

スキャトロメトリを応用した回折格子溝断面の高精度非破壊計測技術 (2)

Non-destructive Measurement Method of Grating Groove Profile using Scatterometry (2)

㈱日立製作所 横浜研究所¹, ㈱日立ハイテクノロジーズ 研究開発本部²

○廣瀬 丈師¹, 松井 繁², 江島 佳定²

Hitachi, Ltd., Yokohama Research Laboratory¹,

Hitachi High-Technologies Corporation, Research and Development Division²

○Takenori Hirose¹, Shigeru Matsui², Yoshisada Ebata²

E-mail: takenori.hirose.mw@hitachi.com

1. はじめに

回折格子は、基板上に微細な溝を繰り返しの形成したもので、その製造は、機械的刻線方式やホログラフィック露光方式の他に、半導体製造に用いるリソグラフィ技術を応用した方式も開発されている[1]。回折格子の性能は、上記溝の断面形状によって異なるため、その形状を評価する必要がある。我々は、高精度に非破壊で、繰り返しの溝形状を測定可能なスキャトロメトリを、回折格子向けに応用するための技術を開発中である。

2. スキャトロメトリとは

溝形状が既知であれば、試料表面の分光反射率等の光学特性を計算することができる。そこで、予め様々な溝形状を想定した光学特性のライブラリを計算し、実際に検出した光学特性と比較して最も近い計算値を抽出し(ライブラリマッチング)、それを算出したときの溝形状を測定形状として出力する。本研究では光学特性として分光エリブソデータ(Δ , Ψ)を用いた(図 1)。

3. マルチガウシアンモデルの改良

適切な測定を実現するには、溝形状をどのようなモデルで表現するかが重要となる。前報[2]で、水平方向に展開した 4 つのガウス分布を足し合わせた形状モデル(マルチガウシアンモデル)を提案し、従来の台形を垂直方向に積み重ねたモデルと比較して、形状を決定するパラメータ数を大幅に低減できることを示した。本報告では、測定対象の形成プロセスに着目し、さらにパラメータ数を削減した改良マルチガウシアンモデルを提案した(図 2)。

測定対象は、同一マスクを用い、その位置と Dose 量を変えて 5 回露光することで、非対称な溝パターンをポジ型レジスト表面に形成する。そこで、一回の露光に対し一つのガウス分布を割り当て、それらを足し合わせて非対称形状を構成する。また、ポジ型レジストでは、感光した部分

が現像工程で除去されるので、レジスト初期膜厚から上記の足し合わせた形状を減じることでモデルを形成することを考えた。

図 3 は断面を SEM 観察して実測した形状に対して、改良モデルを当てはめた結果である。同図は、ガウス分布の位置は露光位置と同じとし(等間隔)、高さと幅を可変して当てはめた。その結果、各ガウス分布の半値幅はほぼ同一となり、同一マスクで露光していることと合致することから、幅も固定値にできることを確認した。

同図に示す通り、改良モデルの形状表現誤差は、パラメータ削減前の $<3\text{nm}$ に対し $<5\text{nm}$ とほぼ同等であり、形状を十分精度良く表現可能なことがわかった。

4. 改良モデルの効果

改良前モデルでは 4 つのガウス分布でモデルを構成しており、パラメータ数は 12(高さ・幅・位置 $\times 4$)であった。改良後、ガウス分布数は 1 つ増えたがパラメータ数は 5(高さのみ)に削減できた。各パラメータにつき 10 水準のライブラリを作成する場合、演算条件数を 10^{12} から 10^5 に削減できる。

5. 形状測定評価結果

5 回露光で形成した回折格子パターンを用いて、改良マルチガウシアンモデルを用いた、断面形状の測定精度を評価した。断面を SEM 観察して測定した形状と比較して、誤差が 17nm 以内であることを確認した。

同 20nm 以内であった[2]改良前モデルと比較し、改良モデルではパラメータ削減にも拘わらず同等以上の測定精度が得られることを確認した。

[1] 角田 和之 他, 第 72 回応用物理学会学術講演会予稿集 30p-ZL-4 (2011)

[2] 廣瀬 丈師 他, 第 73 回応用物理学会学術講演会予稿集 12p-F8-9 (2012)

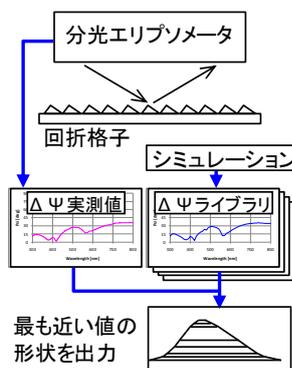


図1 スキャトロメトリ概要

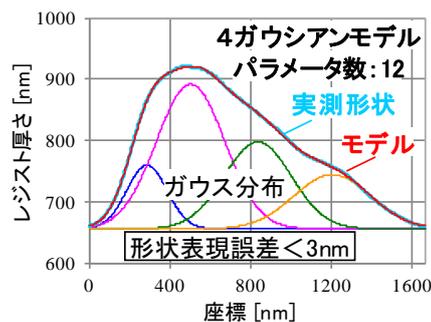


図2 マルチガウシアンモデル

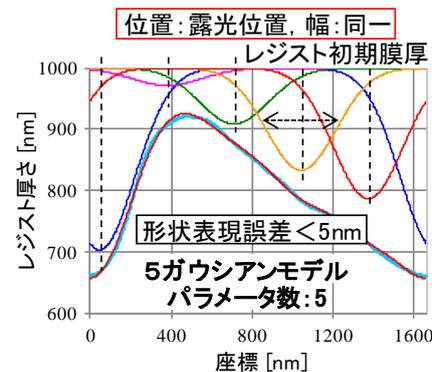


図3 改良マルチガウシアンモデル