

2 光束レーザ干渉法による超精密段差膜厚測定

内田悦行・赤尾保男

Super Precision Step High Measurement Using Twin Path Laser Interferometer

Yoshiyuki UCHIDA and Yasuo AKAO

Two new methods for thin film thickness measurement are described. The first method makes use of a polarization interferometer and the second method utilizes a double twin path interferometer. These methods are highly precise and can be used for research and development required for the evaluation of various lithographic processes.

The polarization interferometer was found to possess excellent linearity and very high sensitivity 0.1nm. This was achieved by using a Rochon prism as a beam splitter-recombiner. Aluminium films with thickness ranging from 70nm to 300nm were measured under normal laboratory conditions, with a precision better than ± 30 nm.

In the double twin path interferometer, a grating beam splitter-recombiner was used to maintain the reference surface level constant. Actual thickness measurements of aluminium films with thickness ranging from 70nm to 300nm shown a maximum error of about ± 20 nm. Remedies for an improvement of the precision are discussed.

1. はじめに

大規模半導体集積回路 (VLSI) の高密度・高集積化は、近年急速に進んでいる。これを支える基礎技術に、微細加工技術・薄膜技術がある。そこでは、膜厚並びにパターン線幅を高感度かつ高精度で測定し、制御することが必要である。著者らが提案したレーザ干渉法を用いる種々の微小変位・段差膜厚測定技術について、その原理及び実験結果をまとめて報告する。またこれらの測定技術は、熱膨張係数・電歪係数等の物性定数測定にも適用できるものである。

ここに述べるレーザ干渉法は、近接2光束を用いる高感度の偏光干渉法並びに回折次数干渉法であり、段差試料の超精密測定を実現するものである。その基本原理を図1に示す。光学系に入射したレーザビームは、分離・結合素子で2光束に分離された後、一方は固定された基

準面で、他方は基準面に対して微小変位・段差をもつ変位面で反射される。それぞれの反射光は、再び分離・結合素子で結合され、干渉光として検出される。変位面の段差つまり2光束間の光路差は、干渉光の強度変化として観測される。

2. 近接2光束レーザ干渉法¹⁾

近接2光束レーザ干渉法の特徴は、分離された後の2光束が非常に近接した光路を通るため、両光路における温度変化や振動等の外乱を相殺することができ、高い精度が得られることである。ここでは、近接2光束を得るための分離・結合素子として、ローションプリズムを用いた偏光干渉法と、回折格子を用いた回折次数干渉法についてまとめる。また、回折次数干渉法については、次の3種類の方法を取り扱う。(1)単に2光束を用いたもの、(2)双対2光束と名付ける二重に2光束を用い自動的に試料のレベリングを行うもの、(3)交互2光束と名付ける二重の2光束をシャッタなどにより交互に抽出し信号処理するもの。

さらに、それぞれの干渉法において、干渉光の信号を検出する上で次のような工夫を行っている。

(1) 零位法

レーザ光源の強度変動等の影響をなくし、高精度で検出するために、干渉光の強度最小となる零位点を求める。偏光干渉法では検光子の回転により、また回折次数干渉

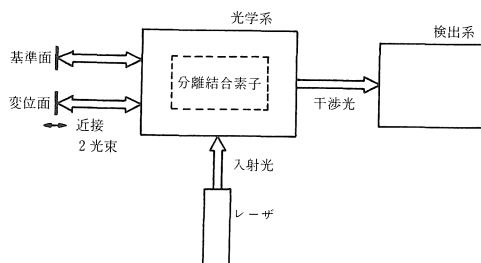


図1 近接2光束レーザ干渉法

法では位相補償板の回転により、零位点を求める。

(2) 変調法

システムの S/N 比をよくするために、干渉光を変調し、光学系及び検出系で生じる雑音から信号を分離検波する。偏光干渉法ではファラデーセルにより偏光面を、回折次数干渉法——双対 2 光束——では位相変調板により位相を、それぞれ変調し、出力信号を同期検波する。

