

最近の技術から

光音響技術を用いたモアレ変位測定

羽根 一博

名古屋大学工学部電子機械工学科 〒464-01 名古屋市千種区不老町

1. ま え が き

近年、X線リソグラフィにおけるマスクとウェハの精密位置合わせに対してモアレ効果を利用する方法が提案されている^{1,2)}。マスク上に透過型の回折格子、ウェハ上に反射型の回折格子からなるマークを付けておいて、レーザー光を照射する。重ね合わせた二つの回折格子から反射、回折されたレーザー光強度が格子の横方向移動に対して格子の周期で変化すること(モアレ効果)を利用して位置合わせを行う。しかしながら、マスク上の格子とウェハ上の格子は狭い間隙で平行に設置されるため、マスク格子からの直接の反射光や格子間の多重反射光が信号光と干渉し、正確な位置決めが困難となる場合がある。反射防止コーティングをすることも可能であるが製作プロセスが複雑になることや転写への影響も問題になりうる。これまでに格子パターンの改良や信号処理法の工夫が提案されているが検出法が複雑になる。

一方、光音響法、光熱法は材料の分光研究や非破壊検査法として有効な手段となっている³⁾。この方法の特徴は試料表面での光の吸収量を高い精度で測定できることである。ここでは光音響効果を用いたモアレ変位検出法を試みたので紹介する^{4,5)}。光音響法を用いる場合、信号は吸収された光のエネルギーにより発生するのでモアレ効果による信号はマスクからの直接反射光の影響を受けない。

2. モアレ変位の光音響効果による検出

図1に光学系の概略図を示す。第1の格子 G_1 は周期 p をもつ透過型回折格子、第2の格子 G_2 は同じ周期の反射(吸収)型格子である。レーザー光を G_1 を通して G_2 に照射する。二つの格子は間隙 z を隔てて格子線が平行になるように設置される。照射するレーザー光(半導体レーザー、波長 $\lambda=830$ nm)の強度を周期的に変調すると光の吸収により周期的な熱拡散(サーマルウェーブ)が G_2 に発生する。それに伴い音波、表面の膨張、振動などの光音響効果が G_2 に発生する。 G_1 と G_2 の

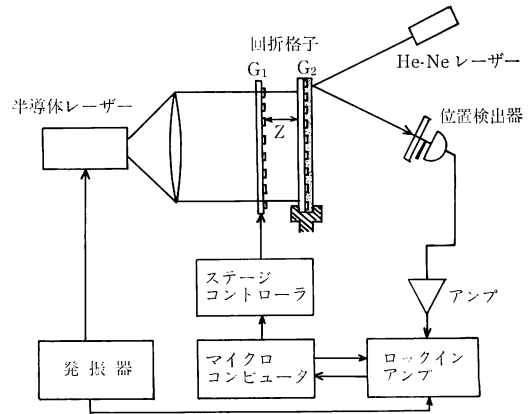
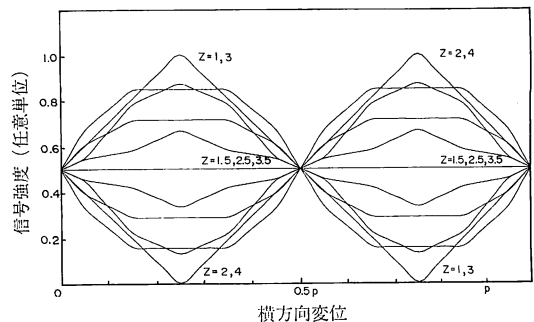


図1 実験装置の概略図

相対的な横方向変位に対して G_2 に吸収される光量が変化するので光音響信号の大きさが変化する。

光音響信号は試料で吸収された光量に比例する。 G_2 における光の吸収量を計算すると図2に示す結果が得られた⁴⁾。簡単のため透過率が1と0の矩形波状の第1格子と吸収率が1と0の第2格子を考えた。格子のデューティ比はともに0.5とした。ここで Z は距離 p^2/λ で規格化した間隙である。 G_1 の入射光が(空間的に)コヒーレントであるので G_1 透過後に回折された光が相互に干渉する。このため間隙 Z に対して G_2 上の光強度分

図2 モアレ変位信号の計算結果 (Z をパラメータとして0.1ずつ変化させた)

