

HEPES による $\text{Fe}_3\text{Si}/\text{Ge}$ ヘテロ構造の評価HEPES study of $\text{Fe}_3\text{Si}/\text{Ge}$ heterostructure東京都市大¹、九州大学²松本 宏哉¹, 山田 晋也², 笠原 健司², 浜屋 宏平², 澤野 憲太郎¹, 宮尾 正信², 野平 博司¹Tokyo City Univ.¹, Kyushu University³Hiroya Matsumoto¹, Shinya Yamada², Kenji Kasahara², Kohei Hamaya²,Kentarou Sawano¹, Masanobu Miyao², Hiroshi Nohira¹E-mail: hnohira@tcu.ac.jp

はじめに Si-Metal-Oxide-Semiconductor Field Effect Transistor (Si-MOSFET)のデバイスサイズを縮小することで、MOSFET の性能向上を図ることは、限界に達しつつあり、性能向上のために新しい材料や構造の導入が積極的に試みられている。その一つが、強磁性体を金属ソース/ドレイン電極に用いたスピンベースの Ge-チャネル MOSFET である。その材料として、格子整合が良く Ge 上にヘテロエピタキシャル成長が可能な強磁性体である鉄シリサイド (Fe_3Si , キュリー温度 570°C) が注目されている。デバイス応用の実現には、 Fe_3Si /半導体界面のフェルミレベルピンニング(FLP)[1]の起源の理解とそれに基づく制御が必要である。そのためには界面の化学的・物理的理解が重要である。そこで、今回、Ge(111)基板上への Fe_3Si ヘテロエピタキシャル成長温度の違いが界面の化学結合状態へ及ぼす影響を角度分解 X 線光電子分光法で評価したので、その結果を報告する。

実験方法 試料は、分子線エピタキシー(MBE)法により、Ge(111)基板上に基板温度室温および 300°C で Fe_3Si を 10nm 成長させたもの (以降それぞれを「室温成長」、「300°C 成長」と呼ぶ) である。これらの試料を SPring-8 の BL46XU ($h\nu = 7940\text{eV}$) で、Fe $2p_{3/2}$ 、Si $1s$ 、Ge $2p_{3/2}$ 内殻軌道からの光電子を脱出角 15° ~ 80° で測定 (硬 X 線光電子分光法) することで深さ方向の化学結合状態および組成分布を評価した。

結果 Fig. 1、2 に、室温成長と 300°C 成長の試料からの Fe $2p_{3/2}$ 、Si $1s$ および Ge $2p_{3/2}$ 光電子スペクトルを光電子の脱出角をパラメータに示す。ここで、Fig. 1 では酸化していない Fe_3Si からの Fe $2p_{3/2}$ と Si $1s$ の光電子強度、Fig. 2 では酸化していない Ge からの Ge $2p_{3/2}$ の光電子強度で、それぞれ光電子スペクトルを規格化した。なお、波形分離は、各化学結合状態の結合エネルギーとして文献値[2]を参照して行った。Fig. 1 から、成長温度によらず、 Fe_3Si からの信号に加えて、酸化した Fe と酸化した Si からの信号が観測されていることがわかる。Fig. 2(a)に示すように、室温成長の試料では、酸化した Ge からの信号が観測されず、一方、Fig. 2(c)に示すように、300°C 成長の試料では、酸化した Ge からの信号が観測された。室温成長と 300°C 成長の試料の構造の違いを

光電子強度比の脱出角依存性を用いて検討したところ、室温成長では急峻な $\text{Fe}_3\text{Si}/\text{Ge}$ 界面となっているが、300°C 成長では、成長中に Ge が Fe_3Si 中に拡散していることを見出した。これらは、これまでの XRD 測定、RBS 測定、および TEM 測定による「成長温度 60~200°C で Fe_3Si 相のみが形成されるが、300°C 以上では界面での原子混合が顕在化し、 Fe_3Si 相と異相(FeGe と FeSi)の混合層が形成される。」との報告[3]と矛盾しない。角度分解 X 線光電子分光結果の詳細な解析結果は、当日報告する。

文献

- [1] K. Kasahara, et al., Phys. Rev. B **84**, 205301 (2011).
- [2] John F. Moulder, et al., Handbook of X-ray Photoelectron Spectroscopy : ULVAC-PHI, Inc.
- [3] Y. Maeda, et al., Appl. Phys. Lett. **91**, 171910 (2007).

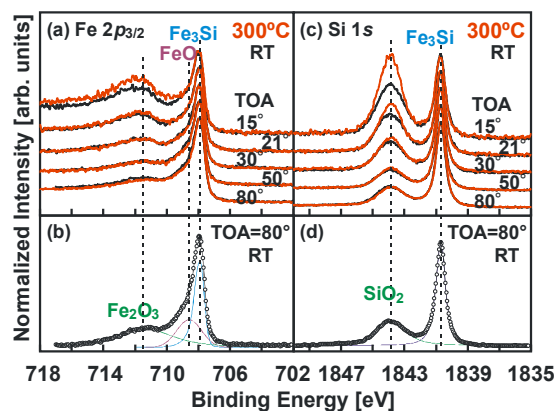


Fig. 1 (a), (b) Fe $2p_{3/2}$, and (c), (d) Si $1s$ photoelectron spectra arising from samples grown at RT and 300°, respectively.

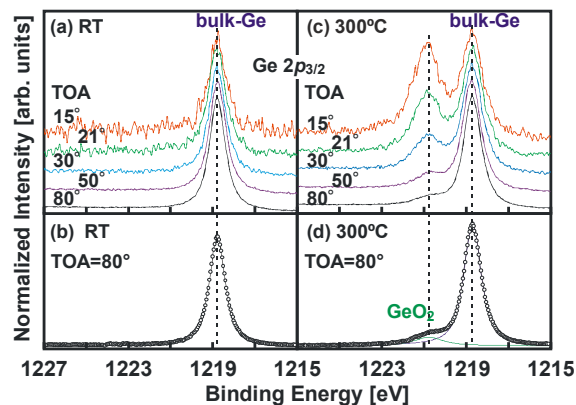


Fig. 2 Ge $2p_{3/2}$ photoelectron spectra arising from samples grown at (a), (b) RT and (c), (d) 300°C, respectively.