

## 【部門構成員】

教授：中嶋 一雄、 助教授：宇佐美 徳隆、 講師：佐崎 元、 助手：藤原 航三、野瀬 嘉太郎、  
COE フェロー：郡司 敦、 COE フェロー：大平 圭介、 その他（技術補佐員 1 名、 事務補佐員 1 名）

## 【研究成果】

高品質な太陽電池用結晶成長、多元系バルク単結晶成長、有機結晶の成長といった主要 3 テーマを主体に研究を進めた。第一のテーマに対して、組成分布を有する SiGe バルク多結晶を用いた太陽電池の研究では、バルク多結晶中の平均 Ge 組成が 5 % 程度で、Si バルク多結晶の太陽電池よりも 1.3 倍の高効率になることを、実験的に初めて実証した。この物理的理由を検討し、結晶中に分布している Ge-rich 領域により、光のパスが屈折を受け実効的なパスが長くなり吸収係数が増した効果に起因すると推論できた。一方、太陽電池結晶の本命である、Si バルク多結晶の高品質化の研究に対しては、1500℃の高温に耐える Si 融液からの Si 結晶成長のその場観察装置を開発し、世界で初めてファセット成長が見えるスケールで Si 結晶の融液からのその場観察に成功した。この観察により、Si バルク多結晶の結晶粒方位を一方向に整列させるためには、デンドライト成長のメカニズムを活用できることを見出し、結晶粒方位の制御を行える成長技術の開発に道を拓いた。このような、当研究室独自の高品質 Si バルク多結晶の結晶成長の研究は、太陽電池の今後の展開にとって核心的な研究であることが NEDO や企業で認識され、大きな期待を寄せられてきた。一方、Si 薄膜の液相エピタキシャル成長の研究過程で、Si 結晶ウェハーを有る温度、荷重、膜厚条件で、高温加圧加工すると、自在な形状の結晶が作製できることを見出した。しかも、この Si 結晶ウェハーは、太陽電池を作製できるに十分な品質を有しており、流線型の太陽電池や X 線の集光用レンズに応用できる可能性があり、今後大きな研究分野に発展させていける芽を見出した。第二のテーマに対しては、(110) 面の GaAs 種結晶を用いると、InGaAs バルク単結晶が得やすく、25% 近く InAs が入った InGaAs バルク単結晶でも、緩和層を介して成長できることを見出した。この技術は InGaAs バルク単結晶の成長技術の開発に大きな前進を与えた。第三のテーマに対しては、タンパク質分子に発光中心を持つ分子を付けることにより、タンパク質分子の動きを直接観察できる手法を開発した。この手法は、タンパク質結晶の成長メカニズムの解明に大きな進歩を与える重要技術として期待できる。

1. Pan W., Fujiwara K., Usami N., Ujihara T., Nakajima K., and Shimokawa R.  
Ge composition dependence of properties of solar cells based on multicrystalline SiGe with microscopic compositional distribution  
J. Appl. Phys., 96 (2004), 1238-1241.
2. Fujiwara K., Obinata Y., Ujihara T., Usami N., Sazaki G., and Nakajima K.  
Grain growth behaviors of polycrystalline silicon during melt growth processes  
J. Cryst. Growth, 266 (2004), 441-448.
3. Nakajima K., Fujiwara K., and Pan W.  
Wave-shaped Si crystal wafers obtained by plastic deformation and preparation of their solar cells  
Appl. Phys. Lett., 85 (2004), 5896-5898.

4. Azuma Y., Nishijima Y., Nakajima K., Usami N., Fujiwara K., and Ujihara T.  
Successful growth of an  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  ( $x>0.18$ ) single bulk crystal directly on a GaAs seed crystal with preferential orientation  
Jpn. J. Appl. Phys. 43 (2004), L907-L909.
5. Sazaki G., Matsui T., Tsukamoto K., Usami N., Ujihara T., Fujiwara K., and Nakajima K.  
In-situ observation of elementary growth steps on the surface of protein crystals by laser confocal microscopy  
J. Cryst. Growth, 262 (2004), 536-542

#### 【研究計画】

次の3つの主要テーマを主体に研究を進める。第一のテーマとして、クリーンエネルギー源として期待の高い太陽電池の高効率化のために、Si系バルク多結晶の高品質化の成長技術の研究・開発、極めて熱平衡に近い状態からのSi薄膜の液相エピタキシャル成長による高品質化の研究、Si結晶ミラーを用いた新しい高効率太陽電池システムの研究を行う。第二のテーマとして、全率固溶型の状態図を有するSiGe, InGaAsバルク単結晶の成長を研究し、格子定数を自由に制御できる新しい基板結晶の開発と機能性ヘテロ構造の創製を行う。第三のテーマとして、新しい半導体結晶として将来の発展が期待できる、有機半導体薄膜のエピタキシャル成長の基礎研究を行う。

第一のテーマに対しては、主にSiバルク多結晶の結晶粒方位、粒界性格、結晶粒サイズの制御技術を開発し、Siバルク単結晶を凌駕するSiバルク多結晶を実現し、世界の実用的な高効率太陽電池の開発研究をリードする。新しい高効率太陽電池用結晶として開発した、マイクロ分散的組成分布を有するSiGeバルク多結晶の高効率化メカニズムを解明し、薄型時代に適した太陽電池用結晶材料として実用化する。Si結晶ミラー太陽電池を用いた新太陽電池システムをベースに、Si太陽電池として世界で最高の特性を実現する。第二のテーマに対しては、均一組成を有するSiGeバルク単結晶を用いた基板を作製し、SiGe歪みヘテロ構造による高速電子デバイスを試作し、SiGeバルク単結晶基板の有用性を証明する。第三のテーマでは、有機半導体薄膜をエピタキシャル成長により単結晶化させる鍵を握る有機分子の配向整列に対して、配向整列に効果がある諸因子を見出し、エピタキシャル成長の可能性を現実のものとする。これらの研究を、今後5年間で実現し、目標を達成する。