



光エネルギーデバイス研究室

長岡技術科学大学 電気電子情報系 教授 田中久仁彦 助教 金井綾香
URL: <http://femto5.nagaokaut.ac.jp> E-mail: tanaka@vos.nagaokaut.ac.jp

本研究室では環境に優しく安い太陽電池の作製を目標とし、以下の条件を満たす太陽電池の作製に取り組んでいます。

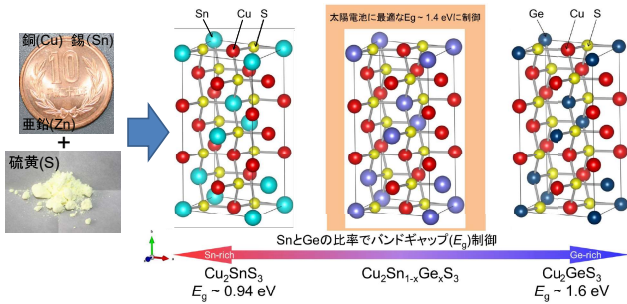
- ①地球上に豊富にある元素のみを用いる=貴重な資源を用いない、安価。
- ②毒性の高い物質は使用しない。
- ③非真空下で性能は多少低くても安価 or 真空下で高性能太陽電池作製

2022年4月現在は大まかに分けて以下の3つの研究を進めています。

Cu₂SnS₃(CTS)系薄膜太陽電池の作製

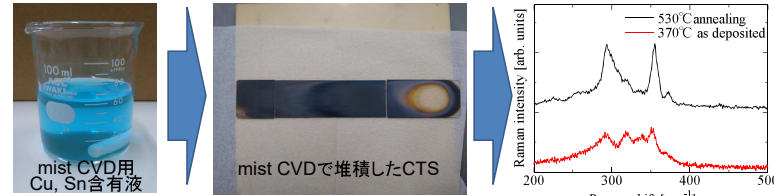
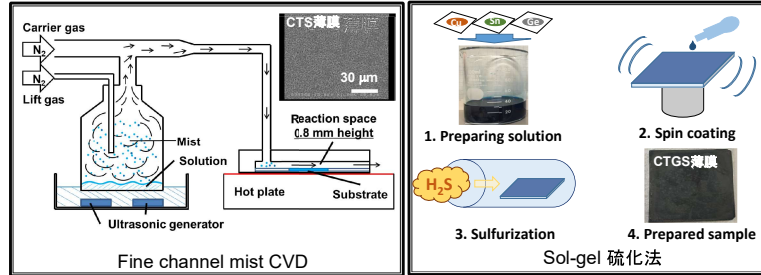
◆CTSは以下の特徴をもつp型半導体。

- ✓環境に優しい材料である
地殻中に豊富に存在し安価。汎用無毒性元素で構成されている。
(ちなみに十円玉はCu(銅)、Zn(亜鉛)、Sn(錫)でできている)
- ✓単接合型太陽電池に適した光学特性
光吸収係数が可視域で10⁴ cm⁻¹後半。→薄膜化が可能→低コスト
バンドギャップE_g ~ 1.0eV→Snの一部をGeやSiで置き換えると太陽電池に最適な約1.4 eV実現可。



◆非真空プロセスでの作製

非真空下では高品質薄膜の成膜は難しいが、低コストで製膜が可能である。本研究室ではフィンチャンネルミストCVD法、ゾルゲル硫化法により非真空下でのCTS系薄膜作製の研究を行っている。mist CVDでは硫化プロセスを経ずにCTS薄膜の作製に成功している。



◆真空プロセスでの作製

真空プロセスは装置が高価であるものの、高品質な薄膜を非真空プロセスより容易に堆積することができる。本研究室では2021年度より真空プロセスによる成膜を開始、2022年よりCTS太陽電池で世界最高効率を記録した金井綾香助教を新たに研究室にむかえ、真空プロセスによる成膜の研究を本格化している。現在、抵抗加熱蒸着装置及びスパッタリング装置を導入しており、Cu₂Sn_{1-x}Ge_xS₃、Cu₂Sn_{1-x}Si_xS₃等のCTS系太陽電池の高効率化を目指し研究を行っている。



真空プロセスで成膜したCTS薄膜 作製したCTS薄膜太陽電池

真空プロセスでCTS系太陽電池の最高効率更新を目指す

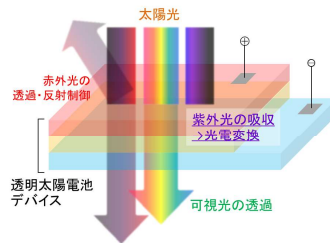
1万倍に拡大

2021年度世界最高変換効率達成(現在継続中)

