

【基盤研究(S)】

理工系 (総理工)



研究課題名 多機能融合・省電力エレクトロニクスのための Sn 系 IV 族半導体の工学基盤構築

名古屋大学・大学院工学研究科・教授 ざいま しげあき 財満 鎮明

研究課題番号: 26220605 研究者番号: 70158947

研究分野: 薄膜・表面界面物性

キーワード: 半導体物性、結晶工学、表面・界面物性、ゲルマニウム錫、エネルギーバンド

【研究の背景・目的】

シリコン (Si) 系半導体集積回路の応用分野の更なる広がりに伴って、益々の省電力化、高速化、多機能化が希求されている。本研究においては、新世代素子として注目されるトンネル電界効果トランジスタ (トンネル FET) や光電融合多機能デバイスのための、ゲルマニウム錫 (GeSn) や GeSiSn などの Sn 系 IV 族混晶薄膜の結晶成長技術および電子物性制御技術を開発する。また、デバイス作製に資する IV 族混晶の材料物性、IV 族混晶と絶縁膜または金属膜との界面物性の解明および制御を目指す。我々が世界に先駆けて研究開発してきた GeSn 結晶成長技術やプロセス技術を更に発展させ、GeSiSn 等の多元系 IV 族混晶薄膜におけるエネルギーバンド構造、結晶歪、欠陥構造、キャリア物性、光電相互作用などを包括的に解明し、物性制御の基盤技術を構築する。さらに、トンネル FET や光学デバイスの作製を試み、その電気的・光学的特性の解明に基づいて、Sn 系 IV 族半導体材料による Si 系ナノエレクトロニクスの飛躍的發展を目指す。

【研究の方法】

Sn 系 IV 族半導体材料のナノエレクトロニクス応用に向けて、以下の項目に示す研究を推進する。

(1) 結晶成長技術の構築: 分子線エピタキシー、化学気相成長法等による結晶成長技術を駆使して、高 Sn 組成と低キャリア密度を両立する高品質混晶形成技術を確認する。

(2) 結晶欠陥および歪構造解明: 電子デバイス応用に向けて GeSn、GeSiSn、GeSnC などの混晶層および各種界面の結晶欠陥および歪構造の制御技術を構築する。結晶層の局所歪構造マッピング、欠陥構造同定を進める。絶縁膜/半導体、金属/半導体界面遷移領域のナノ界面物性と各種構造やプロセス条

シリコンナノエレクトロニクス分野の新しいテクノロジートレンドに貢献



図1 Sn系IV族半導体技術が貢献する多機能・省電力デバイスの概念図。

件との相関を明確化する。

(3) 電子・光物性の解明: 直接遷移化を実現する高 Sn 組成混晶層を作製し、GeSn および GeSiSn 層などのキャリア物性、光吸収特性、発光特性等の解明により、Sn 系混晶薄膜のエネルギーバンド構造を明確化する。

(4) デバイス構築のためのプロセス技術開発: 電子、光電子デバイスの実現に資するドーピング制御、金属あるいは絶縁物/半導体構造の形成と界面制御技術を構築する。さらに、Sn 系混晶層上への高誘電率金属酸化物膜や金属電極形成を検証し、界面反応、電子物性および電気伝導特性の解明を進める。

(5) デバイス試作と動作特性評価: トンネル FET や光電融合デバイスのためのプロセス技術の構築とデバイス試作、および動作検証を進める。

【期待される成果と意義】

本研究によって、現代の情報化社会を支えている Si 系高移動度 CMOS 技術に新しい IV 族混晶材料である GeSn や GeSiSn などの融合が可能となり、IV 族半導体集積回路のさらなる省電力化、高速化、多機能化に向けた工学基盤を構築できる。さらに、これらの技術から、トンネル FET、直接遷移型 IV 族半導体光デバイス、光-電子機能融合デバイスなどの新しいナノエレクトロニクス技術の開拓を目指し、わが国の半導体工学分野やエレクトロニクス関連産業に貢献する。また、学術的観点からは、従来、IV 族半導体では不可能であった直接遷移型半導体の創成とエネルギーバンドエンジニアリングという、新しい興味深い材料科学の進展が期待される。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- ・ S. Zaima, "Technology Evolution for Silicon Nanoelectronics: Postscaling Technology", Jpn. J. Appl. Phys. **52**, 030001 (12 pages) (2013).
- ・ O. Nakatsuka, Y. Shimura, W. Takeuchi, N. Taoka, and S. Zaima, "Development of epitaxial growth technology for Ge_{1-x}Sn_x alloy and study of its properties for Ge nanoelectronics", Solid-State Electron. **83**, pp. 82-86 (2013).

【研究期間と研究経費】

平成 26 年度 - 30 年度
138,600 千円

【ホームページ等】

<http://alice.xtal.nagoya-u.ac.jp/groupiv/zaima@alice.xtal.nagoya-u.ac.jp>