

リン酸溶液中レーザードーピングによる Ge ダイオードの低温形成

Low-temperature formation of Ge diodes fabricated by laser doping in phosphoric acid

¹名古屋大院工、²学振特別研究員 (PD)、³九大院シス情

○高橋恒太¹、黒澤昌志^{1,2}、池上浩³、坂下満男¹、竹内和歌奈¹、中塚理¹、財満鎮明¹

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

○K. Takahashi¹, M. Kurosawa^{1,2}, H. Ikenoue³, M. Sakashita¹, W. Takeuchi, O. Nakatsuka¹, and S. Zaima¹

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

[はじめに] Ge は Si に比べ高いホール移動度と電子移動度を有しているため、3次元積層 CMOS 回路のチャネル材料として期待されている。Ge n-MOSFET の高性能化には、高品質なソース/ドレインの形成が重要である。これまでに、Sb 含有スピノングラスを用いた固相拡散法 (700°C、60 min) [1] や TBAs 有機原料を用いた気相拡散法 (600°C、60 min) [2] による n⁺ドーピングが報告されている。これらの手法を用いれば高品質な n⁺p 接合が形成できる一方、被ドーピング層を基板ともども長時間、高温にさらすため、下層の BEOL 配線への熱ダメージは避けられない。本課題を解決すべく、新たな n ドーピング技術として「リン酸溶液中でのレーザードーピング」を検討したので報告する。

[実験方法] Fig. 1 にリン酸中レーザードーピングの概略図を示す。本研究で用いた基板は $1.5 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ の Ga を含む p-Ge(001) ウェハである。基板表面にスパッタリング法により膜厚 100 nm の SiO₂ 層を成膜後、リソグラフィ法により被ドーピング箇所 (200 μm φ) を開口した。本試料を室温のリン酸 (濃度: 85%) 中にて、KrF レーザ (波長: 248 nm、パルス幅: 55 ns、ビームサイズ: 350 × 350 μm²、照射エネルギー密度 (E): 1.0~2.6 J/cm²、温度: 室温) を 1 回照射し、Ge 中へのリンのドーピングを促した。

[結果および考察] 二次イオン質量分析 (SIMS) 法により評価したドーピング後のリン濃度の深さ分布を Fig. 2 に示す。レーザーエネルギー密度の増大に伴い、ドーピング深さ及びリン濃度が増加することが判明した。E=2.6 J/cm² における Ge 表面近く (~100 nm) のリン濃度は、900°C における Ge のリン固溶限 ($2 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$) に漸近する。また、光学顕微鏡像から表面凹凸が観測された。これらの結果は、高エネルギーレーザー照射による Ge 表面の溶融を示唆している。

レーザードーピングによって形成した n/p 接合の電流-電圧特性を Fig. 3 に示す。真空蒸着した Al を電極とした。レーザー照射を行わなかった試料においては、オーミック特性が得られる (図中◇)。一方、E=1.0 J/cm² のレーザードーピングを施した試料においては、逆方向電流が 2 桁減少し (図中○)、Ge pn ダイオードの低温形成を実証できた。

[1] T. Maeda *et al.*, APEX **3**, 061301 (2010).

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

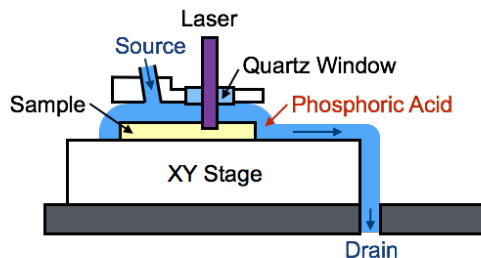


Fig. 1 Schematic illustration of laser doping in phosphoric acid.

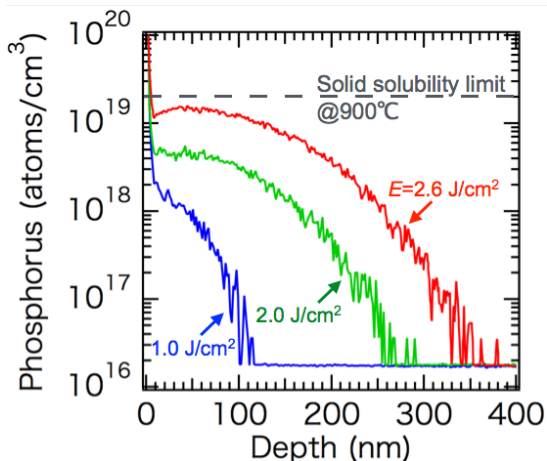


Fig. 2 SIMS depth profiles of phosphorus after the laser doping in phosphoric acid (laser energy: 1.0, 2.0, and 2.6 J/cm²).

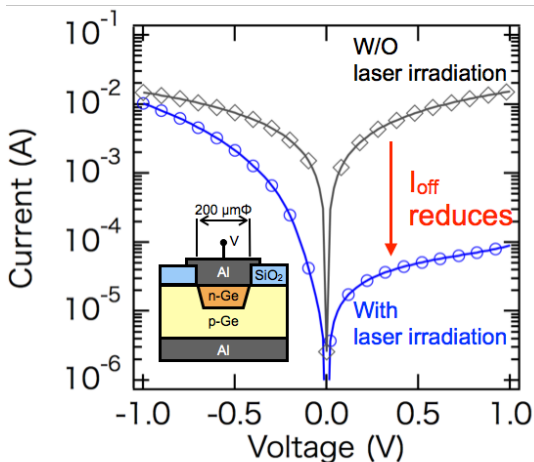


Fig. 3 I-V characteristics of n/p diode fabricated by the laser doping in phosphoric acid. The laser energy was 1.0 J/cm².