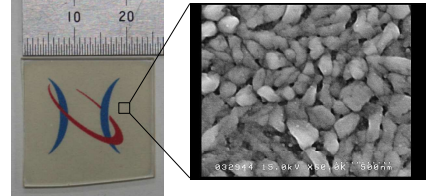
※金井助教が赴任前の在籍大学で出した成果

透明p型半導体薄膜の作製と太陽電池応用

透明な太陽電池の作製をめざし、透明p型半導体の作製を行っている。透明n型半導体は研究がかなり進んでいるが、透明p型は研究例が非常に少ない。本研究室ではCu+CuBrに着目し、溶液塗布による透明p型半導体の作製および、その諸特性の分析、透明太陽電池の構築を目指している。

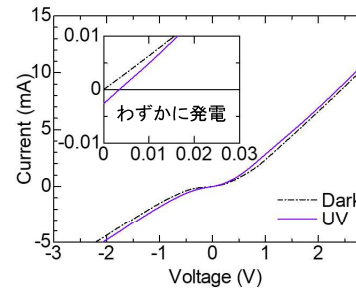


◆CuBr_{1-x}I_x薄膜試料の外観と表面SEM像

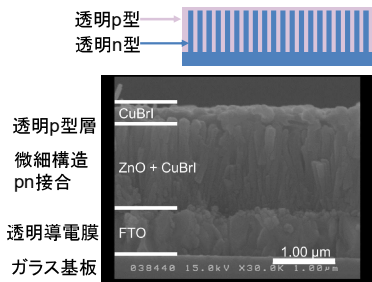


SLG/FTO/n-ZnO nano-rod/p-CuBr_{1-x}I_x/Carbon構造の透明なpn接合で整流特性は確認している。IとBrの量を変えることにより、光学的・電気的特性が変化するため、諸特性のI/Br比依存性を調べ、透明太陽電池に適切な割合や、製膜法などの検討を行っている。

◆透明太陽電池の整流特性とデバイス構造



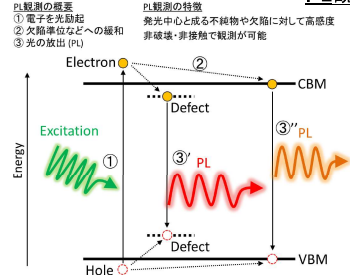
太陽光中の紫外光が少ないので微細構造にしてpn接合面を拡大することで高効率化を狙う



太陽電池材料の発光分光

CTS系の研究は、デバイス、薄膜作製の研究が殆どで、基礎物性の研究報告例が少ないため、効率低下要因が不透明である。そのため太陽電池デバイスの作製を念頭に置き、基礎物性を把握する必要がある。そこで本研究室ではフォトルミネッセンス(PL)観測を中心とした分光学的手法により太陽電池材料の光学特性を調べている。薄膜だけではなく自作の単結晶・多結晶についても分光分析を行っている。

PL観測の概要

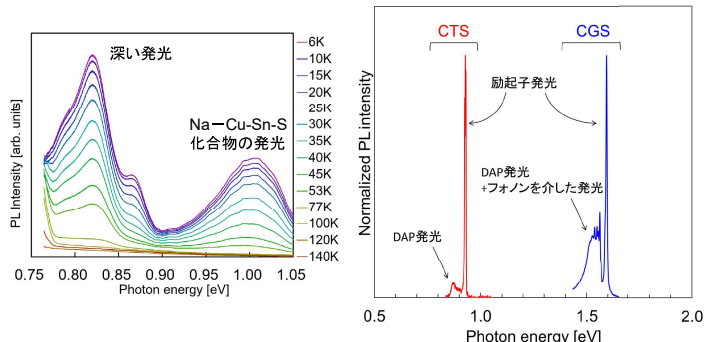


光学系実験の一部



PL観測は、試料にレーザー等の光でエネルギーを与え、発生するキャリアの遷移過程で生じる発光を検出する手法である。この発光スペクトルを解析することで、キャリアの遷移機構や欠陥のエネルギー準位などの半導体の特性がわかる。

◆PLスペクトルの例(左:Na添加CTSと右:CTSとCGS単結晶)



Na添加CTS: Na添加によりNa系化合物の発光が観測された。また、深い発光が強くなった。CTS, CGS: 両バルク単結晶から初めて励起子発光を観測。