

19p-PG3-17

3次元アトムプローブ法を用いた分子ドーピング形成によるシリコン表面上のリンと不純物原子の挙動評価

Behavior of Phosphorous and Impurities from Molecular Doping on Silicon Studied by Atom Probe Tomography

東北大金研¹, 東京都市大², Laboratorio MDM, CNR-IMM³, Università di Milano Bicocca⁴

○清水 康雄¹, 高見澤 悠¹, 井上 耕治¹, 矢野 史子^{1,2}, 永井 康介¹, Luca Lamagna³, Giovanni Mazzeo^{3,4}, Michele Perego³, and Enrico Prati³

IMR Tohoku Univ.¹, Tokyo City Univ.², Laboratorio MDM, CNR-IMM³, Università di Milano Bicocca⁴

○Y. Shimizu¹, H. Takamizawa¹, K. Inoue¹, F. Yano^{1,2}, Y. Nagai¹, L. Lamagna³, G. Mazzeo^{3,4}, M. Perego³, and E. Prati³

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

背景：将来の微細半導体デバイスには高精度なドーパント位置制御が要求される．その候補に単原子層ドーピング法が注目され，*n*型接合形成には diethyl 1-propylphosphonate (DPP) 分子を用いたリン (P) の新しいドーピング方法が開発されている [1]．この方法では，試料表面に単原子層の DPP 分子を自己形成させ，急速熱処理により，効率良く P を拡散させて結晶サイトに導入できる．しかし，試料最表面にのみに添加されるため，深さ方向の精度が高い評価法として知られる二次イオン質量分析 (SIMS) でさえ，分析中のミキシング効果や測定初期段階におけるアーティファクトを完全に除くことができず，表面近傍における濃度の定量性を示すデータが不足していた．本研究では，3次元アトムプローブ (APT) 法を適用して，シリコン (Si) 表面近傍の P 原子及び分子ドーピング法に伴う不純物原子の挙動 (炭素 (C) 及び酸素 (O)) を調べた [2]．
実験：Si(100) 基板上に DPP 分子を用いて P 添加し，800 – 1025 °C で急速熱処理 (5 秒) した試料を用意した (Fig. 1(a) 参照)．APT 測定の針状試料作製のために，Si 表面上に集束イオンビーム直接蒸着 (FIBDD) 法で保護膜を形成した [3]．FIBDD 法は数 μm^2 程度の保護膜形成方法であり，微小な測定領域である APT を適用するためのダメージのない表面保護膜形成法として別実験で実証済である [4]．SIMS 評価および APT (LEAP4000XHR, Ametek) による分布評価を実施した．

結果：Fig. 1(b) に熱処理温度 1025 °C における P, C, O のアトムマップを示す．熱処理で P 原子の拡散が進行している一方，C, O は表面近傍で留まっている様子が観察されている．つまり，表面近傍に P のみを添加する場合，熱処理で P 拡散を起こし，表面層 2–3 nm を処理することで，C, O の不純物原子を取り除けばよいことが分かった．本講演会では，APT 法を用いることで，SIMS 特有のアーティファクトの影響を受けず，表面近傍の濃度分布を精度良く得られることを示す．

謝辞：本研究は，科学研究費補助金 (No. 24760246) の支援を得て実施しました．

参考文献：

- [1] J. C. Ho *et al.*, Nat. Mater. 7 (2008) 62; Nano Lett. 9 (2009) 725.
- [2] Y. Shimizu *et al.*, Nanoscale 6 (2014) 706.
- [3] S. Nagamachi *et al.*, J. Vac. Sci. Technol. B 16 (1998) 2515.
- [4] H. Takamizawa *et al.*, Appl. Phys. Lett. 100 (2012) 093502.

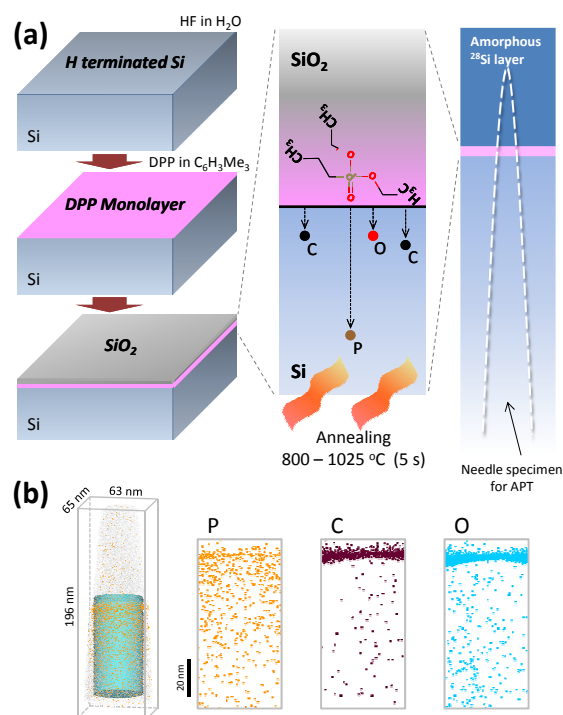


Fig. 1: (a) Sample preparation by molecular doping and needle-shaped specimen position for APT. (b) P, C, and O distributions in the samples spike-annealed at 1025 °C.