また実際の段差膜厚測定においては、それぞれの干渉法の特徴に応じて種々の測定機構が適用されている。一般に段差膜厚の様に、基準面からの相対的な変位を測定する場合には、次の二つのステップが必要である。第 1 のステップでは、基準面の傾きを測定する。第 2 のステップでは、その傾きをもとに段差を基準面からの相対的な変位量として測定する。従来は、この二つのステップを実現するために、試料を X-Y ステージに載せ、シフトさせる方法がとられてきた。すなわち第 1 のステップ

で、基準面に 2 光束が共に入射するような位置に試料をセットし、干渉光の強度を測定する。第 2 のステップで、一方の光束が基準面に、他方の光束が段差膜厚に、それぞれ入射するように試料をシフトさせ、干渉光の強度を測定する。そしてこれらの干渉光の強度の差から段差膜厚を求める。しかしこの方法においては、試料をシフトさせる際に生じる基準面の傾きの変動が大きく、正しい段差情報が得られ難い。すなわちレベリングの精度で正確度が決まる。

そこで試料をシフトさせる方法の代りに、平行平板により光束をシフトさせる方法を試みた。また分離・結合素子あるいは試料を回転させる方法も試みた。回折次数干渉法における双対 2 光束法と交互 2 光束法は、基準面のレベリングの問題を解決するために新しく開発したシステムである。

これらの特徴をまとめたものを表 1 に示す。

表 1 近接 2 光束レーザ干渉法

	干 渉 法		分離結合素子	信 号 検 出		段差膜厚測定機構	備 考
				零位法	変調法		
1	偏光干渉法		ローションプリズム	検光子の回転	ファラデーセル	a. 平行平板による光束のシフト b. 回転	図 2 参照
2	回折次数干渉法	2 光束	回折格子	位相補償板の回転	—	(1) 分離結合素子の回転 (2) 試料の回転	図 6 参照
3		双対 2 光束			位相変調板	P Z T による試料の自動レベリング	図 7 参照
4	交互 2 光束	—		—	—	シャッタにより 2 光束を交互に検出し、信号処理で試料の傾きを相殺する。	図 9 参照

て、検光子と光電検出器を用いて測定される。

3. 偏光干渉法^{2~4)}

3.1 原理

このシステムの原理を図 2 にそって説明する。Y 軸方向に偏光したレーザ光は、半透鏡で光路を直角に曲げられた後、ローションプリズムで Y 軸と ±45 度の方位角をもつ強度の等しい 2 光束の直線偏光に分離される。2 光束は焦点面に配置されたレンズの作用で、それぞれ試料面上に焦点を結ぶ。反射光は同じ光路を逆に通る、ローションプリズムで再び結合される。そして 1/4 波長板により、これらの 2 光束はそれぞれ左右の円偏光となる。左右の円偏光の位相差は、光束がローションプリズムで分離され再び結合されるまでの光路差から生じる。そしてこの円偏光の位相差は、直線偏光の方位角のずれとし

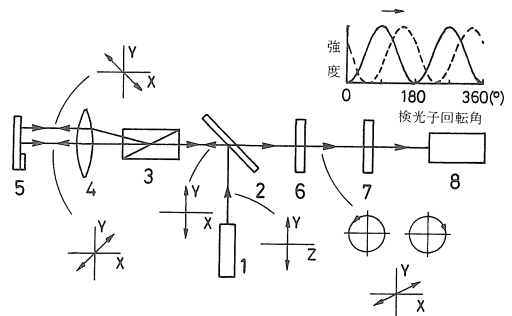


図 2 偏光干渉法の原理

- 1 : レーザ, 2 : 半透鏡, 3 : ローションプリズム,
- 4 : レンズ, 5 : 試料 (基準面と薄膜を含む),
- 6 : 1/4 波長板, 7 : 検光子, 8 : 光電検出器

