

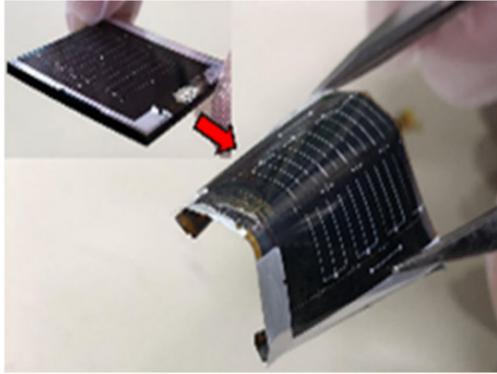
杉山研究室では、CIGS系、SnS系、CTS系などのカルコゲナイド系材料と、NiO、ZnO、SnO系、ITO系などの酸化物系材料を用いて、太陽電池やLED・トランジスタなどに全く新しい価値観を与えることで、使う人にも地球環境にも優しい、未来のその先の半導体デバイス(素子)を創っています。また、新しい半導体材料が秘めている特性を発見し、応用する研究をしています。



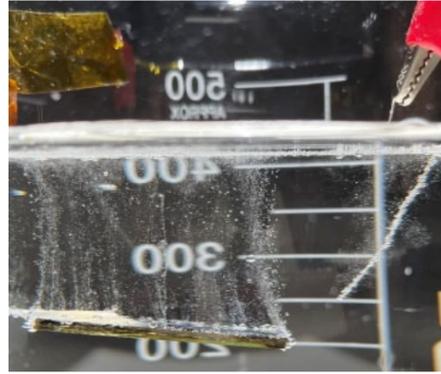
2023 - 2024年 主な研究テーマ

宇宙用フレキシブル太陽電池・半導体光触媒の開発

宇宙環境において、放射線下でも壊れにくく、打ち上げに制限のかからない重量・体積、そして自由に折り曲げられる…そのような太陽電池が要求されています。杉山研ではこれらの要求を満たすことができるようなCIGSフレキシブル太陽電池を作製し、宇宙環境での利用を目指し研究開発しています。また、現在新エネルギーとして水素利用が期待されており、生成するための水分解触媒として、CIGSを用いた光触媒の実用化も目指しています。これらCIGS太陽電池の宇宙利用や光触媒実用化への取り組みは、有毒物質の分解や安価な燃料製造など広い応用範囲にも応用でき、クリーンなエネルギー・環境づくりに貢献することが期待できます。



試作したCIGSフレキシブル太陽電池



CIGSを用いた光触媒による水分解の様子

次世代IoT×透明インテリジェントデバイスの開発

IoTやAIなど、半導体を取り巻く環境は大きく変化しています。現在主流の半導体デバイスは不透明のSiを用いています。しかし、電源・配線・センサなどを透明化させることで、設置箇所の意匠性を崩すことなくデバイスを設置できるため、IoT社会の実現に貢献できると期待されています。杉山研では酸化物系材料を透明デバイスとして太陽電池、トランジスタ、センサなどの研究開発をしています。これらの透明デバイスを統合させることで「農作物の健康状態やハウス内の生育環境をモニタリングし、農作物の生産量を調整する育成システム」や「お年寄りや一人暮らしの健康管理システム」の実現が期待されます。



透明IoTデバイス×AIで、ビニールハウス自体が植物の育成に最適な環境を作り出すシステムモデル

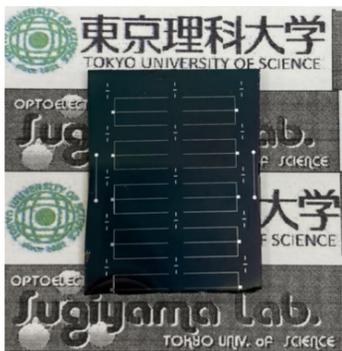


IoT向け透明太陽電池・センサ (ガラス&フレキシブル基板使用)

安価な金属+温泉を用いた高機能半導体デバイスの開発

現在の半導体デバイスは、製造装置などのコストが高く、製造過程で有毒ガスを用いることもあり次世代半導体デバイス実現のネックとなっています。特に発展途上国ではこれから膨大な半導体デバイスの導入が見込まれるため、材料や製造方法の抜本的な見直しが必要です。杉山研では、誰もが安く買える次世代半導体材料の探索として、スズ(Sn)、銅(Cu)を硫化することで半導体(SnS、Cu₂SnS₃)を作製し、次世代太陽電池、発光・電子デバイスを作製するための研究開発をしています。

杉山研ではSnS及びCu₂SnS₃(CTS)を主にスパッタ堆積法と硫化法を用いて作製しており、有毒ガスを用いず、かつ大面積化が可能であることから、工業化に適している作製方法であると言えます。また、新たな試みとしてより安価な作製に向けた静電噴霧堆積法の検討を行っています。



温泉(硫黄ガス)を用いて作製した超安価な太陽電池



まだ誰も作ったことがない半導体なので、半導体を作る装置も自分達で作ります…

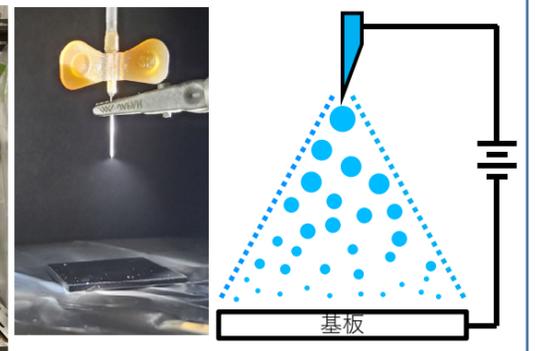
簡便かつ安価な成膜法を用いた半導体デバイスの開発

材料だけでなく、作製方法から安価にする試みとして、非真空成膜である静電噴霧堆積法に注目しています。半導体材料を溶かした溶液を噴霧する際にノズルと基板間に高電圧を印加します。それにより、液滴が斥力により分裂するため、微細化した液滴を分散させて堆積させることが可能になります。さらに、印加電圧や噴霧速度等の制御により薄膜の形態を容易に変化させることができるため、様々なデバイスへの応用が期待されています。

杉山研では、SnS太陽電池への応用に向けた、緻密で均一な薄膜の作製に取り組んでいます。また、NiO薄膜の透明デバイスへの利用に向けた、電気特性の制御を検討しています。成膜法として未解明な点も多いため、薄膜形成のメカニズムの解明にも力を入れています。



静電噴霧装置



実際の静電噴霧の様子と模式図

交流測定を用いた植物のリアルタイムモニタリング



実際に農地で行って農作物に対するEIS測定も行っています…

先端技術を活用するスマート農業の中で、栽培植物に関するデータ収集が盛んになっています。現在は周囲環境のセンシングが中心ですが、植物の状態推定のためには植物を直接センシングすることが重要です。

杉山研では、電池や半導体の測定に利用される電気化学インピーダンス法(EIS)を植物の測定に応用しています。EISは体脂肪率を測定出来る体重計のように、微弱な交流信号を印加することで測定を行います。植物に与える悪影響が小さいこと、低コストかつ短時間で植物の生体情報を把握出来ることが特徴です。また、植物に適した電極を開発するため、測定の際に用いる安価でフレキシブルなAl/AgCl電極をスプレー熱分解法を用いて作製しています。

半導体薄膜やデバイスの評価、技術指導など企業との共同研究・開発も行っています。

お問い合わせ optoelec@rs.tus.ac.jp
<http://www.rs.noda.tus.ac.jp/optoelec/>

