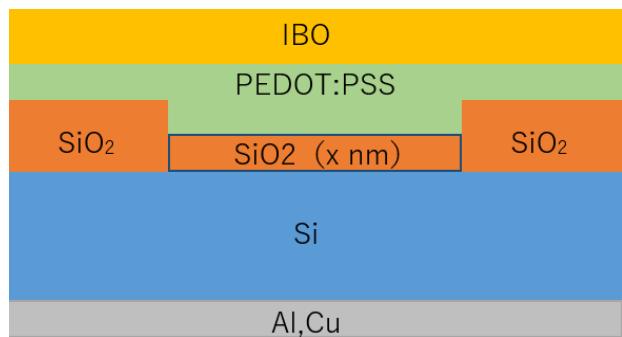


図1 透明電極/Si ショットキー太陽電池の断面構造概略図

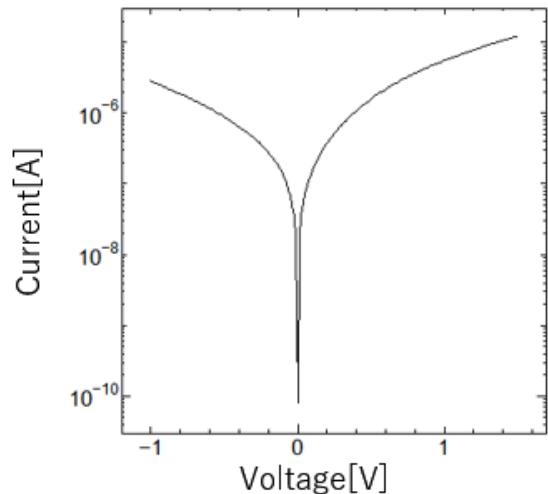


図2 作製したショットキー太陽電池の遮光時のIV特性

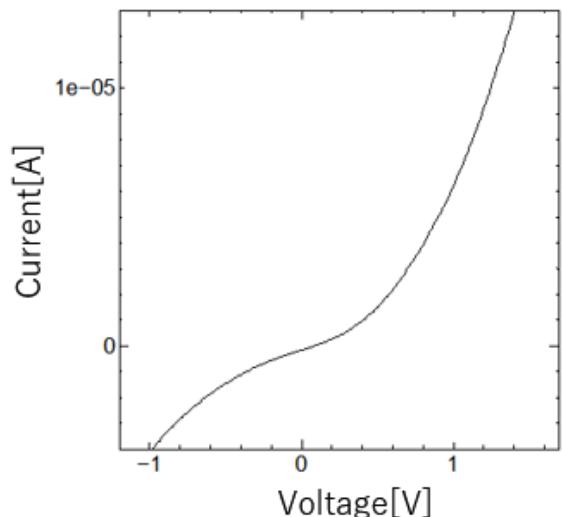


図3 作製したショットキー太陽電池の光照射時のIV測定