

単層薄膜のむらの視覚化手法

A Visualization Method of Uneven Areas on Single Layer Thin Films

柏木利幸*, 檜垣真二**, 宮脇俊幸**, 大恵俊一郎***
Toshiyuki Kashiwagi, Shinji Higaki, Toshiyuki Miyawaki and Shunichiro Oe

掲載雑誌名：電気学会論文誌 C, 130 巻 9 号, pp.1530-1536, 2010

フィルタや平面ディスプレイ材料、半導体材料などに形成された単層薄膜のむらの視覚化手法を提案する。これらの対象製品には膜厚の高い均一性が要求されるが、目視での検査は極めて困難なものである。膜厚を計測する方法は、プローブによる接触方式、薄膜の光学的な特性を利用した非接触方式などがあるが、ポイントもしくは小領域計測であるため、時間がかかり、インライン検査には不向きである。このため、生産現場では種々の検査装置が考案されてきたが、数ナノメートル以下の膜厚差が問題となる微弱むらの検出は容易ではなかった。

提案手法では、直線移動テーブルにワークを載せ、カラーラインセンサカメラと、3波長蛍光灯を上部正反射位置に設置して画像を取得する。この時、むらの変動が最も良く観察できるようにカメラと照明の撮影角度を調整する。この角度は、ワークの屈折率と薄膜の膜厚設計値より計算により求める。得られたカラー画像は、3波長それぞれの膜厚による干渉強度の変化を表す色むら画像となる。

つぎに、得られた色むらカラー画像の均一エリアより基準ベクトルを求める。基準ベクトルは検査対象物の均一エリアの平均ベクトルと定義し、これを p_s とおき、頻度画像を利用して p_s を求める。頻度画像はカラー画像の色の出現頻度を画像化したもので、頻度画像の頻度の高い部分は均一領域を、頻度の低い部分は不均一領域を表している。頻度画像において頻度の高い画素から降順に検査エリアの 50% に相当する画素数までを抽出する。その後、抽出したそれらの画素に対応する元のカラー画像のカラー値の平均ベクトルを求め、これを基準ベクトル p_s とする。これにより不均一部分を平均値計算から除去で

き、均一エリアにおける信頼性の高い平均ベクトルを取得することができる。

最後に、基準ベクトルを基に視覚化を行う。視覚化手法は、微弱な膜厚差の視認に適したカラー表示手法と、むらの強度を濃淡表示するモノクロ表示手法を開発した。

カラー表示手法では、カラー値として取得された干渉画像の各画素のカラーベクトルを p 、可視化基準とするカラーベクトルを p_o とすると、表示のための可視化ベクトル p_v を次式で定義する。

$$p_v = p_o + k_c(p - p_s) \quad (1)$$

ただし、 k_c は正の定数

モノクロ表示手法では、基準の明るさを Y_o とし、表示する画素の明るさ Y を次式で定義する。

$$Y = Y_o + k_m \|p - p_s\| \quad (2)$$

ここで、 k_m は定数で、 $\|p - p_s\|$ は、二つのベクトル間のユークリッド距離を表す。

直径 20cm のシリコンウェハ上に形成された、膜厚約 100nm の単層シリコン酸化膜について、その膜厚むらを可視化する実験を行ったところ、2nm 程度の高低差のあるむらを視認することが可能であった。図 1 に、式 (2) によるサンプルのモノクロ表示結果を示す。

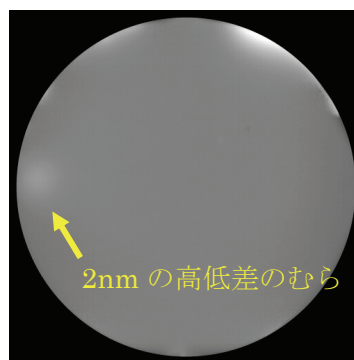


図 1 シリコン酸化膜のむらのモノクロ表示結果

*企画情報課, **浜松メトリックス株式会社,
***四国大学