

【部門構成員】

教授 (兼) : 中嶋 一雄、 助教授 : 米永 一郎、

【研究成果】

半導体中の欠陥の性質の解明と新機能への応用を目指して、基幹材料であるシリコンや次世代材料のシリコンゲルマニウムを中心に結晶中の欠陥の基礎物性の解明と制御に関する研究を展開した。

(Ref. 1) はこれまで本研究室で独自に開発を進めた次世代半導体・機能性材料である GeSi (SiGe) 固溶体結晶について、その全組成域にわたる結晶育成の研究とそれを利用して進めた、不完全 Pauling 型と特定される不規則な原子の局所配列、固溶体化に起因するキャリアの移動度、熱伝導度、不純物の選択的格子配置、転位欠陥運動の特異性等の基礎物性に関する研究を総括し、熱電素子等への応用に関して報告したものである。(Ref. 2) は青色発光材料として開発が急がれる GaN 結晶の、そのデバイスの発光効率の向上のキーとなる転位欠陥について、塑性変形によって新規に導入した転位の光学特性を基礎的に調べて解明したものである。(Ref. 3) は典型的な化合物半導体である GaAs 中の格子欠陥、特に転位について高分解能電子顕微鏡法によりその原子スケールでの構造を直接決定した結果を集大成したものである。(Ref. 4) は Si 結晶中に固溶する B 不純物と転位欠陥が Au 不純物拡散に対してどのように影響するかを定量的に測定し、その機構を解明したもので、近年デバイスのナノスケール化に伴って高濃度 B 不純物添加の低抵抗結晶が必要とされる今後の動向を踏まえた研究である。

(Ref. 5) は無転位シリコン結晶の大型かつ高経済性での育成という実用的要請に向けて、高濃度のボロン不純物を添加した種結晶の利用が有効であることが見出されているが、その物理機構として種結晶と育成結晶の界面で転位の発生が抑制される特徴を X 線トポグラフィにより直接観察・検証し、さらに界面でのひずみを制御する観点で Ge 不純物の同時添加が非常に有効であることを解明したものである。

1. I. Yonenaga
Growth and Fundamental Properties of SiGe Bulk Crystals
J. Cryst. Growth, 275 (2005) 91-98.
2. I. Yonenaga, H. Makino, S. Itoh and T. Yao
Photoluminescence study of GaN with dislocations introduced by plastic deformation
Physica Status Solidi (c) 2 (2005) 1817-1821.
3. I. Yonenaga
Atomic structure of defects in semiconductors
"Encyclopedia of Nanoscience and Nanotechnology, Vol. 1", edited by H. S. Nalwa, American Scientific Publishers, 2004, p. 135-145.
4. A. Rodriguez and H. Bracht and I. Yonenaga
Impact of high B concentrations and high dislocation densities on Au diffusion in Si
J. Appl. Phys., 95 (2004) 7841-7849.
5. I. Yonenaga, T. Taishi, X. Huang and K. Hoshikawa
Dislocation-Impurity Interaction in Czochralski-Grown Si heavily doped with B and Ge

J. Cryst. Growth, 275 (2005) e501 - e505.

【研究計画】

材料の機能性を左右し、その高性能化に向けた課題として常に立ちはだかる欠陥の基礎物性とその制御による応用に関する研究を展開し、材料における不完全性の科学を確立する。

5年までの短期的目標として、現在進めているほぼ全ての半導体材料を対象とした欠陥の電気・光学的・動力学的性質とその各種外部条件のもとでの変性とその機構を基礎的に解明するとともに、それらのナノ・量子性を新規機能性として応用する研究を展開する。新規の課題として以下の3項目を挙げる。(1)異種接合界面ひずみによる転位欠陥誘起機構の解明とひずみによる物性の制御への応用に関する研究を、今後とも最重要半導体であるSiやGe等のIV族系半導体で進める。(2)半導体ではこれまで知られていなかった強磁場環境における欠陥物性を重点的に解明する。(3)IV族元素を中心として構成される次世代化合物半導体材料の開発し、その構造、物性および構造の揺らぎや欠陥に起因する物性を利用したデバイスの開発を進める。これら研究室固有の課題とともに、半導体を中心とした材料の現状と展望及に関するサーベイを進める。

長期的には、半導体に限定せず、金属、酸化物など広範な材料における不完全性の科学としての知見を確立し、社会的貢献することを目指す。