

課題番号 : F-16-NU-0008  
 利用形態 : 機器利用  
 利用課題名(日本語) : 次世代半導体デバイスのための材料およびプロセス開発研究  
 Program Title (English) : Materials and Process Developments for Future Semiconductor Devices  
 利用者名(日本語) : 福田 雅大、黒澤 昌志  
 Username (English) : M. Fukuda, M. Kuroswa  
 所属名(日本語) : 名古屋大学大学院工学研究科  
 Affiliation (English) : Graduate School of Eng., Nagoya Univ.

## 1. 概要(Summary)

Si プラットフォーム上への光電素子融合の実現に向けて、既存の Si プロセスと親和性の高い IV 族元素を用いたレーザー素子が求められている。この発光素子の材料として GeSn が注目されている。近年、Sn 組成 12.6% の GeSn を用いた GeSn/Ge/Si 構造により、130 K においてレーザー発振が報告されているが[1]、室温でのレーザー発振は未だ達成されていない。室温でのレーザー発振には type-I 型のキャリア閉じ込め構造において、価電子帯端および伝導帯端のバンドオフセットは 0.026 eV 以上が必要とされる。理論計算から GeSn/GeSiSn ヘテロ構造は提案されているが[2]、GeSn/GeSiSn のバンド構造を実験的に評価した報告は少ない。そこで本研究では、GeSn/GeSiSn ヘテロ構造の価電子帯端のバンドオフセットを評価した。

## 2. 実験(Experimental)

### 【利用した主な装置】

X 線光電子分光(XPS)装置

### 【実験方法】

p 型 Ge(001)基板上に分子線エピタキシー法を用いて GeSiSn/GeSn/GeSiSn および GeSn/GeSiSn ヘテロ構造を作製した。紫外線光電子分光(UPS)法により価電子帯端位置を求め、GeSn に対する GeSiSn の価電子帯端のバンドオフセットを評価した。

## 3. 結果と考察(Results and Discussion)

UPS 法により測定した各試料の価電子帯スペクトルを Fig. 1 に示す。立ち上がり位置について最小二乗法を用いて直線近似を行ない、バックグラウンドとの交点を価電子帯端として評価した。GeSiSn および Ge の価電子帯端の結合エネルギーは  $\text{Ge}_{0.902}\text{Sn}_{0.098}$  と比べ増加してい

る。これは、 $\text{Ge}_{0.902}\text{Sn}_{0.098}$  の価電子帯端に比べ GeSiSn および Ge 価電子帯端が低エネルギー側に存在していることを示している。Fig. 1 の結果から見積もった価電子帯端のバンドオフセットの Si 組成依存性を Fig. 2 に示す。 $\text{Ge}_{0.902}\text{Sn}_{0.098}$  の価電子帯端位置を 0 eV とした。Si 組成が増加するにつれて、価電子帯端のバンドオフセットが増大することがわかる。特に Si 組成 50% の GeSiSn は  $\text{Ge}_{0.902}\text{Sn}_{0.098}$  とのオフセットが 0.33 eV と見積もられ、目標としていた 0.026 eV を大きく超えるキャリア閉じ込めに十分なバンドオフセットが得られた。

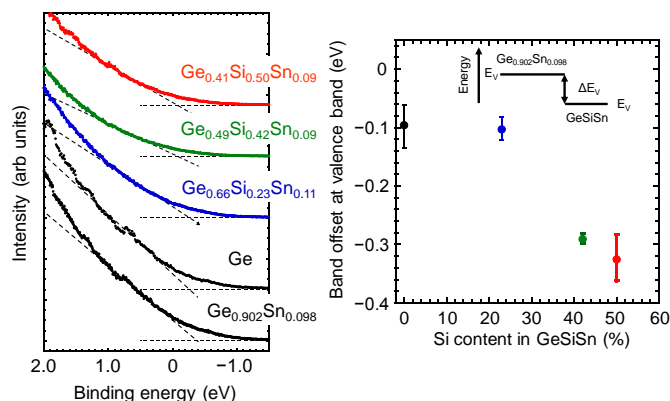


Fig. 1 Valence band spectra of the GeSiSn and GeSn layer obtained by UPS. Fig. 2 Valence band offset between  $\text{Ge}_{0.902}\text{Sn}_{0.098}$  and GeSiSn as a function of

## 4. その他・特記事項(Others)

・参考文献

- [1] D. Stange *et al.*, ACS Photonics **3**, 1279 (2016).  
 [2] G. Sun *et al.*, J. Appl. Phys. **108**, 033107 (2010).

## 5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

なし。

## 6. 関連特許(Patent)

なし。