

Si 結晶育成における点欠陥制御

Point Defect Control during Si Crystal Growth

株式会社 SUMCO 技術本部 宝来 正隆

SUMCO Corporation, Technology Division, Masataka Hourai

E-mail: mhourai@sumcosi.com

過去、半世紀におよぶ半導体デバイスのめざましい発展に伴い、それを支えてきた基盤材料であるSi結晶の育成技術も飛躍的な改良が重ねられ、2000年以降には、点欠陥制御によるGrown-in欠陥フリーの300mm結晶の量産化を実現するに至った¹⁾。本報告では、このようなGrown-in欠陥フリー結晶の開発の経緯を振り返るとともに、今後の課題についても言及する。

1989年、長谷部ら²⁾によりCZ-Si結晶の引き上げ速度を低下させるとOSFリングが収縮し、ある臨界速度で結晶中心部で消えることが報告された。また、その翌年には、OSFリングの内側と外側でMOSキャパシタの酸化膜耐圧特性が顕著に異なることが報告された。それ以来、多くの研究機関でその原因の探求が行われ、OSFリングの内側には原子空孔の凝集体である八面体形状の空洞（ボイド、COP）が存在し、外側には格子間シリコンに起因した転位クラスターが存在することが明らかにされた。さらに、OSFリングと転位クラスター領域の間には、Grown-in欠陥の存在しない無欠陥領域が存在することが明らかになった。この無欠陥領域は、結晶凝固時に原子空孔と格子間シリコンが同程度の濃度で導入された領域であり、結晶の冷却過程で両者が再結合した結果、原子空孔がやや優勢な領域（Pv）と格子間シリコンがやや優勢な領域（Pi）が明瞭な境界を境にして共存する領域である。当初、OSFリング径は引き上げ速度（ v ）で一義的に決まると思われていたが、詳細な欠陥分布および熱分布の解析の結果、OSFリング径および点欠陥のタイプは融点近傍での結晶内温度勾配（ G ）の影響を受けて、 vG というパラメータで決まることを明らかにした³⁾。さらに、結晶径方向での欠陥分布と vG の関係をマッピングし、狭い vG の範囲で結晶径方向全域に渡って無欠陥領域が存在することから（図1）、結晶中心部と外周部の G の差を小さくしたホットゾーン構造を有するCZ炉を用いて、引き上げ速度（ v ）の制御によって無欠陥領域の範囲に vG を制御することが出来れば、インゴット全長にわたってGrown-in欠陥フリーの結晶が育成できることを見出し、直径150mmの試験炉を用いてこのコンセプトを実証した（図2）³⁾。

その後、直径200mmおよび300mmのGrown-in欠陥フリー結晶の量産技術を開発するため、 G 分布を均一にするホットゾーン設計に加えて、一定の熱環境を維持するための新しい制御技術や横磁場の技術を適用して量産技術を完成した。現在、300mmのGrown-in欠陥フリー結晶は低コストで高品質なウェーハを安定して供給できるため、多くのデバイスで用いられる標準ウェーハとなっている。

- 1) 阿部孝夫：応用物理 第76巻 第8号 (2007) 927
- 2) M.Hasebe, et al., Jpn. J. Appl. Phys., **26** (1989) L1999
- 3) 宝来正隆、他：日本結晶成長学会誌、**25** (1998) 207

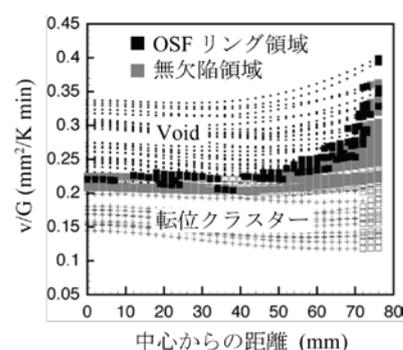


図1 vG と結晶径方向位置による欠陥領域の変化

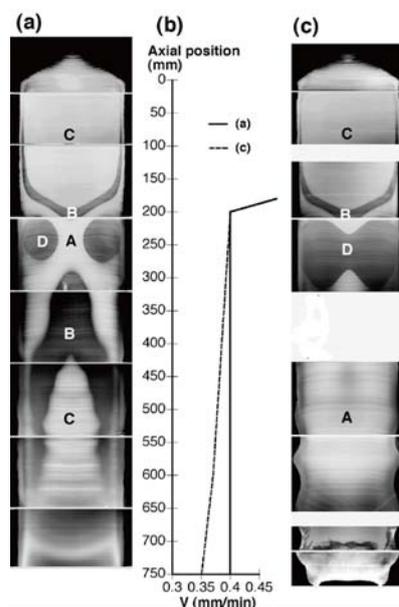


図2 引き上げ速度パターン(a)及び(c)とした場合の結晶の縦断面 X 線トポグラフ像、熱処理 800 °C/16hr + 1000 °C/16hr、A: Pv 領域、B: OSF リング領域、C: ボイド領域、D: Pi 領域、一部、転位クラスター領域