3.2 零位法

直線偏光を検光子の回転角度に対して測定すると、その強度は図2に示すように $\sin^2\theta$ 特性となる。ここで2光束に光路差が生じると、方位角が回転し、図の破線で示すような $\sin^2(\theta+\alpha)$ 特性となり角度方向に位相シフトする。このシフト量は光路差に比例する。したがって、検出力の最小値を与える検光子の角度変位を読み取ると、シフト量が高い精度で得られる。

光路差は変位量の2倍に相当し、またシフト量180度は、360度の位相差すなわち1波長 λ の光路差に相当する。したがってシフト量180度は、変位量に換算して半波長に相当する。検光子の角度として0.001度が測定できるので、波長632.8nmのHe-Neレーザーを用いた場合、これによる検出限界は0.002nmとなる。

3.3 変調法

図2の配置において、1/4波長板と検光子の間にファラデーセルを挿入する。ファラデーセルに交流電圧をかけると、磁界変調により直線偏光の方位角が変調を受ける。したがって検光子を通過した光束は強度変調されたものとなり、検出力はロックインアンプで同期検波できる。

3.4 実験結果

理想的な環境条件下では、システムの感度は、偏光方位角度測定部の感度で決まり、0.002nmと高い。実際には環境条件を完全に制御することはできないが、通常の外乱に対する保護を行えばかなり良い感度が得られる。本システムでは0.1nm程度の変位の検出が確かめられた。

また10秒あたりのロックインアンプの出力の変化を変位量に換算して求めた安定度は、60%の場合に0.1nm以下であった。また最高データは10秒あたり0.005nmであった。

3.5 段差膜厚測定機構

3.5.1 平行平板による光束のシフト

図3(a)のように、平行平板をレンズと試料の間に挿入し、その傾きを変える。まず2光束がどちらも基準面に入射するように試料をセットして、この時の最小検

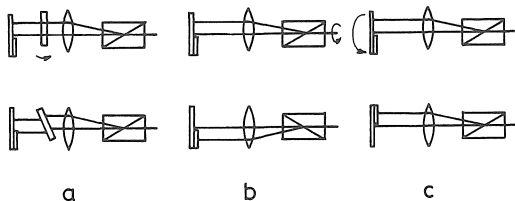


図3 偏光干渉法における段差膜厚測定機構

- (a) 平行平板による光束のシフト
- (b) 分離結合素子(ローションプリズム)の回転
- (c) 試料の回転

出力を与える検光子の角度を読み取る。次に平行平板を傾けて、一方の光束が膜厚部分に入射するようにし、再び最小検出力を与える検光子の角度を読み取る。これらの検光子角度の差から段差膜厚を求める。

図4に、アルミニウムのスパッタ蒸着量から計算した段差膜厚に対する測定段差膜厚を示す。精度は±3nmである。また光学干渉顕微鏡で測定した結果も、同時に示す。

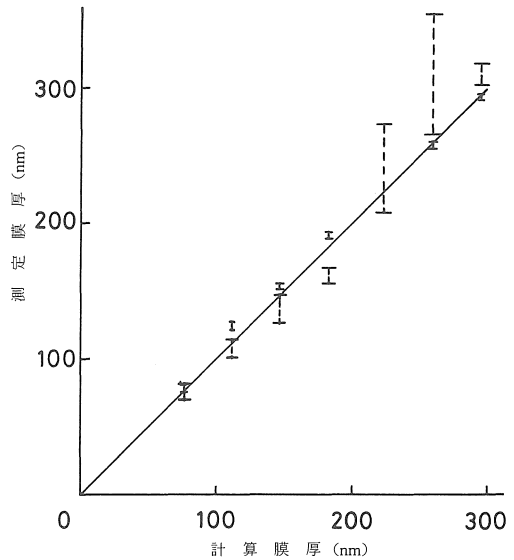


図4 偏光干渉法による段差膜厚試料の測定
光学干渉顕微鏡膜厚測定法 (---)
偏光干渉膜厚測定法 (—)

