

小型簡易分光反射率測定器の応用 ～シリコンウェーハ上に塗布したレジストの膜厚測定～

Application of compact and simple spectral reflectometer ～Film thickness measurement of resist coated on silicon wafer～

増山 拓海¹⁾

指導教員 黒木 雄一郎¹⁾ 研究協力者 加藤 聖隆²⁾

1) サレジオ工業高等専門学校 機械電子工学科 電子セラミック研究室

2) 有限会社サーフクリーン

キーワード：光反射率, 膜厚, 可視光

1. はじめに

分光反射率測定器は、物質表面の反射率を波長成分ごとに測定する分析機器の一つである[1]。物質表面における波長ごとの反射率を測定することにより、目視より精密に色の違いを定量化することが可能となる。一般に光反射率測定器は精密な測定が可能な反面、高価で装置が大型である。一方、実際の生産現場では、小型且つ迅速な測定が可能である機器が必要とされている。そのような市場からの要求に対して私の所属する研究室では小型簡易分光反射率測定器を開発した[2]。本研究では、この小型測定器の応用の一例としてシリコンウェーハ上に塗布したレジストの膜厚測定を行った。

2. 実験方法

図1に分光反射率測定器の断面概略図を示す。光源として白色LEDを使用し、光路断面積は 10mm^2 となるように設計した。分光器モジュールにはC12880MA(浜松ホトニクス)を搭載したカラーコンパスPCF(ATシステム)を使用した。本体は黒色の3Dプリンタフィラメント(PLA樹脂)で製作した。入射角度は 60° 、 45° 、 20° の3種類をそれぞれ製作した。

試料の測定前にすべての光を遮断しダークデータを取得した。ノイズ低減のため積算回数を200回、露光時間は $265\mu\text{sec}$ とした。ホワイトデータの取得にはPTFEを用いた。試料はシリコンウェーハ上にレジスト膜を塗布し、いくつかの条件でプ

ラズマエッチングしたものを用いた。試料の総数は14とした。試料1から5はプラズマ未処理、試料6から8は1回処理、試料9から11は2回処理、試料12から14は3回処理である。処理回数の増加によりレジスト膜厚は減少することが予想される。

光の入射角を 20° 、 45° 、 60° とし、試料に対する光の入射方向を縦と横の2方向に変えて、一試料あたり計6つの条件で測定を行った。縦向きとは、測定する際に試料を 90° 回転させたものである。試料1から14までの可視反射率スペクトルを測定し、そのスペクトルから膜厚の計算を行った。図2に、一例として試料14の入射角 45° 、横向きの場合の反射スペクトルを示す。図2の1から9のピークを①式に代入することにより膜厚を算出した。その際、レジスト膜の屈折率は $n=1.7$ とした。市販の膜厚計により測定した膜厚と、簡易小型分光反射率測定器で算出した結果を比較して簡易分光反射率測定器の評価を行った。

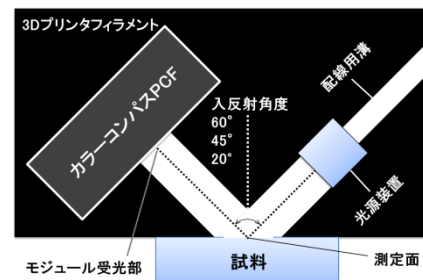


図1 分光反射率測定器の断面概略図

3. 結果

市販の膜厚計で測定した膜厚と、本研究で算出した膜厚の相関図を作成した。図3に角度ごと、光の入射方向ごとの相関図を示す。

図3より、どの角度、入射方向でも相関があることがわかったため、相関係数 $R^2 = S_{xy} / S_x S_y$ を算出した。ここで S_{xy} は共分散、 $S_x S_y$ はそれぞれの標準偏差である。相関係数の高さは角度ごと、入射方向ごとによって違ったが、入射角 45° 、横向き入射の場合に最も高い値 $R^2 = 0.9768$ を示した。

