

シリコン結晶中の酸素析出によるボロンの増速拡散

Enhanced Diffusion of Boron by Oxygen Precipitation in Silicon Crystals

株式会社 SUMCO

鳥越和尚、小野敏昭

SUMCO CORPORATION

Kazuhisa Torigoe and Toshiaki Ono

E-mail: ktorigoe@sumcosi.com

1. はじめに

シリコン結晶中のボロンは格子間シリコンを介したキックアウト機構で拡散する。そのため、シリコンウェーハを酸化性雰囲気中で熱処理すると、ウェーハ表面の酸化膜成長で放出される格子間シリコンによってボロンの拡散が増速されることが知られている[1, 2]。今回、我々はシリコン結晶中の酸素析出によってボロンの拡散が増速されることを見出した。その効果を、酸素析出による格子間シリコンの放出、及び、パンチアウト転位による吸収をもとに解析した。

2. 実験方法

基板酸素濃度 12.9×10^{17} atoms/cm³、基板ボロン濃度 1.1×10^{19} atoms/cm³ の *p/p+*シリコンウェーハを 700°C ~ 750 °C で熱処理することで、様々な密度の酸素析出物を形成した。酸素析出物の形成熱処理後、ボロンを拡散させるため 950 °C で 12、24、48 時間の熱処理 (窒素、又は酸素雰囲気) を行った。その後、SIMS 測定をエピ層表面から行い、ボロン濃度の深さ分布を得た。また、酸素析出物から発生したパンチアウト転位を透過型電子顕微鏡 (TEM) で観察した。

3. 結果

Fig.1 のプロットはボロン濃度の深さ分布の測定例である。ボロンが基板からエピ層へ拡散した分布となっており、窒素雰囲気と比べて酸素雰囲気では拡散が大きい。一方で、窒素雰囲気の処理でも、酸素雰囲気の効果ほどではないが、酸素析出物の密度に依存してボロンが増速拡散することが分かった。この効果が酸素析出反応による格子間シリコンに起因すると仮定して、析出物 1 個当たりの格子間シリコンの放出フラックスを以下のように考えた。

$$F_1 = 0.5 \times 4\pi R D_0 (C_0 - C_0^{\text{eq}}) - 2\pi L D_1 (C_1 - C_1^{\text{eq}}) \quad (1)$$

ここで、 R は酸素析出物の半径、 D_0 、 C_0 、 C_0^{eq} は酸素の拡散係数、濃度、熱平衡濃度、 L は転位の長さ、 D_1 、 C_1 、 C_1^{eq} は格子間シリコンの拡散係数、濃度、熱平衡濃度である[3,4]。(1)式の右辺第 1 項は、酸素析出物の組成を SiO_2 と仮定したときの格子間シリコンの放出を表す。第 2 項はパンチアウト転位への格子間シリコンの吸収が拡散律速であることを表す。転位の長さは TEM 観察の結果から時間の平方根に比例して大きくなるとした (Fig.2)。ボロンの拡散係数が格子間シリコンの過飽和度に比例する[2]として熱処理後の深さ分布を計算した結果が Fig.1 のラインであり、実験結果を良く再現している。酸素析出による増速拡散では、パンチアウト転位による格子間シリコンの吸収効果が働いていることが示唆される。

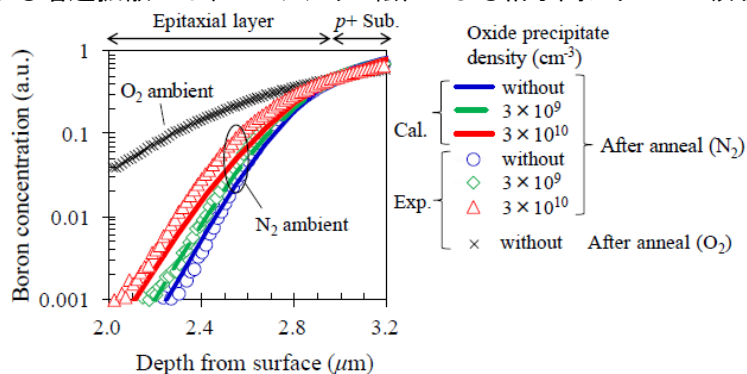


Fig.1 Depth profiles of boron concentration in *p/p+* wafers after annealing at 950 °C for 24 h.

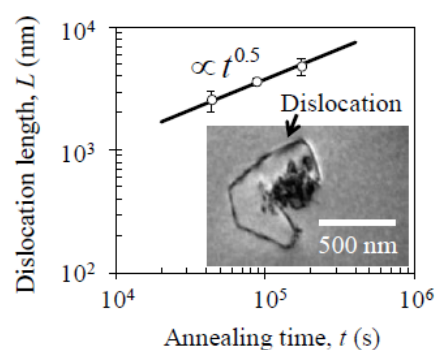


Fig.2 Dislocation length obtained by TEM observation.

参考文献

- [1] A. M. Lin, *et al.*, J. Electrochem. Soc. 128 (1981) 1131. [2] P. A. Packan, *et al.*, J. Appl. Phys. 68 (1990) 4327. [3] K. Nakamura, *et al.*, Solid State Phenomena, 82-84 (2002) 25. [4] V. V. Voronkov, *et al.*, J. Electrochem. Soc. 149 (2002) G167.