

第 82 回応用物理学会秋季講演会 について

矢野 玲奈

Reina YANO

物質化学専攻修士課程 1年

1. はじめに

私は、2021年9月10日から13日にオンライン上で開催された第82回応用物理学会秋季講演会に参加した。この学会で私は「 $(\text{Cu}, \text{Ag})(\text{In}, \text{Ga})\text{Se}_2$ 系太陽電池材料の禁制帯幅と電子状態」というタイトルで口頭発表を行った。

2. 研究背景

現代社会において必要不可欠となっているエネルギーは化石燃料が多く使われており、資源の枯渇や CO_2 の排出による地球温暖化などが大きな問題となっている。そのため、再生可能エネルギーである太陽光エネルギーを利用した太陽光発電の普及、開発が期待されている。

変換効率を向上させるため近年注目されているのが、禁制帯幅の異なる光吸収層を複数積層させた多接合型太陽電池である。この多接合型太陽電池において広い禁制帯幅を有するワイドバンドギャップ材料の開発が望まれている。 $\text{Cu}(\text{Ga}, \text{In})(\text{S}, \text{Se})_2$ (CIGSSe)系化合物半導体は高い光吸収係数を有し、薄膜化が可能という特徴を持つことから薄膜太陽電池材料として広く用いられている。CIGSSe系太陽電池の最高変換効率は23.35%で、微量のAgが含まれている^[1]。スウェーデンでは、 $\text{Cu}(\text{Ga}, \text{In})\text{Se}_2$ のCuの一部をAgで置換した $(\text{Cu}, \text{Ag})(\text{Ga}, \text{In})\text{Se}_2$ 系太陽電池に関する研究が活発に行われている^[2]。このように近年、Agを含んだCAIGSe系太陽電池が期待されている。本報告では、 $(\text{Cu}, \text{Ag})(\text{Ga}, \text{In})\text{Se}_2$ 系固溶体の禁制帯幅や電子構造の組成依存性について報告した。

3. 実験操作

$(\text{Cu}_{1-y}\text{Ag}_y)(\text{Ga}_x\text{In}_{1-x})\text{Se}_2$ ($x=0.0, 0.1, \dots, 0.9, 1.0$) ($y=0.0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0$)の所定比になるように元素粉末を秤量し、遊星ボールミルを用いて N_2 ガス雰囲気中・800 rpmの条件で20分間粉碎混合を行った。得られた粉末を N_2 ガス雰囲気中・550 Cで30分間焼成した。相の同定と結晶構造解析はX線回折(XRD)で行い、禁制帯幅は拡散反射スペクトルから決定した。光電子収量分光法によりイオン化エネルギーを測定し、真空準位を基準にした価電子帯上端(VBM)の準位を決定し、VBMの準位に禁制帯幅を加えることで伝導帯下端(CBM)の準位を決定した。

4. 結果

図1に $(\text{Cu}_{1-y}\text{Ag}_y)(\text{Ga}_x\text{In}_{1-x})\text{Se}_2$ 系粉末のXRD図形を示す。回折ピークより全組成範囲で目的とする固溶体が合成できていることを確認した。Agの固溶量(y)が増加すると回折ピークは低角度側へシフトした。

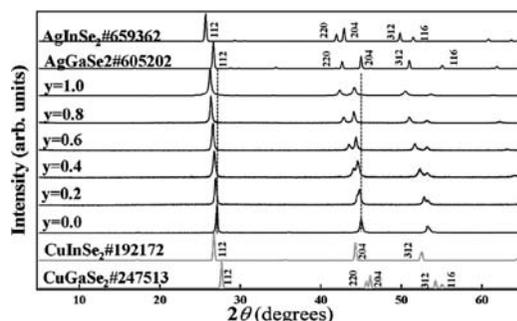


図1 $(\text{Cu}_{1-y}\text{Ag}_y)(\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x)\text{Se}_2$ 系試料 ($x=0.5$)のX線回折図形

