

液浸ラマン分光法で観測される高濃度 SiGe ラマンスペクトルの ブロードピークを利用した Ge 濃度定量

Determination of Ge Fraction using Broad Peaks in Raman spectra of SiGe with High Fraction using Oil-Immersion Raman Spectroscopy

○横川 凌^{1,2}、小原田 賢聖¹、吉岡 和俊¹、石原 聖也^{1,2}、臼田 宏治³、小椋 厚志¹、

(1. 明治大理工、2. 学振特別研究員 DC、3. 東芝メモリ(株))

°R. Yokogawa^{1,2}, M. Koharada¹, K. Yoshioka¹, S. Ishihara^{1,2}, K. Usuda³, and A. Ogura¹

(1. Meiji Univ. 2. JSPS Research Fellow DC 3. Toshiba Memory Corp.)

E-mail: r_yokogawa@meiji.ac.jp

【背景と目的】 SiGeはSiと比較して高いキャリア移動度を有し、また合金効果により熱伝導率が著しく低下することから次世代半導体および熱電デバイスへの応用が期待されている。これらのデバイスに適用するためには、熱伝導率や結晶性等の物性パラメータを最適化する必要があり、中でもGe濃度は格子定数や熱伝導率に直接影響するため高精度な評価が求められる。SiGeデバイス微小領域のGe濃度評価手法の一つとしてラマン分光法が挙げられ、以下の式とラマンシフト ω を測定することでGe濃度を見積もることが出来る。

$$\omega = \omega_0 + ax + b\epsilon_{||} \quad (1)$$

ここで、 ω_0 は無歪ラマンシフト、 a , b は濃度および面内の歪換算係数、 x はGe濃度、 $\epsilon_{||}$ は面内方向の歪係数である。しかし、式(1)は等方性二軸歪仮定のみ適用可能であり、複雑な歪が印加された極微細SiGeデバイスではラマンシフトを用いたGe濃度の定量を行うことが困難である。そこで我々は液浸ラマン分光法で観測される低波数側の特徴的な高濃度SiGeラマンスペクトルに生じるブロードピークに着目した[1]。本研究ではブロードピークの強度はGe濃度に強く依存していることを踏まえ、液浸ラマン分光法による新たなGe濃度評価について検討する。

【実験】 試料は (001)Ge 基板上にエピタキシャル成長させた歪 SiGe 薄膜(膜厚は 30-100 nm)を準備した。Ge 濃度は X 線光電子分光法により求めた。液浸ラマン分光法は、偏光配置 $z(x, x)\bar{z}$ で行い、Ge-Ge mode ラマンスペクトルと低波数側に生じるブロードピークを得た。液浸レンズの開口数、オイルの屈折率はそれぞれ 1.4、1.5 とし、また励起光源の波長、分光器の焦点距離はそれぞれ 532 nm, 2000 mm とした。ラマンスペクトル取得後に 2 ピークフィッティングを行い Ge-Ge mode とブロードのピーク高さ強度比($I_{\text{broad}}/I_{\text{Ge-Ge}}$)を算出した。

【結果・考察】 得られたラマンスペクトル (Ge-Ge mode) を図 1 に示す。どの試料でも Ge-Ge mode の低波数側にブロードピークが確認され、また Ge 濃度の増加に伴いブロードピークのスペクトル強度が減少し、明確な Ge 濃

度依存性が認められた。このブロードピークの起源は表面フォノンに依るものであり、高 Ge 濃度 SiGe における表面フォノンの局在領域は pure Ge と比べ比較的広範囲に渡ることが考えられる[2]。Ge-Ge mode とブロードピークから得たピーク強度比の Ge 濃度依存性を図 2 に示す。結果、ピーク強度比($I_{\text{broad}}/I_{\text{Ge-Ge}}$)と Ge 濃度は非常に良い相関があることが明らかになり、明確な直線関係であることが示唆された。この関係は膜中歪と独立で測定可能であり、歪測定が困難な試料の Ge 濃度評価に有用である。以上より、本手法はブロードピークを用いたピーク強度比に着目することでラマン分光法による新たな SiGe の Ge 濃度の高精度評価が可能であると考えている。

【謝辞】 本研究の一部は JSPS 科研費 (17J08240)の補助を受けたものである。

[1] 武内 一真 他, 第 77 回応用物理学会秋季学術講演会講演予稿集, 15p-B2-4, (2016).

[2] K. Takeuchi *et al.*, Appl. Phys. Express **9**, 071301 (2016).

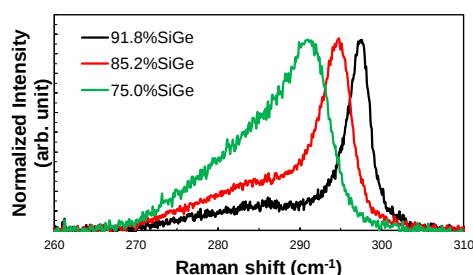


Fig. 1 Raman spectra (Ge-Ge mode) obtained in the $z(x, x)\bar{z}$ configurations for 75.0, 85.2, and 91.8% SiGe thin films.

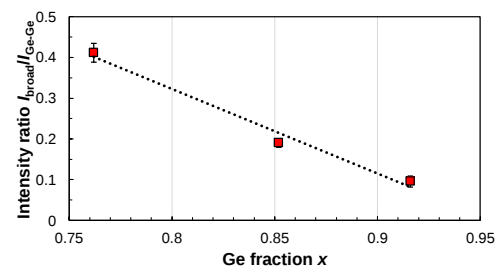


Fig. 2 Relationship between Ge fraction and intensity ratio ($I_{\text{broad}}/I_{\text{Ge-Ge}}$).