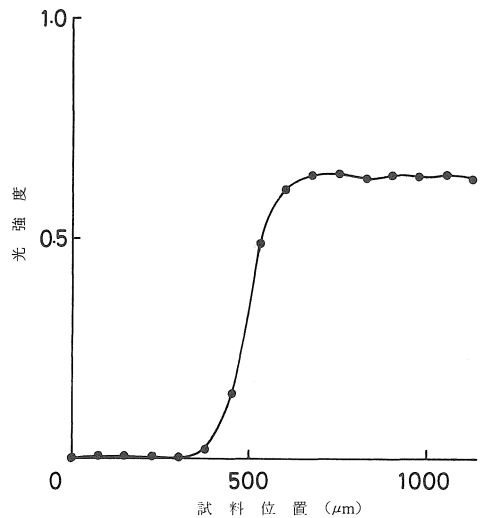


図5 段差膜厚測定におけるエッジの影響

この方法で、レジストパターン等の幅の狭い段差膜厚を測定する時は、光束のスポットの大きさ及び膜厚のエッジの影響を考慮しなければならない。図5に、膜厚の

エッジ特性の測定例を示す。平行平板の傾角を連続的に変化させ、膜厚のエッジをはさむように2光束を移動させた。そして検光子の角度を一定にした状態で得られた出力を正規化したものである。段差膜厚220nmの試料をビーム径200 μ mで測定した。

3.5.2 回転

(1) 分離・結合素子の回転

図3(b)のように、分離・結合素子(ローションプリズム)を180度回転し、一方の光束を中心として他方の光束を点対称の位置に移動させる。この時、回転する前後でそれぞれ最小検出力を与える検光子の角度を読み取ると、これらの差が段差膜厚の情報を与える。

このシステムにおいては、ローションプリズムの回転の際に生じる光軸のずれが光路差に影響し、再現性のあるデータは現在得られていない。しかし高精度の安定した回転機構を用いれば、簡便に測定できる方法と考える。

(2) 試料の回転

図3(c)のように、一方の光束のスポット位置を中心として試料を定速度回転させる。この時、試料面上で一方の光束を中心にして、他方の光束が円を描いて移動することになる。試料の回転面は一般に光束に対して垂直から若干の傾角を持つので、回転とともに一定の規則性で光路差が変化する。したがって検光子の方位角度を固定した場合、検出力も規則的に変化する。しかし段差の部分ではこの規則性がくずれ、検出力は不規則となる。そこでこの不規則部分の信号を解析することにより、段差膜厚の情報を得る。

このシステムにおいては、回転による振動が影響すること及び信号の解析が複雑なことから、再現性のあるデータは現在得られていない。振動対策と信号解析に時間幅を測定するなどの工夫を行えば、精度のよい段差膜厚測定が可能であると考えられる。この方法には、全周にわたる変位情報が得られるという特徴がある。

4. 回折次数干渉法—2光束—⁵⁾

4.1 原理

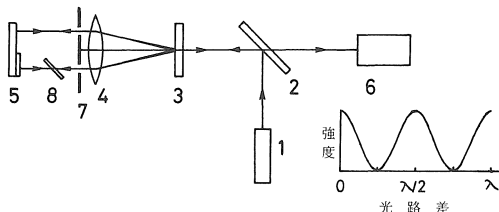


図6 回折次数干渉法—2光束—の原理

- 1: レーザ, 2: 半透鏡, 3: 回折格子,
4: レンズ, 5: 試料(基準面と薄膜を含む),
6: 光電検出器, 7: アパーチャ, 8: 位相補償板

