

## LSI デバイス開発のための AFM-IR 空間分解能向上に関する実用研究

### Practical Study on Improving AFM-IR Spatial Resolution for Development of LSI Device.

キオクシア株式会社 メモリ技術研究所, °伊藤 真知子, 山田 裕司, 伊藤 文則

Institute of Memory Technology Research & Development, Kioxia Corporation,

°Machiko Ito, Yuji Yamada, Fuminori Ito

E-mail: machiko2.ito@kioxia.com

【緒言】 LSI デバイス開発では、微細構造作製プロセスにおける材料物性変化を調べるためのナノスケールの化学結合状態分析が重要である。AFM-IR (Atomic force microscopy-based infrared spectroscopy) は結合種を検出できる赤外分光法の中で面分解能が最も高い手法だが、これまで有機材料への適用が多く [1]、無機材料の事例は少ない [2]。そこで LSI デバイス構造への AFM-IR 展開を見据え、デバイス汎用材料であるシリコン窒化膜 (SiN) を用いて面分解能の検証および改善に取り組んだ。その結果、従来の顕微 FT-IR に比べて約 100 分の 1 のスケールで化学結合情報の取得に成功した。

【実験】 面分解能検証用に、SiN (最小膜厚 30 nm) とシリコン酸化膜 (SiO) の積層構造を作製し、断面加工後に、化学結合イメージおよび各層任意の点の AFM-IR スペクトルを取得した。Fig. 1 の様に、AFM-IR では試料表面に波長可変赤外線レーザー (Pulsed tunable IR laser) を照射し、分子振動起因の赤外線吸収時に発生する瞬間的な熱膨張をカンチレバーで検出する。有機材料に比べて熱拡散係数の大きい無機材料、かつ、測定面奥行き方向に厚い断面測定

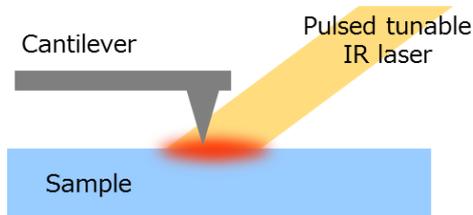


Fig. 1: Measurement overview of AFM-IR.

で面分解能を上げるための施策として、試料加工最適化 (平坦性等)、プローブ先鋭化、測定中のドリフト抑制を行った。

【結果】 面分解能改善施策前後の SiN 膜厚 30 nm 試料の化学結合イメージを Fig. 2 に示す。改善後は、SiN 層/SiO 層の輝度比は 4 倍向上し、SiN/SiO 界面で算出した面分解能は約 14 nm となった。各層の AFM-IR スペクトル (Fig. 3) では、Si-N および N-H と Si-O のピークがそれぞれ混ざり込むことなく、層単独の化学情報を取得できた。以上の結果から、AFM-IR の面分解能は顕微 FT-IR に比べて大幅に改善でき、LSI デバイス構造への展開可能性を見出した。

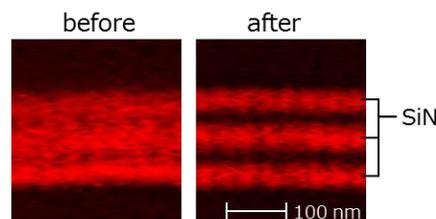


Fig.2: Si-N ( $850\text{cm}^{-1}$ ) chemical image before and after improving measurement.

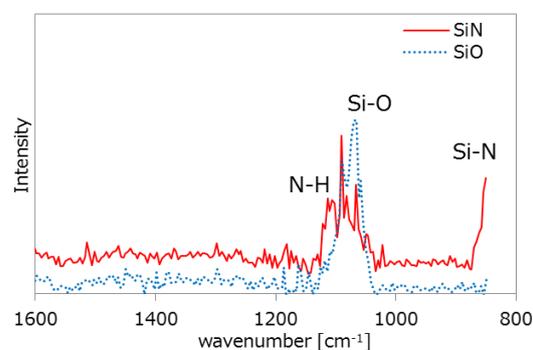


Fig.3: AFM-IR spectra of SiN and SiO layer.

[1] <https://therm-info.com/products/nanoir/>

[2] Michael K. F. Lo et al. *ECS J. Solid State Sci. Technol.* **5**, p3018 (2016).