

3次元積層型 CIS 向け分子イオン注入エピタキシャルウェーハの特性(II) -CH₄N イオン注入誘起欠陥の熱的分解挙動の加熱 TEM その場観察- Characteristics of Molecular Ion Implanted Epitaxial Silicon Wafers for 3D-stacked CMOS Image Sensors (II)

- In Situ TEM Observation of Thermal Dissolution Behavior of CH₄N
 Multielement-Molecular-Ion-Implantation-Induced Defects -

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

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

1. はじめに

我々はかねてから, CMOS イメージセンサ(CIS)の撮像性能の向上のため, 炭化水素分子イオンを注入したエピタキシャルシリコン(Si)ウェーハを開発してきた. 炭化水素分子イオン注入エピウェーハは, 重金属を強力にゲッタリングできるのみならず, ウェーハに含まれる水素(H)により二酸化シリコン(SiO₂)/Si 界面準位欠陥密度(D_{it})を低減でき, 表面照射型(FSI-)CISにおけるリーク電流を低減することができる¹⁾. 一方で, CISの更なる高性能化と多機能化を目的として, 積層型 CIS²⁾の開発が進んでいる. 積層型 CISの製造には, FSI-CISと同様の画素形成及び配線層形成に加えて, Si基板の薄厚化及び銅製 Si貫通電極の形成が必要である. そのため, 積層型 CISにおけるフォトダイオードの重金属汚染のリスクは, FSI-CISよりも高いと考えられる. このような積層型 CISの技術課題を解決するために, 分子イオン注入エピウェーハの重金属ゲッタリング能力及び D_{it} 低減能力を更に強化すべく, H及び炭素(C), 窒素(N)から成るアミン系多元素分子(CH₄N)イオンを注入したエピタキシャル Siウェーハの開発を進めている. これまでに, CH₄Nイオン注入エピウェーハに2種類の欠陥(C-Si複合体, End-of-Range(EOR)欠陥)が存在し, これらが重金属及び軽元素を強力にゲッタリングすることを明らかにした³⁾. これらの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を解明することが必要である. 今回は, EOR欠陥が熱処理中に消滅する挙動を, 透過型電子顕微鏡(TEM)を用いた動画観察によって解明した.

2. 実験方法

Si(001)基板に CH₄N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 μ m のエピタキシャル層を 1100°C にて成長させ, その間にイオン注入飛程領域に EOR 欠陥を形成させた. ここまでの工程で作製した CH₄Nイオン注入エピウェーハに対して 1100°C での追加熱処理を施しながら, EOR 欠陥の加熱中の挙動を TEM によって動画観察した.

3. 実験結果

Fig. 1 は, 追加熱処理前及び 1100°C で 2 時間の追加熱処理を施した後の CH₄Nイオン注入エピウェーハの断面 TEM 像を示す. 加熱前の CH₄Nイオン注入エピウェーハには, A 及び B, C の EOR 欠陥が観られるのに対し, 加熱後においては EOR 欠陥が観られない. つまり, 3 つの EOR 欠陥がいずれも追加熱処理中に分解し, 消滅したと考えられる. これらの EOR 欠陥の消滅過程を明らかにするため, TEM を用いた加熱中の動画観察により, 各 EOR 欠陥のサイズ(半径)の経時変化を調べた. Fig. 2 に, 1100°C 加熱中における EOR 欠陥 A の半径の経時変化を例として示す. 動画観察の結果, いずれの EOR 欠陥も, 加熱開始直後においては比較的緩やかな速度で分解するのに対し, 一定時間が経過した後に分解速度が急激に増大し, そのまま消滅に至ることが判った. この結果は, 加熱開始直後と消滅直前における CH₄Nイオン注入誘起 EOR 欠陥の分解挙動の物理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) 水田恭平他, *表面と真空* **62**, 11, 660 (2019). 3) A. Suzuki *et al.*, *Phys. Status Solidi A* **216**, 1900172 (2019).

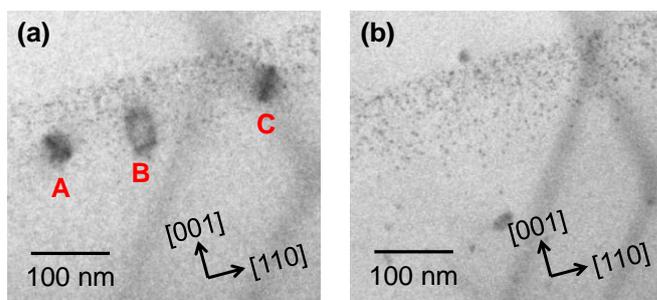


Fig. 1 Cross sectional TEM images of CH₄N-ion-implanted epitaxial Si wafer (a) before and (b) after 1100°C additional heat treatment for 2 hours.

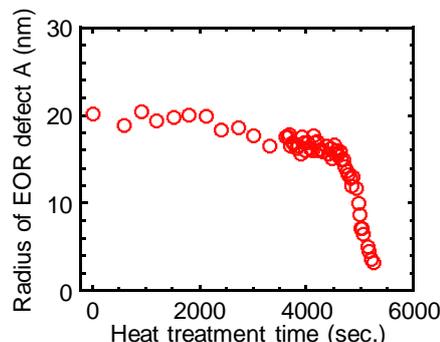


Fig. 2 Time evolution of radius of EOR defect A during 1100°C additional heat treatment.