このシステムの原理を図6にそって説明する。レーザー光は、半透鏡で光路を直角に曲げられた後、回折格子により-1次, 0次, +1次の3光束に分離される。3光束は焦点面に配置されたレンズの作用で、それぞれ試料面上に焦点を結ぶ。このうち2光束のみをアパーチャにより選択して通過させる。選択された2光束は試料面で反射され再びレンズを通った後、回折格子で結合され干渉光となる。この干渉光の強度を検出器を用いて測定する。回折格子によって光束を分離してから再び回折格子で重ね合わせるまでの間に、それぞれの光束が通って来た光路長の差により、観測される干渉光の強度が変る。

4.2 零位法

図6において2光束の光路差に変化が生じると、その変化に相当して干渉光の強度は、図のように正弦的に変化する。ここでレンズと試料の間の一方の光束に位相補償板を挿入する。位相補償板は薄いガラス板で作られており、マイクロスクリュの回転により精密に傾けることができる。位相補償板の傾きをわずかに変えると、試料面を照射する回折光の光路長がわずかに変化して、2光束の光路差を精密に調整することができる。

熱膨張係数の測定のような静的な変位の測定においては、予め位相補償板の傾角に対して補償光路長を校正しておく。そして試料面の変位に対応して、干渉光の強度を常に最小にするように位相補償板の傾角を調整して、生じた光路差を補償する。したがって、位相補償板の傾角の変化から生じた光路差(=2×変位量)を換算して求めることができる。

また圧電体PZTの振動のような動的な変位の測定においては、2光束の位相差が $1/8\lambda$ に、すなわち干渉光の強度が最大値と最小値の和の $1/2$ の値になるように位相補償板の傾角を調整する。この時、振動変位に対する干渉光の強度変化は最大となる。また変位量が $1/8\lambda$ に比べて十分小さければ、変位量に対する干渉光の強度変化は線形となり、

$$\begin{aligned} \delta_0 &= \lambda / (2\pi) \Delta I_n \\ &= 1.007 \times 10^2 \Delta I_n (\text{nm}) \end{aligned} \quad (1)$$

で表わされる。ここで δ_0 は変位量、 ΔI_n は最大値と最小値で規格化した干渉光の強度変化である。

4.3 段差膜厚測定機構

4.3.1 平行平板による光束のシフト

偏光干渉法で述べた3.5.1の方法と同様の方法が適用可能である。

4.3.2 回転

(1) 分離・結合素子の回転

分離・結合素子(回折格子)を回転させる。回転の全周にわたり変位情報が得られる。そこで回折格子を定速

度回転させて、3.5.2(2)の試料を回転させる場合と同様の解析方法を適用することができる。

(2) 試料の回転

偏光干渉法で述べた3.5.2(2)の方法と同様の方法が適用可能である。また、この方法では(1)で述べた分離・結合素子の回転と同様に、回転の全周にわたり変位の情報が得られる。しかし回転面の変動は誤差の要因となり、回折格子を回転させる(1)の方が有利であるといえる。

5. 回折次数干渉法—双対2光束—⁶⁻⁸⁾

5.1 原理

このシステムの原理を図7にそって説明する。レーザ光は、回折格子により-1次, 0次, +1次の3光束に分離される。それぞれB(-1), A(0), C(+1)と表わす。3光束は焦点面に配置されたレンズの作用で、それぞれ試料面上に焦点を結ぶ。反射光は再びレンズを通った後、回折格子で再度回折し、結合される。ここで1回目の回折の次数と2回目の回折の次数をそれぞれ括弧内の第1と第2の数で表わす。回折光B(-1, 0)とA(0, -1)は重なり合い、干渉光として検出器1Aで検出される。回折光C(+1, 0)とA(0, +1)も同様に重なり合い、干渉光として検出器1Bで検出される。また回折光A(0, 0), B(-1, +1), C(+1, -

1)も重なり合い干渉光となるが、これはストップにより除去する。したがって検出器1Aでは、基準面に入射する2光束の光路差が検出され、検出器1Bでは基準面と段差膜厚に入射する2光束の光路差が検出される。

