高 Ge 濃度 SiGe におけるフォノン変形ポテンシャルの導出

Investigation of Phonon Deformation Potentials in SiGe with High Ge Concentration

明治大理工 [1]、産総研 GNC[2]、学振特別研究員 DC[3]
°武内　一真 [1]、小瀬村　大亮 [1]、山本　章太郎 [1]、富田　基裕 [1,3]、
臼田　宏治 [2]、小椋　厚志 [1]
Meiji Univ. [1], AIST-GNC[2], JSPS Research Fellow DC[3]
°K. Takeuchi[1], D. Kosemura[1], S. Yamamoto[1], M. Tomita[1,3], K. Usuda[2], and A. Ogura[1]
E-mail: ee11149@meiji.ac.jp

背景と目的：Si に比べて高移動度である SiGe は次世代チャネル材料として期待されている。また、歪技術が SiGe チャネル材料においても有効であることから、正確な応力評価が望まれる。ラマン分光法を用いた応力評価には、３つのフォノン変形ポテンシャル(PDPs)のうち少なくとも p, q の値が必要になる。我々はこれまでに、液浸ラマン分光法の LO/TO モード励起を利用して、Si および低 Ge 濃度 SiGe の正確な前記 p, q の値を導出してきた[1]。全 Ge 濃度に渡る SiGe の PDPs を得るために、本研究では液浸ラマン分光法を用いて高 Ge 濃度 SiGe の PDPs の導出を試みた。

実験：試料は(001)Ge 基板上に SiGe をエピタキシャル成長させたものを用いた。X 線光電子分光法で求めた Ge 濃度はそれぞれ 92, 85, および 76%である。SiGe 膜厚は 35–100 nm である。液浸ラマン分光法における液浸レンズの開口数、媒質の屈折率はそれぞれ 1.4、1.5 とした。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 である。PDPs を下記式に代入することにより、面内歪係数が得られる。

$$\Delta\omega = \frac{1}{\omega_0}\left[\frac{S_{12}}{S_{11}+S_{12}}\cdot p + q\right]\times\varepsilon_{||} = b\times\varepsilon_{||}$$

ここで、$\Delta\omega$, ω_0, $\varepsilon_{||}$, S_{11}, S_{12} はそれぞれラマン波数シフト、無歪 SiGe のラマンシフト、面内歪、弾性コンプライアンス定数である。さらに、X 線回折法(XRD)を行い(004)回折を測定して、各濃度の 2 軸ポアソン比（–0.745– –0.741）を用いて面内歪を計算した。用いた X 線波長は 0.123981 nm である。

結果と考察：図 1 (a)に XRD で得られた各試料の (004)回折を示す。この結果から 92, 85, 76%SiGe 試料の面内歪はそれぞれ 0.27, 0.60, 0.99%が得られた。図 1 (b)に Ge 濃度 76% SiGe の LO および TO モードのラマンスペクトルを示す。得られた各モードのラマン波数シフトおよび XRD によって得られた面内、面外歪から各 Ge 濃度における PDPs を導出した(図２)。無歪 Ge のピーク位置は文献[2]を参照した。結果、PDPs の明確な Ge 濃度依存が示され、無歪 SiGe の振動数に対するフォノン振動数の変化率が Ge 濃度によって異なり、高 Ge 濃度試料ほど、PDPs が減少する事が示された。本研究により高 Ge 濃度 SiGe の PDPs を初めて明らかにした。

高輝度光科学研究センターの廣沢一郎様に XRD 測定についてご助力頂いた。本研究の一部は、科研費基盤研究 B(24360125)と最先端研究開発支援プログラムの補助を受けて行われた。

[1] D. Kosemura *et al.*, Appl. Phys. Express **5** (2012) 111301. [2] J. C. Tsang *et al.*, J. Appl. Phys. **75** (1994) 8098.

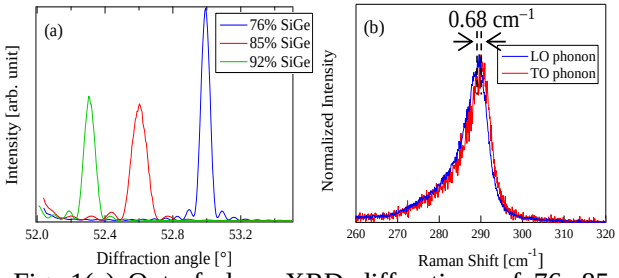

Fig. 1(a) Out-of-plane XRD diffractions of 76, 85 and 92% SiGe (b) Raman spectra from 76% SiGe

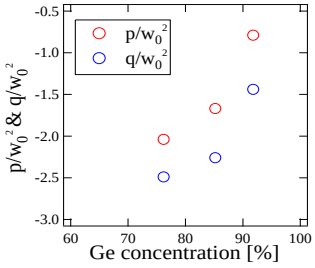

Fig. 2 Dependence of SiGe PDPs on Ge concentration

© 2015年 応用物理学会