

カスケード工程におけるSi ウェーハ内部の酸素析出物分布のデータ同化

Data assimilation for oxygen precipitates distribution inside Si wafers in cascade process.

グローバルウェーハズ・ジャパン(株)¹, アイクリスタル(株)², ◯楠木 琢也¹, 阿部 諄汰¹, 永井 勇太¹, 須藤 治生¹, 岩城 浩也¹, 高須 理栄¹, 番場 博則¹, 泉妻 宏治¹, 前田 進², 関 翔太²

GlobalWafers Japan¹, Aixtal²

◯Takuya Kusunoki¹, Junta Abe¹, Yuta Nagai¹, Haruo Sudo¹, Hiroya Iwashiro¹, Rie Takasu¹, Hironori Banba¹, Koji Izunome¹, Susumu Maeda², Shota Seki²

E-mail: Takuya_Kusunoki@sas-globalwafers.co.jp

近年、半導体デバイスの高性能化には、基板である Si ウェーハ内部の欠陥密度や不純物濃度をデバイス構造に応じて最適化することが求められている。そのためには、Si ウェーハ製造プロセスとデバイス製造プロセスを個別に最適化するだけでなく、両プロセスを一貫して最適化するアプローチが必要不可欠である。そこで本研究チームでは、Si ウェーハ製造からデバイス製造までを一貫して模擬するデジタルツインを構築し、上流から下流へと直列多段で連なるカスケード工程全体の最適化を目指している。このような全体最適化を達成するためには、高精度なシミュレーションが要となる。

シミュレーション精度向上の手法としてデータ同化が注目されているが、従来の研究では単一工程のみを対象とする研究¹⁾が主であり、複数工程を直列多段に扱う「カスケード工程」での適用例はない。本研究では、Si ウェーハ内部の金属不純物ゲッタリング能力に寄与する酸素析出物 (Bulk Micro Defect: BMD) の形成・成長・溶解挙動を一括して再現できるシミュレータを用い²⁾⁻⁴⁾、カスケード工程全体を通じた BMD の分布予測精度を向上させるためにデータ同化を適用する。単一工程ごとにシミュレータのデータ同化による内部パラメータの推定・調整を行っても、熱処理工程を繰り返す中で BMD 挙動が段階的に変化するため、工程全体を見据えたプロセス最適化にはつながりにくい。そこで本研究は、カスケード工程における各工程の相互作用を踏まえ、ウェーハ深さ方向の BMD 密度分布や BMD サイズ分布のシミュレーションに対してデータ同化する手法を検討した。

データ同化には遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithm, GA) を用いた。BMD の実測値の取得ポイントとしては、カスケード工程中の 5 工程後、13 工程後、22 工程後の計 3 つの熱処理工程をモニタリング対象とし、赤外散乱(IR)トモグラフィ法によりウェーハ内部の BMD 分布を測定した。深さ方向の BMD 密度・BMD サイズ分布のうち、デバイス形成領域である表層とバルクを評価し、シミュレーション結果と実測値の誤差が最小化されるようにフィッティングパラメータを探索した。その結果、3 工程すべてにおいてシミュレーション精度が向上し、カスケード工程全体の BMD 分布をより正確に再現できることを確認した。

本研究により、カスケード工程全体を通じた BMD の形成・成長・溶解挙動の高精度予測が可能となり、デバイス構造に応じたウェーハ内部欠陥の最適設計へとつながることが期待される。

【参考文献】

1. Akimitsu Ishii et al., Acta Materialia, Volume 278, 1 October (2024), 120251
2. S. Maeda et al., Journal of Applied Physics 123, 161591 (2018)
3. H. Sudo, ECS Journal of Solid-State Science and Technology, 8 (1) P35-P40 (2019)
4. H. Sudo, J. Appl. Phys. 131, 055704 (2022)

【謝辞】

本研究は国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)先導研究プログラム(JPNP14004)の成果として得られたものです。