

2010年3月10日

革新的太陽光発電システム実現への第一歩
シリコン量子ドットを用いた薄膜太陽電池で世界最高の開放電圧を達成

登壇日：3月20日（土） 講演番号：20a-TG-8 登壇者：黒川 康良

概要 東京工業大学の小長井誠教授らは、直径数ナノメートル（ナノは10億分の1）のシリコン結晶（シリコン量子ドット）を発電層に用いた薄膜太陽電池にて、世界最高の開放電圧* 518 mV を達成しました。同時に、光エネルギー変換効率* 向上に重要な曲線因子* において、0.51 という他の研究機関では得られていない高い値を得ました。これは、シリコン量子ドット層に酸素を添加したことによる電気伝導特性の改善などによるものです。

開発の背景

昨年、新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）により発表された太陽光発電ロードマップ（PV2030+）において、2050年までに事業用電力コストである7円/kWh以下の発電コストを目指すことが明記されております。このような低発電コストを実現するには、現行の太陽電池構造では限界があり、新概念を導入した新たな太陽電池材料や構造の開発が必要となります。本研究室では、いち早くシリコン量子ドットに注目し、新概念太陽電池材料として研究を行ってきました。シリコン量子ドットは、その大きさがナノスケールであることから、通常の大さき材料とは異なる物性をもつことが知られています。その物性を利用することで、太陽電池の性能を飛躍的に向上させることのできると考えられております。また、シリコン量子ドットは原料がシリコンであることから、地球上に豊富に存在し、安定で無害であり、大面積化に適しているというメリットもあります。このように、シリコン量子ドットは未来の太陽電池材料として魅力的であり、有望な材料なのです。

シリコン量子ドットを太陽電池材料として応用するには、その大きさを数ナノメートル程度に制御し、積層化することが必要であり、その作製は極めて困難なものでした。本研究室では、アモルファスシリコンカーバイド（SiC）を用いた独自の方法により、シリコン量子ドットの粒径制御及び積層化に成功しました（図1）。今回の発表では、シリコン量子ドットを用いた太陽電池構造の作製（図2）と、その変換効率を向上させるための改善点について発表します。

主な開発の成果

これまで、シリコン量子ドットを発電層として用いた太陽電池では、オーストラリアのNew South Wales大学（UNSW）のM. Greenらの開放電圧492 mVが最高でした。本研究では、シリコン量子ドットを取り囲むアモルファス SiC 層に酸素を添加することにより、シリコン量子ドット作製時に生じていたアモルファス SiC の結晶化を阻害し、リークパスの

低減に成功しました。これにより、開放電圧 518 mV を達成しました (図 3、4)。また、透明導電膜代替の n 型多結晶 Si 層の膜厚を厚くすることで抵抗成分の低減し、どの研究機関でも達成されていない曲線因子の向上 (0.25→0.51) にも成功しました。

***補足**

太陽電池の光エネルギー変換効率は、以下の式で表されます。

太陽電池の光エネルギー変換効率 = 開放電圧 × 短絡電流 × 曲線因子 / 入射光のパワー

開放電圧：太陽電池に何もつなげない状態で、光を照射したときの電圧

曲線因子 (fill factor)：太陽電池の電流電圧特性の”角型比”を表すパラメータ

→直線：0.25 直角：1 一般的な薄膜シリコン系太陽電池：0.7 程度

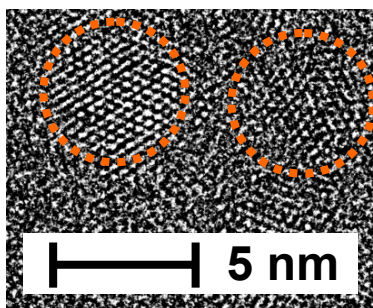


図1 シリコン量子ドットの透過電子顕微鏡像

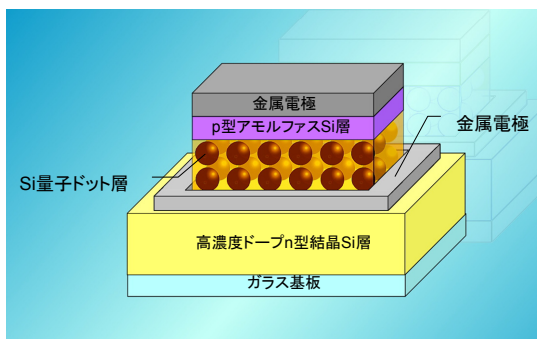


図2 作製されたシリコン量子ドット太陽電池の構造

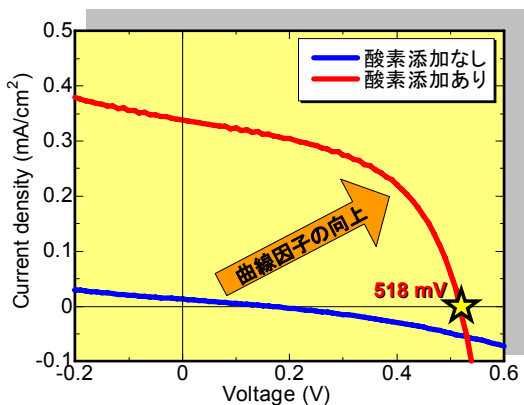


図3 シリコン量子ドット太陽電池の電流電圧特性

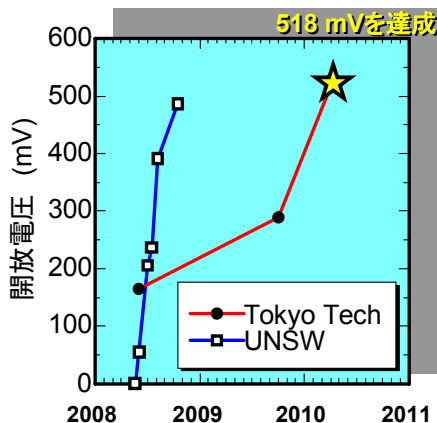


図4 シリコン量子ドット太陽電池の開放電圧の変遷

開発内容に関するお問い合わせ

東京工業大学 大学院理工学研究科 電子物理工学専攻

教授 小長井 誠 03-5734-2554 konagai.m.aa@m.titech.ac.jp

産学官連携研究員 黒川 康良 03-5734-2662 kurokawa.y.aa@m.titech.ac.jp

【謝辞】本研究の一部は、NEDO 革新的太陽光発電技術研究開発の支援を受けています。