

ゲルマニウムへの低温 As⁺イオン注入による活性化率向上Improvement of As Activation in Ge with As⁺ Ion Implantation at Low Temperature○小野 貴寛¹, 大田 晃生¹, 花房 宏明¹, 村上 秀樹¹, 東 清一郎¹, 宮崎 誠一²¹広島大学 大学院先端物質科学研究科, ²名古屋大学 大学院工学研究科○Takahiro Ono¹, Akio Ohta¹, Hiroaki Hanafusa¹, Hideki Murakami¹, Seiichiro Higashi¹, and Seiichi Miyazaki²¹Grad. School of AdSM, Hiroshima Univ., ²Grad. School of Eng., Nagoya Univ.

E-mail: semicon@hiroshima-u.ac.jp

序>高濃度 As⁺イオン注入した Ge において、As クラスタ生成の抑制と活性化率の向上が求められている [1, 2]。これまでに、As⁺イオン注入時の Ge 基板加熱の As 活性化への影響を調べた結果、基板温度の上昇に伴い活性化率が低下する傾向あることがわかった [3]。そこで、本研究では、室温(RT)から -50°C まで冷却した Ge 基板へ As⁺イオン注入を行い、基板冷却の As 活性化に対する有効性を検証した。

実験>化学溶液洗浄した p-Ge(100)基板(抵抗率: 0.32-0.34 Ω·cm)上に、厚さ~7nmの SiO₂を RF スパッタで堆積した。次に、Ge 基板温度を室温(RT)、-10°C、-50°C に保持し、加速電圧 10keV、ドーズ量 1x10¹⁵ cm⁻² で As イオンを SiO₂ 越しに注入した。TRIM シミュレーション [4] を行った結果、この条件でのプロジェクションレンジは Ge 表面から ~1nm と見積もられた。基板温度の変化により、イオン注入量およびプロファイルが変化しないことは、硬 X 線光電子分光分析(実効検出深さ: ~30nm) により確認している。イオン注入後の活性化熱処理は、窒素雰囲気中、600°C で 30 分間一定にした。

結果及び考察>600°C 活性化熱処理後のシート抵抗を、注入時の基板温度に対してプロットした結果を Fig. 1 に示す。シート抵抗は、基板温度の低下に伴い顕著に減少し、-50°C において ~20 Ω/sq が得られた。Fig. 2 にラマン散乱分光法によりイオン注入直後の結晶性を評価した結果を示す。室温イオン注入した試料では、非晶質化相に特有のブロードな TO フォノン信号(~275cm⁻¹)に加えて、結晶相のシャープな TO フォノン信号(~300cm⁻¹)が明瞭に観測される。これに対して、-50°C に基板冷却してイオン注入した試料は、結晶相の TO フォノン信号(~300cm⁻¹)が顕著に低下し、非晶質化相からの信号が支配的となっていることが分かる。Fig. 2 の結果は、基板冷却によってイオン注入時の自己結晶回復が抑制され、アモルファス化が助長されたことを示している。分光エリプソメトリ測定において、SiO₂/a-Ge/c-Ge の 3 層構造を仮定し a-Ge 層厚を評価した結果(Fig. 3)、RT から -50°C に基板を冷却することでアモルファス層厚が ~14nm から ~17nm に増加していることが分かった。これらの結果から、Si での報告 [5] と同様に、基板冷却によってイオン注入中のアモルファス化がより均一に進行し、活性化熱処理時に高品質な再結晶化が生じることで、As の活性化が向上したと解釈できる。

謝辞>本研究の一部は、広島大学 ナノデバイス・バイオ融合科学研究科で行われた。また、HAXPES 測定は、SPring-8 にて一般課題(課題番号 2013A1696/BL47XU)の支援を受けた。

文献> [1] C. O. Chui et al., Appl. Phys. Lett., **87** (2005) 091909. [2] M. Koike et al., J. Appl. Phys., **104** (2008) 023523. [3] 小野 他, 平成 25 年春季 第 60 回応用物理学会関係連合講演会 28p-G6-8, 13-129. [4] J. F. Ziegler et al., The Stopping and Range of Ions in Solid, (1985). [5] M. Takakura et al., Jpn. J. Appl. Phys., **30** (1991) 3627.

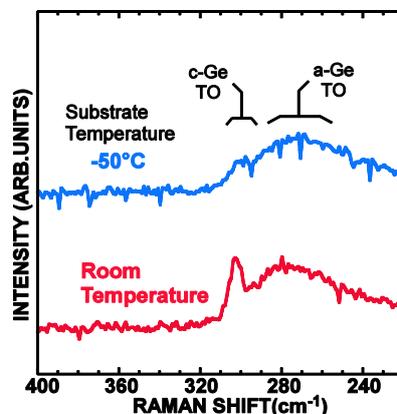


Fig. 2 Raman scattering spectra taken for 7nm-thick SiO₂/Ge structure just after As⁺ implantation at room temperature (RT) and -50°C.

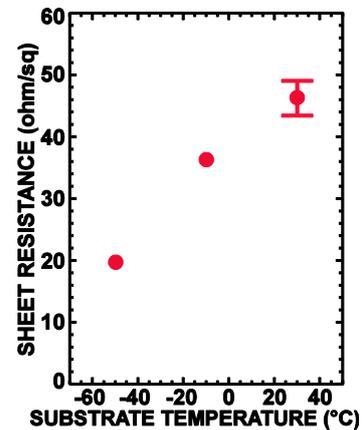


Fig. 1 Substrate temperature dependence of the sheet resistance measured after activation annealing at 600°C for 30min.

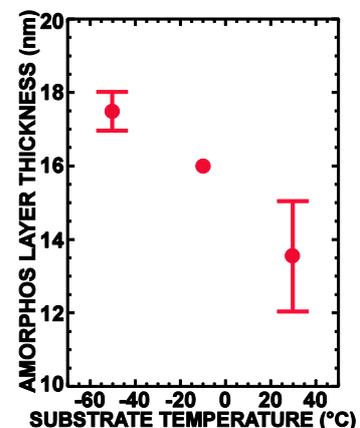


Fig. 3 The thicknesses of the amorphous Ge layers formed by As⁺ ion implantation at different substrate temperatures.