

高濃度 P ドープ Si ウェーハ中における偏析型ゲッタリング機構

Segregation Gettering Mechanism in Heavily P-doped Silicon Wafers

株式会社 SUMCO ○尾崎 理衣, 鳥越 和尚, 水野 泰輔, 山本 一弘

SUMCO CORPORATION ○Rie Ozaki, Kazuhisa Torigoe, Taisuke Mizuno, Kazuhiro Yamamoto

E-mail: rozaki@sumcosi.com

1. はじめに

n 型 Si ウェーハ中における不純物 Cu のゲッタリングでは、P 濃度が 10^{19} cm^{-3} を超える高濃度領域で偏析型ゲッタリングが生じる¹⁾。このゲッタリングは、格子位置に入った Cu と P による P-Cu 結合に起因すると考えられている。この反応が起こるには、P に隣接する位置に空孔 (V) が存在し P-V ペアを形成する必要があるが、その発生メカニズムは明らかではない。そこで本研究では As-grown のウェーハと RTA (Rapid Thermal Anneal) 処理したウェーハの Cu ゲッタリング効率を比較することで P-V ペアが形成される起源を考察した。

2. 実験方法

P を添加した直径 200mm の As-grown の Si ウェーハ (P 濃度: $6 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$) に Ar 雰囲気中で $1150 \text{ }^\circ\text{C} / 1 \text{ min}$ の RTA 処理を行った。ウェーハ表面を $1 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$ の Cu で故意汚染し、 $900 \text{ }^\circ\text{C} / 30 \text{ min}$ の拡散熱処理を施した後、化学分析手法²⁾を用いて Cu 濃度の深さ分布を評価した。バルクから検出された Cu 量 (C_{bulk}) と故意汚染量 (C_{all}) よりゲッタリング効率を $C_{\text{bulk}} / C_{\text{all}} \times 100 (\%)$ で算出し、RTA 処理の有無で比較を行った。また、酸素析出物によるゲッタリングが起こっていないことを確認するため、 $1000 \text{ }^\circ\text{C} / 16 \text{ h}$ の熱処理を行ってエッチングした後、その密度を測定した。

3. 実験結果・考察

Fig. 1 に Cu ゲッタリング効率および拡散熱処理後にウェーハ表面および裏面に拡散した Cu 濃度を RTA の有無で比較した。RTA によって Cu ゲッタリング効率は約 2% 向上した。一方、酸素析出物密度は As-grown で $1.7 \times 10^8 \text{ cm}^{-3}$ 、RTA 後で $5.0 \times 10^7 \text{ cm}^{-3}$ 以下といずれも低密度でありゲッタリングへの影響はないと判断した³⁾。つまり、Cu ゲッタリング効率の向上は RTA で増加した P-V ペアによるものと示唆される。

Si 中に空孔が導入された起源は①結晶成長、② RTA ($1150 \text{ }^\circ\text{C}$)、③拡散熱処理 ($900 \text{ }^\circ\text{C}$) のいずれかと推察される。各温度での P-V 濃度を見積もるため、その形成反応; $\text{P} + \text{V} \rightleftharpoons \text{P-V}$ が熱平衡であると仮定し、P-V 濃度を $[\text{P-V}] = K[\text{P}][\text{V}]^{\text{eq}}$ より算出した。ここで $[\text{V}]^{\text{eq}}$ は空孔の熱平衡濃度⁴⁾、平衡定数 K は $K \propto \exp(-E_B/kT)$ で表され、 E_B は P-V の結合エネルギー、 k はボルツマン定数、 T は温度であり、第一原理計算による報告値から $E_B = 1.01 \text{ eV}$ とした⁵⁾。Fig. 2 に $[\text{P-V}]$ と $[\text{V}]^{\text{eq}}$ の温度依存性を示す。温度上昇に伴い $[\text{V}]^{\text{eq}}$ が大きく増加するため、高温ほど $[\text{P-V}]$ は増加する。また、Fig. 1 より RTA 後の表裏面 Cu 濃度が約 1/10 に減少していることから、 $[\text{P-V}]$ は As-grown の 10 倍になったと考えられる。Fig. 2 より As-grown の P-V ペアが結晶成長中の $1000 \sim 1050 \text{ }^\circ\text{C}$ で決定されたと仮定すると、RTA 後にその濃度は約 10 倍になることがわかる。一般的に Si の結晶成長では固液界面で導入された空孔は格子間 Si と対消滅した後、約 $1000 \text{ }^\circ\text{C}$ でボイドや酸素析出物の形成によって消費される。つまり、その温度で熱平衡濃度まで低下した空孔と P の結合が、As-grown ウェーハの Cu のゲッタリングに寄与したと考えられる。

4. 参考文献

[1] 尾崎 理衣 他, 第 65 回応用物理学会春季学術講演会, 18p-D103-9, (2018). [2] M. B. Shabani, ぶんせき, 8 (2012) 423. [3] K. Sueoka, J. Electrochem. Soc., 152 (2005) G731. [4] K. Nakamura, et al., Solid State Phenomena, 82-84 (2002) 25. [5] S. Shirasawa, et al., ECS J. Solid State Sci. Technol., 4 (2015) 351.

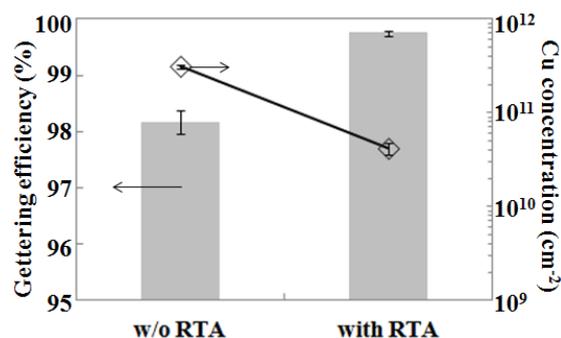


Fig. 1 Comparison of gettering efficiency and Cu concentration on the front and back surface by RTA treatment.

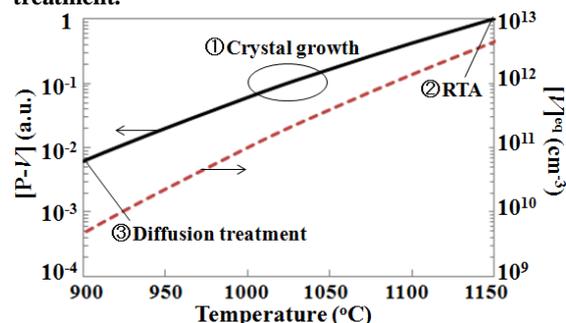


Fig. 2 Dependence of $[\text{P-V}]$ and $[\text{V}]^{\text{eq}}$ on temperature.