Si ウェーハの傷から発生する Slip 転位に及ぼすひずみ速度の影響

Effect of Strain Rate on Generation of Slip Dislocation from Scratch in Si Wafers 株式会社 SUMCO 『藤瀬淳 , 小野敏昭 SUMCO CORPORATION [°]Jun Fujise, Toshiaki Ono E-mail: jfujise@sumcosi.com

1. はじめに

デバイス製造工程では、Siウェーハに対する熱処理が多用されている.ウェーハ熱処理炉においては、 ウェーハを支持する部材との接触が避けられず傷が導入される.その傷を起点にSlip転位が発生し、塑 性変形が生じてデバイス歩留まり低下の原因となる可能性がある.また、熱処理は高速昇降温化が進 んでおり、様々な昇温速度で処理される.昇温速度によって変化するひずみ速度は、有転位結晶におい ては、降伏応力に影響する事が報告されている¹⁾.前回、転位が移動を開始する応力である臨界応力と 傷の関係について、酸素原子が転位に固着するロッキング効果が大きく影響する事を報告した^{2),3)}.しか し、無転位結晶である Si ウェーハに傷が導入されて、それを起点に Slip が発生する臨界応力のひずみ 速度依存性は明らかにされていない.臨界応力へのひずみ速度の影響を明らかにすることは、様々な 昇温速度で熱処理をされる場合の Slip 発生挙動を把握するために重要である.本研究では、ひずみ速 度を変化させて高温 3 点曲げ試験を行った.

2. 実験方法

酸素濃度 5.8×10¹⁷ atoms/cm³ から 20×10¹⁷ atoms/cm³ のシリコンウェーハを 14 mm×40 mm のサンプル 片に切り出した. その表面に 1 mm ピッチで 100 gf のビッカース圧痕を 31 点導入した. その後, そのサン プルを高温 3 点曲げ装置を用いて 750°Cでひずみ速度を 5.3×10⁻⁷ /s から 5.3×10⁻⁵/s まで変化させて 応力を負荷した. X-rayを用いた観察の結果, Slip 転位はビッカース圧痕から発生していた. 最大応力負 荷点である作用点直下から Slip 転位の発生・非発生の境界までの距離を測定して, 各サンプルの臨界 応力を算出した.

3. 結果

ひずみ速度を変化させて実施した高温3点曲げ試験による臨界応力の変化をFig.1のプロットで示す. 各水準において,ひずみ速度が上昇する事で臨界応力は上昇した.前報²⁾で,酸素原子によるロッキン グカが大きく影響する事を明らかにした.ロッキング力は温度依存性があり,有効応力はひずみ速度に

も依存する. そのため, 有効応力であるロッキング力を示す式にひずみ速度 *E* (/s)の影響を乗算すること で臨界応力 *t_{cri}* (MPa)を求める(1)式を作成した.

$$\tau_{cri} = A \cdot \dot{\varepsilon}^X \cdot Co \cdot \exp\left(\frac{Ea}{kT}\right) \tag{1}$$

 $Co(\times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3)$ は酸素濃度, *Ea* は活性化エネルギー, *k* はボルツマン定数, *T*(K)は試験温度である. *A* と *X* はフィッティング定数である. Fig.1 中の破線は, (1)式の未知数を回帰分析にてフィッティングさせた式における計算値である.

ひずみ速度,および,酸素濃度 によって変化する臨界応力を 計算にて再現している.本研究 にて,傷に伴う転位が移動を開 始する応力である臨界応力の ひずみ速度依存性を明らかに して,熱処理条件によって変化 する臨界応力を算出できるよう になった.



Fig.1 Strain rate dependence of critical stress, relation between experimental results and calculation results.

参考文献

1) I. Yonenaga and K. Sumino, Phys Status Sol. A50, 685 (1978). 2) 藤瀬淳 他, 第 63 回春季応用物理 学会, 20p-H113-7, (2016). 3) 藤瀬淳 他, 第 64 回春季応用物理学会, 14a-F203-3, (2017).