最後に、条件ごと、試料ごとの誤差を図4に示す。これより、入射角 45° 横向き入射のとき、試料1から12および14は誤差率-7%以内となった。以上より膜厚が $1 \mu\text{m}$ 以上の場合に比較的高精度な測定ができることがわかった。

4. 結論

小型簡易分光反射率測定器を用いて膜厚を算出した。シリコンウェーハ上に塗布されたレジストの試料では、入射角 45° 、横向き入射での測定により比較的高精度に膜厚が求められることがわかった。

5. 今後の展望

本研究では屈折率を1.7として計算した。分光エリプソメトリにより膜厚と屈折率を同時測定した結果と比較することで、本測定器の有用性を評価する。

参考文献

- [1] (社)日本分光学会編「分光測定入門シリーズ 第5巻可視・紫外分光法」
- [2] 樋口凱斗「小型簡易分光反射率測定器の製作」, サレジオ工業高等専門学校, (2019)

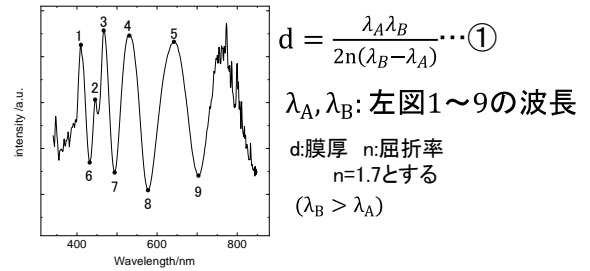
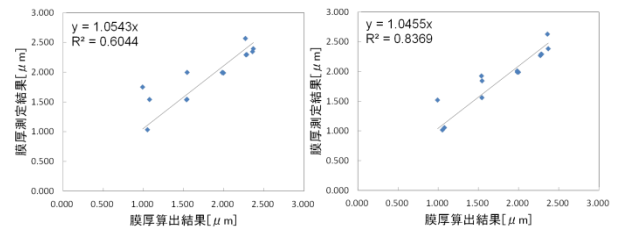
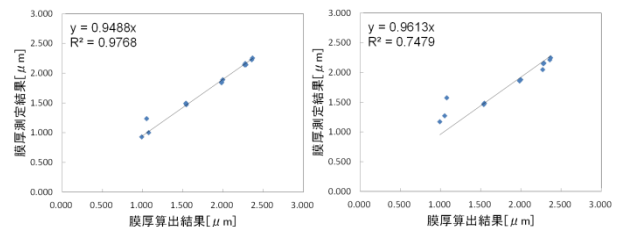


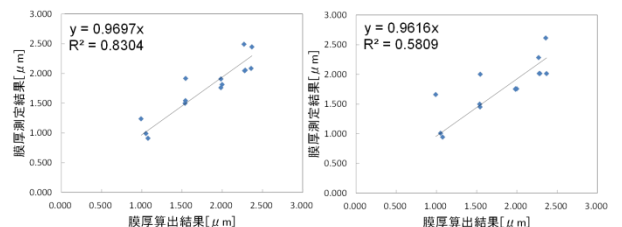
図2 反射スペクトルと膜厚算出式



(a) 入射角 20° 横向き (b) 入射角 20° 縦向き



(c) 入射角 45° 横向き (d) 入射角 45° 縦向き



(e) 入射角 60° 横向き (f) 入射角 60° 縦向き

図3 相関図

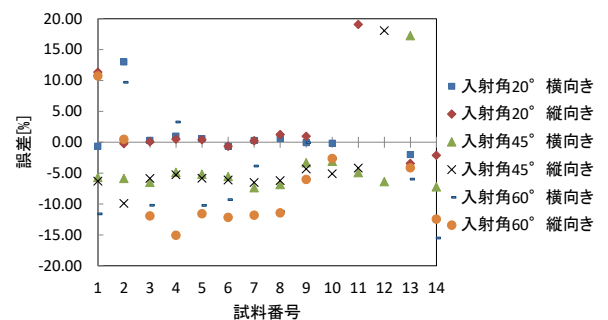


図4 試料ごとの膜厚測定結果と算出結果の誤差