

■研究テーマ

- カルコパイライト型三元化合物半導体結晶の育成と物性評価
- ガス輸送気相成長法を使用した半導体ナノ結晶の作製

■キーワード

多元化合物半導体 半導体ナノ結晶 光学物性評価

■産業界の相談に対応できる技術分野

半導体光物性測定技術 化合物半導体電子物性

■主な設備

可視領域分光特性評価装置 半導体結晶成長用電気炉



尾崎俊二 准教授

連絡先 電子情報部門 尾崎俊二 TEL 0277-30-1715 FAX 0277-30-1707 e-mail shunji@gunma-u.ac.jp

研究概要

多元化合物半導体の電子物性を探求

◆ 私達の研究室では、他ではあまり行われていない三元・多元化合物半導体に関する研究を行っています。これは、従来のガリウム砒素(III-V族半導体)や酸化亜鉛(II-VI族半導体)などの二つの元素を使用した二元化合物半導体から、さらに元素数を増やすことで、より一層バラエティーに富んだ電子物性が期待できるからです。私達の研究室では特に、結晶構造がカルコパイライト型と呼ばれているI-III-V<sub>2</sub>族やII-III<sub>2</sub>-VI<sub>4</sub>族三元化合物半導体、またケステライト型と呼ばれているI<sub>2</sub>-II-IV-VI<sub>4</sub>族四元化合物

半導体結晶を育成し、電子エネルギーバンド構造を調べる研究を行っています。

カルコパイライト構造I-III-V<sub>2</sub>族半導体の一つにCuInSe<sub>2</sub>があります。この半導体は、近年太陽電池光吸収層の材料として大変注目されています。太陽電池の材料としては、現在シリコン(Si)が広く使用されています。しかし、Siは禁制帯幅が1.1 eVと小さく、また間接遷移型半導体であるため、太陽光を効率よく吸収するためには光吸収係数が小さいという根本的な問題が存在するのです。この問題を解決するために近年注目を集めているのが、カルコパイライト構造三元化合物半導体CuInSe<sub>2</sub>です。CuInSe<sub>2</sub>およびその混晶系CuIn<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>Se<sub>2</sub>の特長は、①光のエネルギーから電気エネルギーへのエネルギー変換効率が高い。②Siに比はずっと少ない材料で作製できる。これは製造エネルギーが小さくて済むことも意味します。③プラスチックなどの基板を使用することができるため、フレキシブルな太陽電池も作製が可能である。④放射線による劣化が小さく、宇宙空間での使用にも耐えるなどが挙げられます。このような優れた特長を有するために近年製品化に至っているのです。

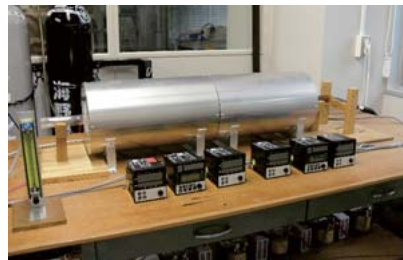


図1 多元半導体結晶を育成するための6ゾーン管状横型電気炉

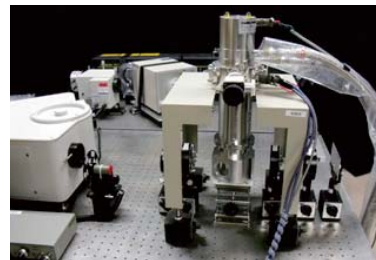


図2 半導体電子物性を調べるための光学測定装置

以上はカルコパイライト構造三元化合物半導体の成功例といえますが、今後、よりエネルギー変換効率の高い太陽電池の開発していくためには、CuInSe<sub>2</sub>半導体だけではなく、それに関連した半導体の研究が欠かせません。例えば、多接合型太陽電池を開発するためには、CuInSe<sub>2</sub>半導体よりもバンドギャップエネルギーが大きく、かつ製造プロセスがCuInSe<sub>2</sub>半導体と同様である半導体が求められます。元素戦略や製造コストの削減という視点からは、希少金属のインジウムを使用しない代替半導体が求められるかもしれません。(これは、I<sub>2</sub>-II-IV-VI<sub>4</sub>族四元化合物半導体の研究へと繋がっています。)

特徴と強み

◆◆◆ 新しい半導体結晶の育成から電子エネルギーバンド構造の計算まで幅広く電子物性を探求

◆◆◆ 化合物半導体に関する研究は、二元系やその混晶系がほとんどで、3種類以上の元素を使用した多元半導体に関する研究はあまり行われていません。このため、未知の多化合物元半導体は数多く存在します。私たちの研究室では、新しい多元化合物半導体結晶を育成し、光学的手法を用いてその電子物性を調べることができます。また、エネルギーバンド構造の計算も行っており、理論計算による実験データ(光学スペクトル)の検証も可能となっています。

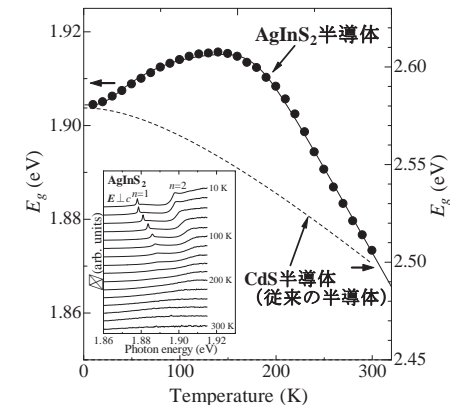


図3 AgInS<sub>2</sub>半導体バンドギャップエネルギーの特異な温度依存性

◆◆◆ 近年は、太陽電池への応用の可能性を有する多元化合物半導体を中心に研究を行っていますが、AgInS<sub>2</sub>半導体において、従来の半導体では現れない、バンドギャップエネルギーの特異な温度依存性という現象を観測することに成功しています(図3)。そしてこの現象は、Ag原子の4d電子によって形成されるエネルギーバンドに起因することを明らかにしました。

今後の展開

◆◆◆ 次世代太陽電池から新規機能性デバイスの開発に向けて

◆◆◆ 多元化合物半導体を使用した太陽電池の開発において不可欠となる基礎電子物性、特に光学物性を明らかにすると同時に、次世代の新しい太陽電池用半導体の探求を行っていきたく考えています。また、図3に示したように、多元化合物半導体では、従来の化合物半導体には無い、ユニークな物性を有しています。このような多元系特有の物性を明らかにすることは、太陽電池の開発に留まらず、新規機能性デバイスの開発の可能性も秘めています。