

物質 工学専攻		紹介教官氏名	亀頭 直樹 教授
申請者氏名	梅野 繁		

論文要旨(博士)

論文題目	CZ-Si 中の grown-in 欠陥に関する研究
------	----------------------------

(要旨 1,200 字程度)

半導体デバイス用ウエハの大部分は、Czochralski 法によって育成されたシリコン単結晶 (CZ-Si) から切り出されている。CZ-Si は、数ある単結晶材料の中でも、純度が高く欠陥の少ない材料である。しかしながら、ゲート酸化膜耐圧特性(Gate Oxide Integrity; GOI)を劣化させる未知の成長時導入欠陥 (grown-in 欠陥) が存在していることが 1990 年に報告された。as-grown 状態で検出される grown-in 欠陥の挙動の解明と制御を目的として、本研究を 1991 年に開始した。その当時すでに、grown-in 欠陥が幾つかの評価方法で検出されることが報告されていたが、系統的な研究は少なく、混沌とした状況であった。以下に本研究の成果を列挙する。

まず、IR Light Scattering Tomography (IR-LST)によって検出される Light Scattering Tomography Defect (LSTD)の密度と GOI の間には相関があり、LSTD が GOI 劣化原因であることが明らかになった。

セコエッチングによって楔形のエッチングむら(Flow Pattern)を伴うエッチピットとして検出される Flow Pattern Defect (FPD)は、熱処理によって検出されなくなったが、LSTD は熱処理後にも検出された。この実験結果から、シリコン関係者の間では数年に渡って、両者は別の欠陥であると考えられていた。しかし、本研究では、IR-LST とセコエッチングによる同一位置観察によって、これらは同じ欠陥であることを明らかにした。フローパターンが熱処理後に観察されなくなるのは、微小な void である LSTD の内壁に、酸化膜が成長する為であると考えられる。

LSTD の熱処理挙動は酸素濃度に依存しており、酸素が過飽和の場合には内壁酸化膜が成長した。この内壁酸化膜の成長は、格子間シリコン原子の注入によって促進された。酸素が不飽和の場合には内壁酸化膜が溶解し、格子間シリコン原子の注入によって LSTD が消滅することが明らかになった。

LSTD の形状は酸素濃度に依存し、酸素は LSTD の成長に影響することを示した。LSTD 密度は、微視的には酸素濃度と同期して変動するが、LSTD のサイズと密度を決定しているのは酸素ではないことが明らかになった。LSTD の分布が不均一になる原因の解明は、今後の課題の一つである。

Grown-in 欠陥のタイプと V/G (V : 結晶成長速度、 G : 結晶成長方向の温度勾配) の関係を調査した。 V/G が約 $0.22\text{mm}^2 \cdot \text{C}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 以上では空孔起因欠陥である LSTD(void)が発生し、約 $0.20\text{mm}^2 \cdot \text{C}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 以下では格子間シリコン原子起因の転位クラスターが発生することが明らかになった。この知見は、LSTD も転位クラスターも含まない grown-in 欠陥フリーウエハの製造に結びついた。