

リン酸溶液中レーザドーピングにおける Ge 基板面方位の効果

Effects of Ge substrate orientation on laser doping in phosphoric acid solution

¹ 名大院工, ² 学振特別研究員 (PD), ³ 九大院シス情, ⁴ 学振特別研究員 (DC), ⁵ 名大エコトピア
 ○高橋恒太¹, 黒澤昌志^{1,2}, 池上浩³, 柴山茂久^{1,4}, 坂下満男¹, 竹内和歌奈¹, 中塚理¹, 財満鎮明^{1,5}

¹ Grad. Sch. of Eng., Nagoya Univ., ² JSPS Research Fellow (PD), ³ Grad. Sch. of ISEE, Kyushu Univ.,

⁴ JSPS Research Fellow (DC), ⁵ EcoTopia Science Institute, Nagoya Univ.

○K. Takahashi¹, M. Kurosawa^{1,2}, H. Ikenoue³, S. Shibayama^{1,4}, M. Sakashita¹, W. Takeuchi¹,
 O. Nakatsuka¹, and S. Zaima^{1,5}

E-mail: kurosawa@alice.xtal.nagoya-u.ac.jp

[はじめに] フレキシビリティに優れるシステムオンパネルの実現に向け、Si に比べ移動度の高い Ge をチャネルとした薄膜トランジスタ (TFT) が注目されている[1]。Ge n-TFT の高性能化には、高品質なソース/ドレイン形成のドーピング技術が重要である。これまでに、Sb 含有スピノングラスを用いた固相拡散法[2]や TBAs 有機原料を用いた気相拡散法[3]による *n* 型ドーピングが報告されている。これらの手法は高品質な *pn* 接合を形成できる一方、600℃以上の熱処理を伴うためプラスチックなどの軟化温度の低い基板には適用できない。上記背景のもと、我々は、基板極表面のみの加熱が可能なリン酸溶液中レーザドーピング法を検討している[4]。今回、多結晶 Ge へのドーピングを念頭に、様々な面方位を有する Ge 基板に対しレーザドーピングを行い、*pn* 接合の電気的特性、レーザドーピング後の表面ラフニングを調査したので報告する。

[実験方法] Fig. 1 にリン酸溶液中レーザドーピングの模式図を示す。本研究では、*p* 型 Ge(001)、Ge(110)、および Ge(111)基板を用いた。各 Ge 基板はそれぞれ、 1.5×10^{15} 、 2×10^{16} 、および $1 \sim 6 \times 10^{14} \text{ cm}^{-3}$ の Ga を含む。各 Ge 基板を室温のリン酸溶液 (濃度: 85%) に浸し、その表面に KrF レーザ (波長: 248 nm, パルス幅: 55 ns, ビームサイズ: $350 \times 350 \mu\text{m}^2$, 照射エネルギー密度(E): 1.0 J/cm^2) を 1000 回照射し Ge 中へのリンのドーピングを行った。

[実験結果] 代表として、本手法により Ge(001)基板上に形成した *pn* 接合の電流-電圧特性および逆方向電流密度の測定温度依存性を Fig. 2 に示す。On/Off 比がおよそ 10^4 、理想因子 $n=1.1$ の整流特性が得られており、逆方向電流の活性化エネルギーは 0.37 eV と Ge のバンドギャップ (0.67 eV) のほぼ半分 の値であった。これまで報告された従来のドーピング法と同等の品質が得られることを示す重要な結果である。

レーザドーピング後の各 Ge 基板表面の走査型電子顕微鏡 (SEM) 像を Fig. 3 に示す。興味深いことに Ge(110)基板では、Ge(001)および Ge(111)基板で生じる大きな表面凹凸がほとんど見られない。当日の講演では、面方位によりなぜこのような違いが生じるのかを議論すると共に、平坦な表面が得られた Ge(110)の活性化率の深さ依存性等を議論する。

[1] T. Sadoh *et al.*, Electrochem. Solid-State Lett. **14**, H274 (2011).

[2] T. Maeda *et al.*, Appl. Phys. Express **3**, 061301 (2010).

[3] M. Takenaka *et al.*, Opt. Express **20**, 8718 (2012).

[4] 高橋ら, 2014 秋応物, 18a-A19-4.

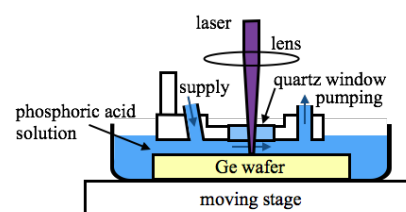


Fig. 1 Schematic illustration of laser doping in phosphoric acid.

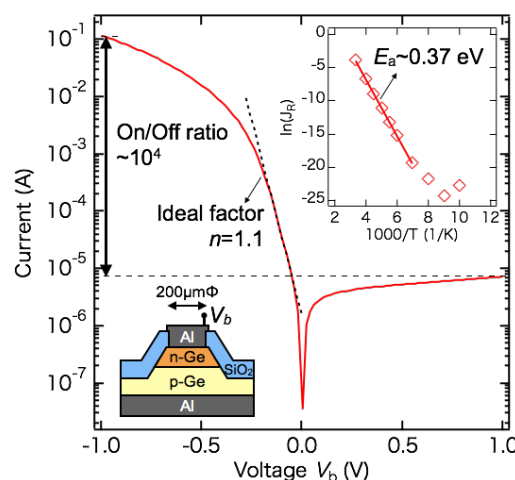


Fig. 2 *I-V* characteristics of *pn* diode on Ge(001) wafer fabricated by the laser doping in phosphoric acid. The laser energy (E) was 1.0 J/cm^2 . The number of pulse shots (N) was 1000. Inset shows the temperature dependences of the reverse current density at $V_b=0.5 \text{ V}$.

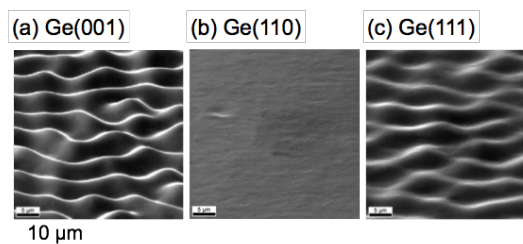


Fig. 3 SEM images of various orientation Ge wafer surface after the laser doping in phosphorus acid ($E=1.0 \text{ J/cm}^2$, $N=1000$ shots). The tilt angle of the SEM images is 68° .