

研究成果展開事業 研究成果最適展開支援プログラム
シーズ育成タイプ 事後評価報告書

研究開発課題名	: パルス光伝導法による半導体シリコンの超高感度不純物分析手法の開発
プロジェクトリーダー	: グローバルウェーハズ・ジャパン株式会社
所属機関	: グローバルウェーハズ・ジャパン株式会社
研究責任者	: 久保田 弘 (熊本大学)

1. 研究開発の目的

シーズ技術である PPCM 法 (Pulse Photoconductivity Method: パルス光伝導法) は、試料内の電界緩和をパルス光で励起された光誘起キャリアによる光電流をモニターすることで、電界緩和時定数から試料の電気伝導率を計測する方法と、それを更に発展させた、半導体・酸化膜間の局在準位に捕獲された電子あるいはホールが、光で誘起されて酸化膜を乗り越えて表面に出てくる光電流を計測する方法である。本研究開発の目的は、イメージセンサーなどの最先端デバイスの高感度な不純物分析が必要とされるニーズを捉え、PPCM 法でシリコン表面に形成された酸化膜内の不純物量を酸化膜の電気伝導率で表現すること、更に、酸化膜とシリコン界面の不純物局在準位を測定することで、シリコンウェーハの不純物分布をデバイスが形成されるウェーハ表層で 10^8atoms/cm^3 の桁台で計測し、ウェーハ内の不純物を得る手法の実用化検証を行うことである。

2. 研究開発の概要

PPCM 法の高感度化に関する研究開発項目の実行により、シリコンウェーハに形成した酸化膜のリーク伝導率を電気伝導率 $10^{-12} / \Omega \text{m}$ (Fe 換算で 10^8atoms/cm^3 感度相当, 精度は 10^6atoms/cm^3 相当) で安定的に測定することを実現した。PPCM 法の SiO_2/Si 界面準位測定の高分解能化に関する研究開発項目の実行により、エネルギー準位を分解能 0.2eV で定量的に測定することを実現した。これらの開発項目を実装した PPCM 法により、シリコンウェーハのゲッターリング能力の評価、及びシリコンウェーハの構造とイメージセンサーの電気特性の関係を取得し、PPCM 法の有効性を確認した。以上計画していた内容に加えて、企業への PPCM 装置の導入を行い、本技術の早期実用化を進めている。

①成果

研究開発目標	達成度
① PPCM による高感度測定の実現 (電気伝導率 $10^{-12} / \Omega \text{m}$ 、不純物濃度 10^8atoms/cm^3 相当)。	① 電気伝導率 $10^{-12} / \Omega \text{m}$ (Fe 換算で 10^8atoms/cm^3 感度相当, 精度は 10^6atoms/cm^3 相当) の計測を達成した。低繰り返しマルチ光ショットを行うパルス機構を開発し適用。プローブの先端に PTFE 管を絶縁材料として装着させ、ギャップ調整可能なマルチプローブ測定系を開発。1 列 20 ポイントを 2 分間で計測が可能 (従来の約 600 倍)。(達成度 100%)
② PPCM 法による不純物の界面準位測定の実現 (エネルギー分解能 0.2eV)	② バンドギャップ 0.2eV 差相当の照射光波長幅 11nm の分光を達成した。測定領域に照射光を

<p>③ イメージセンサー用 Si ウェーハのゲッタリング効果の PPCM による評価手法確立</p>	<p>当てる分光高輝度光源を開発。3 つの測定条件補正シーケンス(ゼロバイアス極限値の算出補正, 強反転状態の確認, 電界特性におけるホッピング伝導確認)が完成。測定精度やスループット向上のため, 傾き調整機構やスリット切替え機構を導入。(達成度 100%)</p> <p>③ PPCM による電気伝導率とイメージセンサーの電気特性との関係を取得し, ゲッタリング効果の PPCM による評価手法を確立した。(達成度 100%)</p>
-----------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

②今後の展開

企業に導入した本課題の成果を反映させた PPCM 装置を活用して、高純度ウェーハの開発、プロセスの高感度モニターを行っていく。その過程で量産対応機に求められる仕様を明らかにしていき、量産対応機の導入に繋げていく。

3. 総合所見

優れた成果が得られており、イノベーション創出が大いに期待できる。

パルス光伝導法(PPCM)という独自の計測技術で、高性能デバイスで要求される微量な金属汚染の検出やエネルギー準位特定などが可能であることを明らかに、シリコンウェーハの品質評価に応用できることを実証したことは高く評価できる。

計測精度とスループット向上のため、光信号の検出機構から補正・解析方法に至る要素技術を固め、産学が連携してシリコンウェーハや高感度デバイスを使って開発技術の有用性を初めて明らかにした。さらに、企業側では PPCM 装置を内製化して材料開発への応用検討を前倒してスタートさせ、実用化を加速させている。

デバイスの高性能化やシリコンウェーハの品質向上を達成する上で有効な計測手段であり、また従来にない高感度であることから他分野への展開が大いに期待される。