

## 酸化物半導体が拓く太陽電池の新展開

世話人：杉山 睦(東京理科大)・櫻井 岳暁(筑波大)・荒木秀明(長岡高専)

各種太陽電池の研究開発は、光吸収層材料やpn界面に注目されがちですが、効率向上のためには電極やプロセス技術などの研究開発も重要になります。酸化物半導体を光吸収層に用いた太陽電池や、太陽電池の正孔輸送層に酸化物半導体を用いる事で太陽電池の効率が向上する報告が近年多くなってきました。本シンポジウムでは、各種太陽電池に対する「酸化物半導体」に焦点を当てたシンポジウムを企画し、シリコンや化合物太陽電池に対する、様々な酸化物半導体の特徴や役割について、材料、デバイス、理論検討に関する研究開発の第一線で活躍される先生方にご講演いただき、さらなる高効率に向けた技術開発の進展について、今後の化合物薄膜太陽電池の方向性や課題・役割について共有するとともに、今後の材料開発の方向性について包括的な理解と今後の多元系機能材料研究の方向性・課題を議論できる場として、5件の招待講演により構成しました。招待講演の先生方からは、以下のような内容でご講演いただきました。



最初のご講演として、「酸化物系太陽電池の高効率化」と題して、豊橋技術科学大学の伊崎 昌伸 先生より、 $\text{Cu}_2\text{O}$ を光電変換層とする酸化物系太陽電池を中心に $\text{CuO}$ 系も含め、これまでの研究成果についてご紹介いただきました。 $\text{Cu}_2\text{O}$ 系の変換効率は、2003年頃までは0.3%程度でしたが、2022年には、9.5%まで向上しており、Si系タンデム太陽電池のトップセルとしても注目されていることや、高効率化に向けた構成層の電気的特性制御やバッファ層効果などについて概説いただき、酸化物系太陽電池の高効率化とその展開について議論がなされました。

続いて、「 $\text{ZnTeO}$ 系中間バンド型太陽電池の現状と課題」と題して、佐賀大学の田中 徹 先生より、 $\text{ZnTeO}$ 中間バンド型太陽電池に関する最近の研究成果をご紹介いただきました。光吸収層である $\text{ZnTe}$ に数%の酸素を導入することで、中間バンドを形成することが可能であり、 $\text{ZnTeO}$ の分子線エピタキシー法による薄膜形成や、中間バンドを介した二段階光吸収促進のための中間バンドへの電子ドーピング効果等、更なる特性改善に向けた取り組みと課題について議論が行われました。



産業技術総合研究所の松井 卓矢様からは、酸化チタン薄膜を正孔輸送層に用いた結晶シリコン太陽電池の開発と題して、シリコンに対して正孔選択性と界面欠陥を不活性化する能力をもち、正極として機能する、厚さ約5 nmの酸化チタンパッシベーションコンタクトに関する研究成果をご紹介いただきました。酸化チタンは通常n型材料であり電子親和力が大きく、電子選択性（正孔をブロックする役割）があると考えられてきました。一方、原子層堆積法（ALD法）を用いて製造した極薄の酸化チタン薄膜は電子構造が変化して正孔選択的になり、シリコン太陽電池の正極にこれを適用すると20%の変換効率が実現しました。この化学状態やメカニズム、将来展望について議論が行われました。

4番目のご講演としてNIMSの柳田 真利様より、NiOxを正孔輸送層に用いたペロブスカイト太陽電池の開発と題して、現在次世代型太陽電池材料として期待されているペロブスカイト系太陽電池の現状と耐久性などの課題の紹介の後、ペロブスカイト層の上に酸化ニッケル(NiOx)で表面処理して形成した正孔輸送層に用ることによる発電効率・耐久性向上と、そのメカニズムとなるNiOx-ペロブスカイト層との反応性やピンホールなどの欠陥に関する報告があり、NiOxが有するペロブスカイト系太陽電池のさらなる効率向上の可能性を説明して頂きました。



最後のご講演として産業技術総合研究所の松崎 功佑様より、複合欠陥を用いたCu(II)半導体材料へのp型ドーピング法の開発と題して、近年注目を集めている酸化銅系太陽電池の光吸収層であるCu<sub>2</sub>Oに関する発表がありました。IGZOを始めとする酸化物半導体のこれまでの研究動向とCu<sub>2</sub>Oの基礎物性を説明していただいた後、Cu<sub>2</sub>Oに対する等原子価のアルカリ金属不純物によるキャリアドーピングに関する理論計算や、等原子価のアルカリ金属不純物による複合欠陥形成法や格子間不純物による化学ドーピング法について紹介がありました。

シンポジウムはハイブリッド形式で開催されましたが、会場では最大100名以上、オンラインでも50名を超える方からご参加いただき、盛会なシンポジウムとなりました。本シンポジウムにおいて貴重なデータを用いてご講演頂きました講演者の皆様には感謝するとともに、シンポジウムが多元系化合物太陽電池などの発展の一助となれば幸いです。

イラスト 佐藤勝昭 (東京農工大学名誉教授・リサーチアドバイザー)



会場での講演の様子 (A301)