$(\text{Cu}_{1-y}\text{Ag}_y)(\text{Ga}_x\text{In}_{1-x})\text{Se}_2$ 系固溶体の拡散反射スペクトルは、Ag固溶量(y)、Ga固溶量(x)の増加とともに短波長側にシフトした。図2に $(\text{Cu}_{1-y}\text{Ag}_y)(\text{Ga}_x\text{In}_{1-x})\text{Se}_2$ 系固溶体の禁制帯幅の3Dマップを示す。禁制帯幅は、拡散反射スペクトルを T_{auc} プロットに変換することで算出した。禁制帯幅はAg固

溶量 (y), Ga 含有量 (x) の増加に伴い少しボーイングしながら増大した。

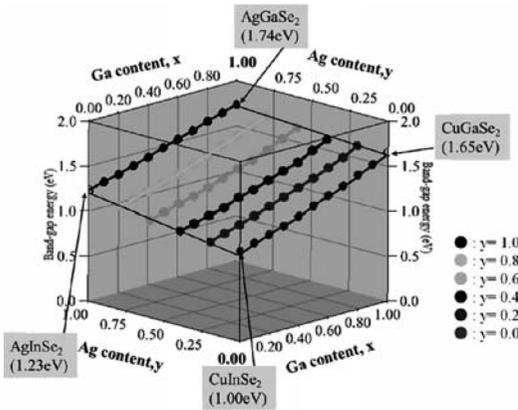


図2 (Cu_{1-y}Ag)_y(Ga,In_{1-x})Se₂系固溶体の禁制帯幅の3Dマップ

図3に (Cu_{1-y}Ag)_y(Ga,In_{1-x})Se₂系試料のVBMとCBM準位の3Dマップを示す。イオン化エネルギー測定から価電子帯上端 (VBM) の準位を決定し, Tauc プロットから求めた禁制帯幅を足すことによって伝導体下端 (CBM) を算出した。Ga 固溶

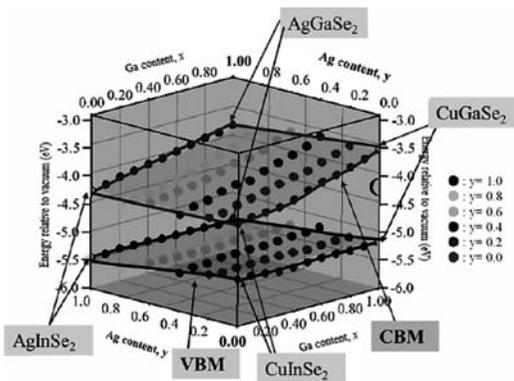


図3 (Cu_{1-y}Ag)_y(Ga,In_{1-x})Se₂系固溶体のVBMとCBM準位の3Dマップ

量 (x) が増加すると, VBM はほとんど変化せず, CBM の準位が上昇することで禁制帯が広がるのがわかった。同様な評価を y=0.0, 0.2, 0.6, 0.8, 1.0 の系についても行ったところ, Ag 固溶量 (y) が増加すると, CBM の準位はほとんど変化せず, VBM の準位が低下することで禁制帯幅が広がるのが明らかになった。

5. おわりに

今回の学会発表は私にとって初めての体験でした。また, コロナウイルスの影響で完全オンライン開催となり, 相手の顔が見えない中での発表であったため, 内容が伝わるか不安がありました。しかし, 発表練習を重ねることで, 当日無事発表を終えることができました。

今回の学会への参加は, 私にとって非常に良い経験になりました。他大学の先生からの質問では, 研究内容を客観的に見たときに何に疑問を持つのか考えさせられました。また, 様々な分野の方非常に参考になるご意見を頂き新たな発見もありました。この経験は研究活動だけでなく, 私自身を成長させてくれたと感じています。

最後になりましたが, このような貴重な機会を与えてくださり, 丁寧に指導していただいた和田隆博教授, 研究室の皆様方に深く感謝したいと思います。

参考文献

- [1] H. Sugimoto *et al.*, Proc. PVSEC-29 (Xi'an, China), pp.723 (2019).
- [2] M. Edoff, *et al.*, IEEE J. Photovolt. 7, 1789 (2017)