

シリコン・炭素系混合分子イオン注入誘起拡張欠陥の熱処理挙動 Thermal Shrinkage Behavior of Extended Defects Formed in Silicon Hydride and Hydrocarbon Hybrid-Molecular-Ion-Implanted Silicon Epitaxial Wafer

株式会社 SUMCO °鈴木 陽洋, 奥山 亮輔, 門野 武, 小林 弘治, 廣瀬 諒, 柗田 亜由美, 古賀 祥泰, 栗田 一成

SUMCO CORPORATION °Akihiro Suzuki, Ryosuke Okuyama, Takeshi Kadono, Koji Kobayashi, Ryo Hirose, Ayumi Masada, Yoshihiro Koga, and Kazunari Kurita
E-mail: asuzuki1@sumcosi.com

1. はじめに

我々は最先端 CMOS イメージセンサに向けて、炭化水素系分子イオンの注入により不純物ゲッタリング能力を付与した Si ウェーハの製品開発[1]を行っており、近年は新たなゲッタリング能力付与技術として、混合分子イオン注入技術の開発を進めている[2]。混合分子イオンは、1つの有機原料ガスのイオン化によって得られる、互いに質量数の近い複数の分子イオンの混合物である。これまでに、ジエチルシラン($\text{SiH}_2(\text{C}_2\text{H}_5)_2$)から発生させた SiH_x ($x=1\sim3$) 及び C_2H_y ($y=4\sim5$) 分子イオンを Si 基板に同時に注入することにより、重金属を捕獲できる C_xSi_y 析出物及び拡張欠陥を形成できることを見出した[2]。また、 SiH_x 及び C_2H_y 分子イオンの注入量比に応じて、発生する拡張欠陥の密度が異なり、ひいては重金属ゲッタリング能力を決定づけることがわかっている[3]。従来の単元素イオン注入によってできる拡張欠陥は、主に部分転位ループ(FDL)及び完全転位ループ(PDL)に分類される[4]。先行研究で、鉄と銅に対する FDL 及び PDL のゲッタリング能力の優劣が報告されている[5]ため、混合分子イオン注入 Si ウェーハにおいて発生し得る拡張欠陥の形態の把握と、発生メカニズム及び熱処理挙動の解明が重要である。しかし、混合分子イオン注入技術自体が新規技術であるため、混合分子イオンを注入した Si 基板に存在する拡張欠陥の特性は、殆ど解明されていない。今回は、 SiH & CH 系混合分子イオン注入エピタキシャル Si ウェーハにおける拡張欠陥の特性の解明に向け、欠陥の形態と加熱中の収縮挙動を詳しく調べた。

2. 実験方法

p 型 Si(001)基板に、 SiH_x 及び C_2H_y イオンから成る混合分子イオンを、加速エネルギーを 80 keV として注入した。 SiH_x イオン及び C_2H_y イオンのドーズ量は、それぞれ 4.86×10^{14} 及び 7.0×10^{12} ions/cm² とした。イオン注入後、厚さが 5 μm のエピタキシャル層を 1100 °C にて成長させた。ここまでの工程で作製した混合分子イオン注入 Si ウェーハにおける拡張欠陥の形態及び熱処理挙動を調べるため、平面 TEM 法による静止観察及び、1000 及び 1050、1100 °C での加熱を施しながらの動画観察を実施した。

3. 実験結果

Fig. 1 及び 2 に、作製した試料の平面 TEM 像及び、1000 及び 1050、1100 °C における拡張欠陥のサイズの経時変化を示す。平面 TEM 像には、楕円形及び六角形のコントラストが観られ、これらはそれぞれ、FDL 及び PDL に由来すると考えられる。また、FDL の収縮速度は、加熱温度の上昇に伴って顕著に増大するのに対し、PDL の収縮速度の温度依存性は比較的小さい。各欠陥の収縮活性化エネルギーは 3.30 及び 0.63 eV と見積もられた。これは、混合分子イオン注入によってできる FDL 及び PDL の収縮の支配的要因が異なることを示唆している。

【参考文献】 [1] K. Kurita *et al.*, *Sensors* **19**, 2073 (2019). [2] R. Hirose *et al.*, *Mater. Sci. Semicond. Proc.* **135**, 106063 (2021). [3] 廣瀬諒他, 第 69 回応用物理学会春季学術講演会 26p-E104-8 (2022). [4] F. Cristiano *et al.*, *J. Appl. Phys.* **87**, 8420 (2000) etc. [5] B. Shen *et al.*, *J. Appl. Phys.* **76**, 4540 (1994) etc.

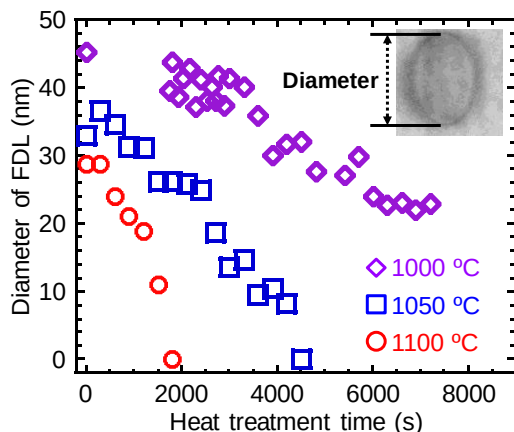


Fig. 1 Time evolutions of diameter of FDL during heat treatments at 1000, 1050, and 1100 °C. The inset is the plan-view TEM image of a FDL.

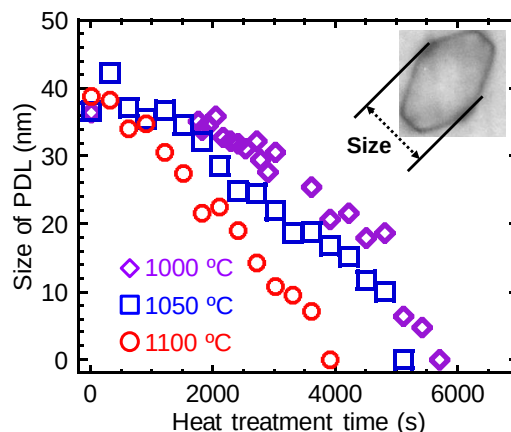


Fig. 2 Time evolutions of size of PDL during heat treatments at 1000, 1050, and 1100 °C. The inset is the plan-view TEM image of a PDL.