

多元素分子イオン注入誘起欠陥の熱的挙動の加熱TEMその場観察 –CH₃O イオン注入誘起 EOR 欠陥の熱的分解挙動の反応速度論的解析–

In Situ TEM Observation of Thermal Behavior of Multielement-Molecular-Ion-Implantation-Induced Defects – Reaction Kinetic Analysis of Thermal Dissolution Behavior of CH₃O Molecular-Ion-Implantation-Induced Defects –

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

SUMCO CORPORATION °Akihiro Suzuki, Ryo Hirose, Takeshi Kadono, Koji Kobayashi,
Ayumi Masada, Ryosuke Okuyama, Yoshihiro Koga, and Kazunari Kurita

E-mail: asuzuki1@sumcosi.com

1. はじめに

固体撮像素子の更なる高性能化と多機能化を目的として、3次元積層型 CMOS イメージセンサ(CIS)の開発が進んでいる。積層型 CIS の製造には、画素及び配線層の形成に加えて、積層したチップを電氣的に接続させるための銅(Cu)配線の形成が必要である。そのため、積層型 CIS においては、重金属汚染による歩留まり低下のリスクが高い。このような積層型 CIS の技術課題を解決するために、我々は、水素(H)及び炭素(C)、その他軽元素(窒素(N)または酸素(O))の3元素から成る多元素分子イオンを注入したエピタキシャルシリコン(Si)ウェーハの開発を進めている。これまでに、Nを含むCH₄NイオンあるいはOを含むCH₃Oイオンを注入したエピウェーハのいずれにおいても、2種類のイオン注入誘起欠陥(C_xSi_y析出物, End-of-Range(EOR)欠陥)が形成され、これらが重金属に対する高いゲッタリング能力を有することを報告した^{1), 2)}。一方で、注入欠陥の密度及び形態は CIS の製造工程における熱負荷によって変化し得るため、加熱中の欠陥の挙動の解明が必要である。前回我々は、CH₄Nイオン注入誘起 EOR 欠陥が加熱中に2段階の速度で収縮する挙動を、透過型電子顕微鏡(TEM)を用いた加熱 TEM その場観察(動画観察)によって見出し、その解析結果を報告した³⁾。今回は、CH₃Oイオン注入エピウェーハにおける EOR 欠陥が加熱中に収縮する挙動を、同様の動画観察によって見出し、収縮挙動の実態を解明した。

2. 実験方法

*n*型 Si(001)基板に CH₃Oイオンを注入した。ドーズ量は 1.0×10^{15} ions/cm², 加速エネルギーは 80 keV であった。イオン注入後、膜厚が 5 μm のエピタキシャル層を 1100°C にて成長させた(この間に EOR 欠陥を形成させた)。ここまでの工程で作製した CH₃Oイオン注入エピウェーハに対して 1075°C 及び 1100°C, 1125°C での加熱を施しながら、各温度における EOR 欠陥の挙動を TEM によって動画観察した。

3. 実験結果

Fig. 1 に、1100°C で CH₃Oイオン注入エピウェーハを加熱した際の、加熱開始からの各経過時間(*t*)における EOR 欠陥の断面 TEM 像を示す。動画観察の結果、加熱開始(0 秒)から 4500 秒までは欠陥が緩やかに収縮するのにに対し、4500 秒経過後において収縮速度が急激に増大し、そのまま完全に消滅するに至ることが判った。Fig. 2 は、1075°C 及び 1100°C, 1125°C における欠陥の半径の経時変化をまとめたグラフである。Fig. 2 より、欠陥はいずれの温度においても2段階の速度で収縮することが判る。また、加熱温度の上昇に伴い、加熱開始直後及び消滅直前における収縮速度がそれぞれ増大することも明らかになった。これらことから、CH₃Oイオン注入誘起 EOR 欠陥は、CH₄Nイオン注入誘起欠陥と類似したメカニズムで収縮すると考えられる。本報告では、各収縮速度を決定付ける活性化エネルギーを算出し、EOR 欠陥の収縮のメカニズムについて議論する。

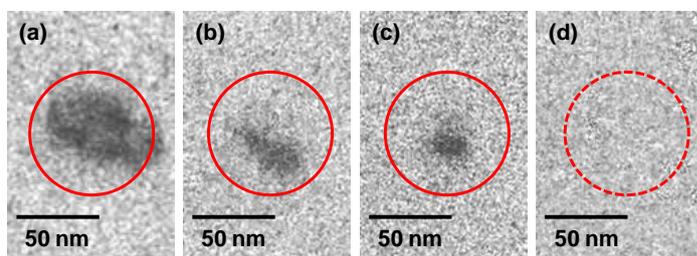


Fig. 1 XTEM images of a CH₃O-ion-implantation-induced EOR defect during heat treatment at 1100°C at *t* = (a) 0 s, (b) 4539 s, (c) 4699 s, and (d) 4879 s.

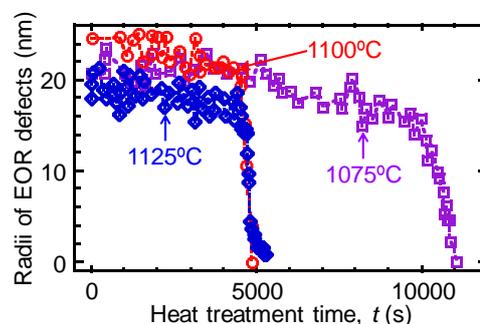


Fig. 2 Time evolutions of radii of EOR defects during heat treatments at 1075°C, 1100°C, and 1125°C.

【参考文献】 1) R. Hirose *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **57**, 096503 (2018). 2) A. Suzuki *et al.*, Phys. Status Solidi A **216**, 1900172 (2019). 3) 鈴木陽洋他, 第 68 回応用物理学会春季学術講演会 19a-Z29-2 (2021).