布は周期的に ($Z=2$ を周期として) 変化する. G_2 の格子で吸収される光量はこれらの光強度分布と G_2 の格子の吸収係数の空間的パターンの積により与えられる⁴⁾. したがってモアレ信号のコントラストも Z に対して周期的に変化する. とくに Z が整数においては G_1 を透過した直後の空間的な光強度分布が G_2 上に再生される (セルフイメージ現象). このとき信号のコントラストは最大となる. 実験においてはレーザービーム (0.8 mW) の偏向 (光てこ) により振動を検出する方法 (図 1) とマイクロフォンにより音響波を検出する方法の両方を行った. レーザービームの偏向を用いる場合, 非接触に遠方から測定できる. 信号はロックインアンプにより同期検出を行っている.

3. 測定結果の例

図 3 に光てこにより振動を検出したときの結果の一例を示す. G_1 を横方向に移動させて測定した. 半導体レーザーの強度変調周波数を G_2 の機械共振周波数と一致させると振動振幅が比較的大きくなる. 実験では共振周波数 1.32 kHz において振動振幅は 1 nm のオーダーであった. 図 3 (a) は $Z=3$ における測定結果である. 信号は回折格子の周期 (25 μm) で周期的に変化しており, コントラストは 0.15 であった. Z が整数となる場合から間隔をずらせるとコントラストが低下する. 図 3 (b) は $Z=3.5$ において測定した結果である. このとき信号の

コントラストはゼロとなる. これらの結果は図 2 に示した理論的な結果により説明できる. したがって測定結果は光音響効果によるモアレ信号であることが確かめられた. 実際には G_2 の格子の吸収率は 1 と 0 の中間の値なので測定から得られた信号のコントラストは計算の値より低くなっている. マイクロフォンを検出器として用いたときも図 3 と同様の測定結果が得られた⁵⁾. 相対変位の測定範囲は回折格子の大きさによるが本研究の場合 1 cm 程度である. マスク合わせの場合, 格子ピッチ内にあらかじめ予備的な位置決めが行われていると仮定しているため位置決めに必要な範囲は格子の 1 周期内である. 実験の測定点のばらつきは約 1/50 周期であった. 今後より高精度化および定量的研究を行うことで位置決めに用いることができると考えられる.

4. おわりに

ここでは, 光音響法を用いて光の吸収量の測定によりモアレ変位測定が行えることを紹介した. この測定法では光の吸収により発生するわずかな熱を利用しているので, 簡便な検出器が少ない X 線や赤外線領域においても比較的簡単な装置でモアレ変位測定が行えるのではないかと考えられる. 新しい光計測のヒントの一つになれば幸いである.

本研究を行うに当たり有意義な助言をいただいた服部秀三教授に感謝いたします.

文 献

- 1) S. Ishihara: "High precision positioning for sub-micron lithography," Bull. Jpn. Soc. Precis. Eng., **21** (1987) 1-8.
- 2) Y. Uchida, S. Hattori and T. Nomura: "An automatic mask alignment technique using moire interference," J. Vac. Sci. Technol., **B51** (1987) 244-247.
- 3) A. C. Tam: "Application of photoacoustic sensing techniques," Rev. Mod. Phys., **58** (1986) 381-431.
- 4) K. Hane, S. Watanabe, S. Hattori and T. Goto: "Moire signals by the photoacoustic effect," Opt. Lett., **15** (1990) 1318-1320.
- 5) K. Hane, S. Watanabe and T. Goto: "Moire displacement detection by the photoacoustic technique," Proc. SPIE, **1332** (1990) 577-583.

(1990年11月12日受理)

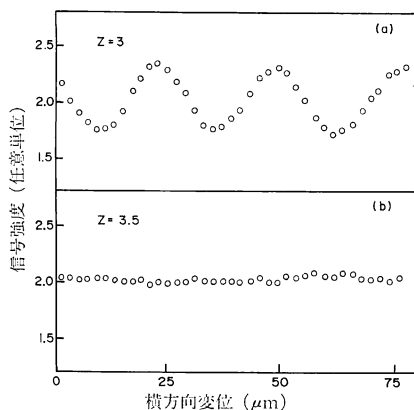


図 3 モアレ変位信号の測定例