

超高温 RTP による窒素ドーピング Cz-Si ウェーハのボイド欠陥消滅挙動

Annihilation behavior of void defects in nitrogen doped Cz-Si wafers by ultrahigh-temperature RTP

グローバルウェーハズ・ジャパン株式会社 技術部基盤技術グループ

須藤 治生, 荒木 浩司, 青木 竜彦, 仙田 剛士, 前田 進

Base Technology, Technology, GlobalWafers Japan Co.,Ltd.,

Haruo Sudo, Koji Araki, Tatsuhiko Aoki, Takeshi Senda, and Susumu Maeda

E-mail: Haruo_Sudo@sas-globalwafers.co.jp

【緒言】

Czochralski(Cz)法にて原子空孔(以下、空孔)が優勢となる条件で育成した単結晶 Si には、多数のボイド欠陥が存在する。ボイド欠陥とは、空孔が集めた大きさ数十 nm の内壁に酸化膜がある空洞状欠陥のことであり、Si 酸化膜耐圧を劣化させる要因となる^[1]。ボイド欠陥は、H₂、あるいは Ar 雰囲気下、1200°C で 1h 程度の熱処理で、効果的に消滅させることができる^[2]。ただし、このような熱処理では、ボイド欠陥が消滅する一方で、Si ウェーハ表面において、転位の伸展を阻害する効果^[3]がある酸素が外方拡散により低濃度になる。これを抑制しつつ、ボイド欠陥の消滅が可能になった場合には、機械的強度を従来よりも向上できる利点が得られるものと考えられる。

上記のような、ボイド欠陥消滅と酸素濃度制御の両立が期待される手法の一つとして、Si ウェーハ中の酸素濃度が非飽和となる温度での Rapid Thermal Processing(RTP)が挙げられる。本研究では、半導体デバイス製造において使用されている Si ウェーハの酸素濃度を考慮し、雰囲気ガス種を変化させた 1300°C 以上の超高温 RTP を行い、Si ウェーハ表面の酸素濃度プロファイル、およびボイド欠陥消滅挙動について調査した。

【実験方法】

Cz 法で育成した φ300mm で、P タイプ(ボロンドープ 13.2~13.6Ω・cm)の窒素ドーピング Si ウェーハを用いた。Fourier Transform Infrared Spectroscopy(FTIR)で測定した酸素濃度は、 $1.25\sim 1.27\times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ (old ASTM 換算値)で、偏析係数から試算した窒素濃度は、 $3.41\sim 3.96\times 10^{14}\text{cm}^{-3}$ であった。

RTP 条件は、Ar(以下、Ar-RTP)もしくは O₂(以下、O₂-RTP)雰囲気下、最高温度 1350°C で 15s 保持した。Si ウェーハ表面に形成された酸化膜をフッ酸で剥離した後、表面から深さ 10 μm までの酸素濃度を Secondary Ion Mass Spectrometry(SIMS)で測定した。また、RTP 後、酸素濃度がバルク水準となる深さ(約 5 μm)まで表層を研磨除去したサンプルを作製し、表面の LPD(Light Point Defect)を KLA-Tencor 社製のパーティクルカウンター Surfscan SP3 で評価した。

【結果】

Fig.1 に、各雰囲気 RTP 処理後の深さ方向酸素濃度プロファイルを示す。Ar-RTP では、表層の酸素濃度が外方拡散により低下した。一方、O₂-RTP では、表面からの内方拡散で RTP 処理無しよりも酸素濃度が増加している。このことは、1350°C における酸素の溶解度($2.7\times 10^{18}\text{cm}^{-3}$)が今回使用した Si ウェーハ中の酸素濃度(約 $1.26\times 10^{18}\text{cm}^{-3}$)以上となるためである。なお、表面近傍の濃度低下は、RTP 降温時の外方拡散に起因している。

Fig.2 に、RTP 処理後に表層を約 5 μm 研磨除去した際の表面 LPD マップを示す。(a)RTP 無しは、LPD 密度 25cm^{-2} と高く、ボイド欠陥が主体と考えられる。(b)Ar-RTP では、LPD 密度 0.24cm^{-2} と、(a)に比べて大きく低減したが、中心付近に残留ボイド欠陥に起因すると推測される LPD が検出された。一方、(c)O₂-RTP では、LPD 密度 0.02cm^{-2} と更に低減しており、ボイド欠陥がほぼ消滅することが分かった。表面酸化による SiO₂/Si 界面からの格子間 Si の注入により、Ar-RTP よりもボイド欠陥の消滅効果が高いものとする。

以上の結果から、O₂-RTP では、酸素濃度を低下させることなく、ボイド欠陥の高い消滅効果が示唆された。

参考文献

- [1]米良ら：応用物理 66 (1997) 728.
 [2] N. Adachi, et al. : J. Electrochem. Soc. 147 (1) 350-353 (2000).
 [3] H. Asazu, et al. : Thin Solid Films 557 (2014) 106-109.

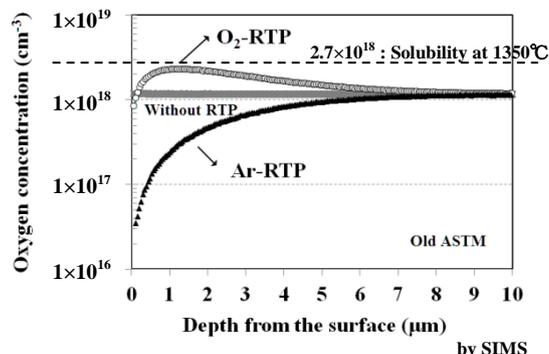


Fig.1. Depth profile of oxygen concentration.

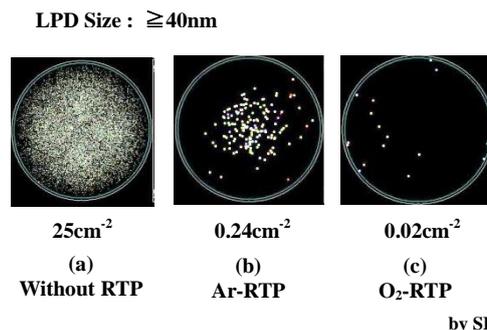


Fig.2. Comparison of LPD maps after polishing.