

## ミニマル光学干渉式膜厚計の性能評価

### Performance evaluation of minimal optical interference type film thickness tester

産総研<sup>1</sup>, ミニマルファブ推進機構<sup>2</sup>, 堀場エステック<sup>3</sup>, 堀場製作所<sup>4</sup>

梅山 規男<sup>1,2</sup>, 三浦 典子<sup>2</sup>, 佐藤 和重<sup>2</sup>, 波田 美耶子<sup>3</sup>, 西里 洋<sup>3</sup>, 森山 匠<sup>4</sup>,  
クンプアン ソマワン<sup>1,2</sup>, 原 史朗<sup>1,2</sup>

AIST<sup>1</sup>, MINIMAL<sup>2</sup>, HORIBA STEC<sup>3</sup>, and HORIBA<sup>4</sup>

Norio Umeyama<sup>1,2</sup>, Noriko Miura<sup>2</sup>, Kazushige Sato<sup>2</sup>, Miyako Hada<sup>3</sup>, Hiroshi Nishizato<sup>3</sup>, Takumi Moriyama<sup>4</sup>,  
Sommawan Khumpuang<sup>1,2</sup>, and Shiro Hara<sup>1,2</sup>

E-mail: n-umeyama@aist.go.jp

**【背景】** ミニマルファブのプロセスでは局所クリーン化技術により、クリーンルームレスな環境で、界面準位密度が  $10^{10}$  states/cm<sup>2</sup> 台のデバイスを安定的に作成できている。酸化膜形成には、既に抵抗加熱型、集光加熱型、レーザー加熱型の3種類のミニマル加熱装置がラインナップされている。今後の課題は、小さなハーフィンチウエハを用いるため、特にウエハ上のデバイス利用有効面積の確保、即ち、酸化膜の面内均一性を細かく把握する事にある。ミニマルファブでは製造プロセスだけでなく評価・テストプロセスの即効性を重視しており、その意味ではインライン膜厚計の開発が有効である。実際に、ウエハ面内における酸化膜厚のインライン評価のため、ミニマル光学干渉膜厚計を開発した。本報告では、分光エリブソメトリー法（分光エリブソ）との対比を元に、光学干渉式膜厚計のミニマル装置化の概要とその性能評価について述べる。

**【装置構成】** ミニマル装置の特徴は高さ 1440mm 幅 294mm 奥行 450mm の超小型サイズに全てを作り込むことであり、かつ、その中のプロセスエリアを局所クリーン化しなければならないことにある。これには ULPA フィルタを介した吸気、密閉性向上による陽圧化、熱源分離と気流制御を行った。また、膜厚測定方式として、通常は分光エリブソを用いることが多いが、これは p 偏光 / s 偏光を入射し測定対象物の膜による偏光変化を捉えるため、表 1 に示すように広い機器空間を有してしまふ。そこでミニマル規格サイズ内へ収めるため、分光エリブソではなく干渉式を用いた。干渉膜厚計では、複素屈折率と複素消衰係数の物理データが必要となるが、それは予め分光エリブソで測っておき、そのデータを用いて膜厚換算すると、干渉膜厚計で基本的に膜厚が測定できることになる。具体的には、試料に対し垂直に光を入射させてコンパクト化を図り、反射率の分光スペクトル測定を行って、既知の屈折率等のデータを用いて膜厚を算出する方法論を採る。試料表面や基板-薄膜境界面で反射される反射光は光路上で干渉し合うので、反射率の周波数依存グラフを描くと干渉波形が得られる。実際には分光エリブソでの測定結果から屈折率と消衰係数を得て理論モデルを構築した上で、ミニマル膜厚計で計測した反射率スペクトルと対比させて、モデル値との誤差量の収束演算を行って膜厚を決定できるようにした。また本測定は、ハーフィンチウエハを対象としていて、その小さいウエハ上の膜厚の面内均一性を詳細に捉える必要があり、それに応えるために小さく絞ったスポット径を目指して光学系を設計した。

**【結果及び考察】** 装置内プロセスエリアで局所クリーン化は実現できており ISO Class3 であった (図 1)。またスポット径は直径約 65 $\mu$ m が実現でき、ウエハ面内の膜厚分布を詳細に得ることが出来た (図 2)。実際の反射率スペクトル例は図 3 に示した。本方式ではより複雑なトライアルな 3 層以上の膜構造となる SOI ウエハ上の酸化膜厚も計測できた (図 4)。垂直入射となる本方式では薄い酸化膜の計測は不得手であるので、分光エリブソでの測定結果と対比させて、実際にどの程度薄い膜厚まで有効な測定が出来ているのかを調べた (図 5)。膜厚 30nm 程度まではほぼ精度良く測れることが確認された。今後ミニマルファブでは多層膜ウエハや薄いゲート酸化膜厚でのデバイス作製を行うので、これに応じた装置改善も想定している。当日はこれらの課題に対する取り組み例も示す予定である。

### 【文献等】

[1] 西里洋, 他, HORIBA Technical Reports, 47 (2016) 2.

表 1 膜厚測定の手法の比較や装置概要

| 測定原理    | 分光エリブソメトリー  | 光学干渉  |
|---------|---|---|
| 分光波長    | 450~1000nm  | 450~700nm   |
| スポットサイズ | 500×500 $\mu$ m<br>~25×60 $\mu$ m   | ~ $\phi$ 60 $\mu$ m   |
| 特徴      |  |  |

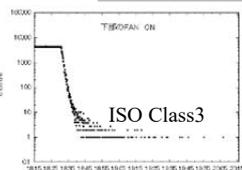


図 1 装置内パーティクル量の時間変化

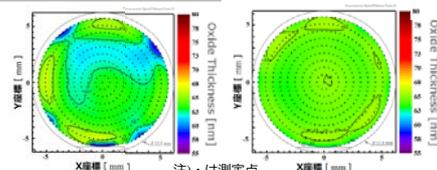


図 2 ウエハ面内膜厚分布 (レーザー加熱装置の改善前(左)・後(右)比較)

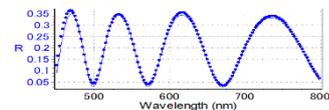


図 3 反射率スペクトル例 (フォトレジスト)

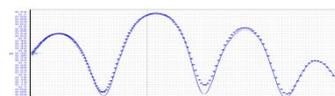


図 4 3 層以上の膜構造での計測結果 (点: 反射率, 実線: フィッティング)

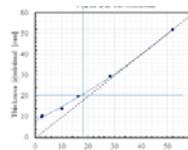


図 5 薄い酸化膜での検証結果 (干渉式での膜厚 vs 分光エリブソでの膜厚)