

P デルタドーピングした Ge 基板の 3 次元アトムプローブ評価

Delta-Doped Phosphorus on Germanium Studied by 3D Atom Probe

○清水 康雄¹, 山田 道洋², 韓 斌¹, 涂 远¹, 澤野 憲太郎³, 植松 真司²,伊藤 公平², 井上 耕治¹, 永井 康介¹ (1. 東北大金研、2. 慶大理工、3. 東京都市大)○Yasuo Shimizu¹, Michihiro Yamada², Bin Han¹, Yuan Tu¹, Kentarou Sawano³, Masashi Uematsu²,Kohei M. Itoh², Koji Inoue¹, and Yasuyoshi Nagai¹ (1.IMR Tohoku Univ., 2.Keio Univ., 3.Tokyo City Univ.)

E-mail: yshimizu@imr.tohoku.ac.jp

背景: ゲルマニウム (Ge) は次世代半導体デバイス材料として注目されている. 我々は n 型 Ge への低抵抗極浅オーミック電極形成を念頭に, デルタドーピング法の確立を目指している. 我々は先行研究において, リン (P) のデルタドーピング前に炭素 (C) を導入することで表面への偏析が大幅に抑制され, 急峻な P 濃度分布が得られることを明らかにした[1]. これまで深さ濃度分布を二次イオン質量分析法を用いて検証してきたが, 本研究では, それと同等の試料に対し, 元素の空間分布を原子スケールで調べるのが可能な 3 次元アトムプローブ (3D-AP) 法[2]を適用して, デルタドーピング層近傍における原子の振る舞いを評価した.

実験: 固体ソース分子線エピタキシー法を用いて, Ge(111)基板上に各温度 300, 400 °C で P のデルタドーピング, 続いて Ge エピ層成長を行った. その際, 各基板上に Ge 緩衝層無/有の試料を用意した. Fig. 1(a) に示す通り, 3D-AP 評価を適用するため, 室温にて Ge キャップ層を成膜し, 走査電子顕微鏡付き集束イオンビーム (FEI 社製, Helios Nanolab 600i) で針状に加工し, 3D-AP (Cameca 社製, LEAP4000XHR) で 3 次元の元素分布評価を実施した.

結果: Fig. 1(b) に Ge, C, P, GeO の 3 次元マップを, Fig. 1(c) にデルタ P と C の共存層, 単独デルタ P 層, 単独 C 層における質量スペクトルを示す. Ge 基板直上では, 炭素が主な不純物であることが分かった. また, Ge 緩衝層無/有の場合で P_3^+ ピーク [Fig. 1(c), (i)/(ii)] 無/有の差が見られたが, 炭素の存在が P 分布に影響を与えているものと示唆される. 本講演では, 各デルタ層における面内分布も併せて報告する.

謝辞: 本研究の一部は, 科学研究費補助金 (No. 26289097, 15H05413) の支援を得て実施した.

参考文献: [1] 山田ら, 第 61 回応用物理学会春季学術講演会 18p-F6-6 (2014). [2] Y. Shimizu *et al.*, *J. Appl. Phys.* **113**, 026101 (2013).

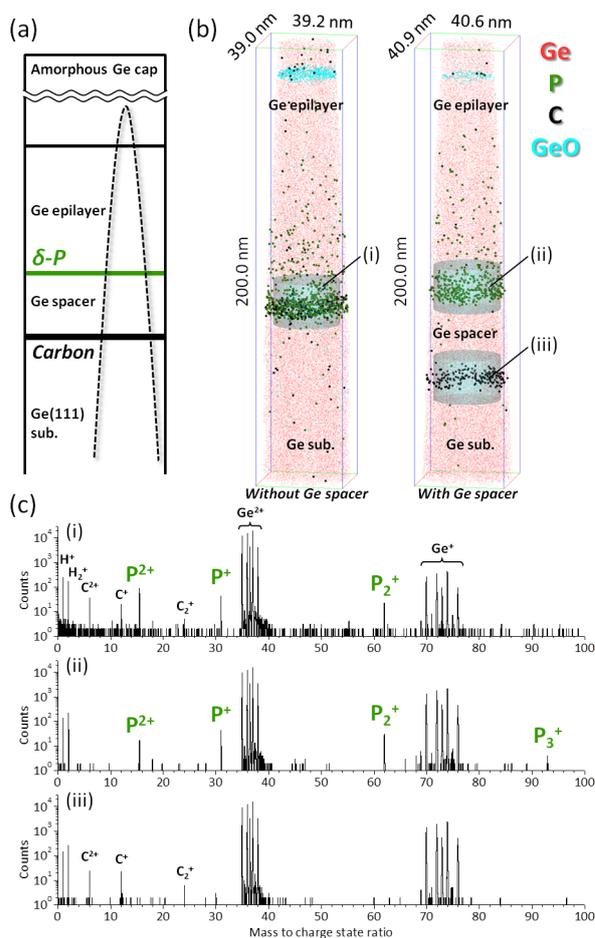


Fig. 1: (a) Schematic illustration of layer structure (with Ge spacer) and needle specimen position for APT analysis. (b) Atom maps of Ge, P, C, and GeO of samples without (left) and with (right) Ge spacer at 300 °C growth. (c) Mass spectra of the volume of 30 nmφ×20 nm around (i) both δ-P and carbon, (ii) δ-P, and (iii) carbon layer displayed in (b).