～次世代半導体単結晶の超高速製造の実現～

一般募集区分
物質・物理科学分野

研究テーマ名：微小重力下におけるシリコンゲルマニウム結晶育成の研究(Hicari-II)
代表研究者：宇宙航空研究開発機構　荒井康智

背景、目的

- 混晶SiGe半導体はSi半導体に代わる高機能半導体結晶として着目されている。しかしながら組成の均質化と成長速度の高速化に課題が残されていた。本提案の先駆けとなるHicari実験では、前者に関して成長モデルが検証され、後者はその可能性が提示された。本提案では特に高速成長の解明に注力する。
- 本実験は、既に「きぼう」に設置されている温度勾配炉(GHF)を用いて、飽和溶融帯移動法(Traveling liquidus zone；TLZ法)*によりSiGe半導体単結晶を育成する。Hicari実験で観察された高速成長現象をより発展させ、結晶製造速度の超高速化を目指す。また、電子・光物性と結晶性との関連を解明することにより、地上での製造のベンチマークとなる物性を取得する。

* 溶融帯を種結晶と原料結晶の間に挟み、試料全体に温度勾配をかけることにより生じた溶融帯内部の濃度勾配により、定常的に原子を拡散させ、低温側の種結晶から目的組成結晶を育成する方法

成果の活用、目指すビジョン

本テーマは以下の各種デバイスへの貢献を目している.

- 高速電子デバイス用基板材料

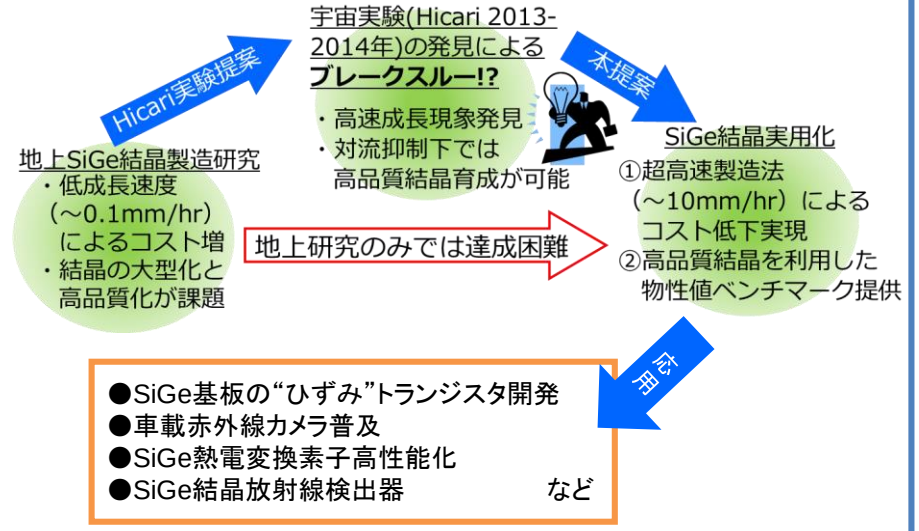
  トランジスタの高速化、省電力化の向上が期待される。

- 遠赤外線カメラ用高性能レンズ

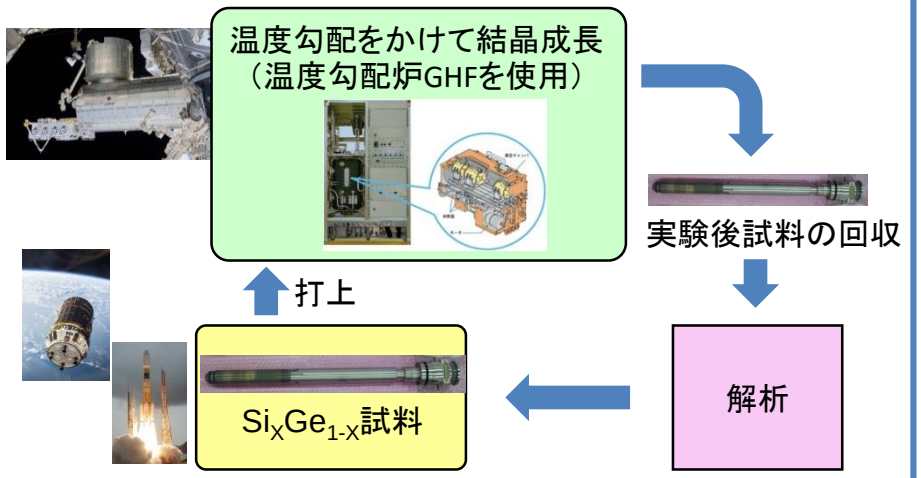
  火山監視など多用途な遠赤外線カメラ用レンズとして、より安価で組成による屈折率調整等が可能なテーラーメードレンズの製造が期待される。

研究概要

【プロジェクトの概要】



【きぼう実験の概要】



分野	物質・物理科学分野
テーマ名	微小重力下におけるシリコンゲルマニウム結晶育成の研究(Hicari-II)
代表研究者	国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構　　荒井康智
テーマ概要	混晶 SiGe 半導体は、高速電子デバイス、放射線検出素子、遠赤外線カメラ用レンズ等の広範な応用が期待されているが、均一組成化が難しく成長速度が 1mm/hr 以下と遅いことが実用に向けた弱点であった。本提案では、従来の結晶製造速度（約 0.1mm/hr）より 100 倍高速な 10mm/hr の超高速製造技術の確立、未解明の結晶電子物性測定などの実用に向けた課題克服を最終的な目標とする。 2013～2014 年に「きぼう」で実施した、飽和溶融帯移動(TLZ)法*を利用した $Si_{0.5}Ge_{0.5}$ 結晶成長実験(Hicari)では、2 次元 TLZ 成長モデルが検証されるとともに、対流抑制効果によって組成均一性が高い SiGe 結晶が育成できることが実証された。新しい現象として成長の初期段階では限界成長速度(0.1mm/hr)を超える 0.15～0.4mm/hr の高速成長が観察され、超高速製造の可能性が示されている。 本提案では、具体的には次の 2 つを目的とする。①高品質 Si_xGe_{1-x} 結晶の超高速製造法の提案、②高品質 Si_xGe_{1-x} 結晶育成とベンチマーク電子・光物性測定と結晶性との関連解明。 *溶融帯を種結晶と原料結晶の間に挟むゾーン成長法の一種。試料系全体に直線的な温度勾配をつけることで、融液ゾーン内に定常的な濃度勾配を形成させる。濃度勾配による原子拡散によりゾーンは自発的に移動し、低温側の種結晶から合金結晶が育成される。
成果の活用、目指すビジョン	SiGe 結晶は次世代半導体基板材料、赤外線レンズ材料、熱電変換素子、放射線検出器素子として期待されており、有害物を含まないことから環境親和性も高い。本提案の目的達成から高品質で大型 SiGe 結晶の高速育成が可能になり、次世代の高速・省電力電子デバイス開発、車載赤外線カメラの普及、微小エネルギー利用といった社会課題に大きく貢献する。