5.2 零位法

図7においてそれぞれの2光束の光路差に変化が生じると、その変化に相当してそれぞれの干渉光の強度は図6に示した場合と同様に正弦的に変化する。ここで2光束(B(-1)とC(+1))に対して、レンズと試料の間にそれぞれ傾角可変の位相補償板を挿入する。位相補償板の傾きをわずかに変えると、試料に入射する回折光の光路長もわずかに変化して、2光束の光路差を精密に調整することができる。

実際の測定においては、それぞれの位相補償板を調整して、両2光束の干渉光の強度が最小となるように初期設定し、測定中はこの零位点を保つように制御する。

5.3 変調法

図7において、レンズと試料の間でそれぞれの2光束が共有する光束(A(0))に位相変調板を挿入する。位相変調板は薄いガラス板で作られており、圧電積層体PZT stackの振動により、その傾角は微小振動する。位相変調板の傾角の変化は光路長の変化を生じる。したがってそれぞれの干渉光は、PZT stackの振動周波数でその強度が変調される。そして検出器からの出力はロックインアンプを用いて同期検波される。

5.4 段差膜厚測定機構

5.4.1 基準面レベリング

図7において基準面のレベリングは、検出器1Aの出力をPZTにフィードバックして、その伸縮により機械的に制御される。検出器1Aでは、基準面に入射する2光束(A(0), B(-1))の干渉光が検出される。初期設定で位相補償板により干渉光の強度を最小になるよう調整しておけば、以後はこの状態に自動的に制御される。すなわち、基準面の傾きに変化が生じた場合、2光束の光路差が変化し、検出器1Aで検出される干渉光の強度も変化する。そしてこの変化量を打ち消す電圧がPZTに印加され、PZTを伸縮させ、基準面の傾きが常に初期状態に制御される。

5.4.2 段差膜厚測定

図7において段差膜厚測定は、検出器1Bの出力をサーボモータにフィードバックしてその回転角を読み取ることにより行われる。検出器1Bでは、2光束(A(0), C(+1))の干渉光が検出される。初期設定で干渉光の強度を最小にするように位相補償板を調整しておけば、以後はこの状態に自動的に制御される。すなわち2光束の光路差に変化が生じた場合、検出器1Bで検出される

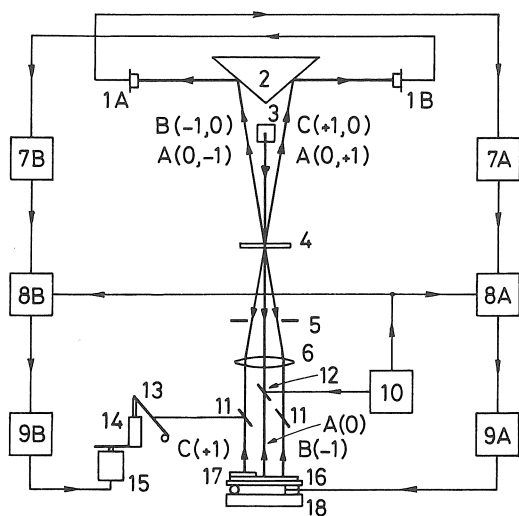


図7 回折次数干渉法—双対2光束—の原理

- 1 : 光電検出器, 2 : プリズム反射鏡, 3 : レーザ,
- 4 : 回折格子, 5 : アパーチャ, 6 : レンズ,
- 7 : プリアンプ, 8 : ロックインアンプ,
- 9 A : P Z T制御回路, 9 B : サーボモータ制御回路,
- 10 : 発振器, 11 : 位相補償板, 12 : 位相変調板,
- 13 : タンジェントバー, 14 : スクリュゲージ,
- 15 : サーボモータ, 16 : ステージ,
- 17 : 試料 (基準面と薄膜を含む), 18 : P Z T

干渉光の強度も変化する。そしてこの変化量を打ち消すようにサーボモータが回転して、位相補償板の傾角を変え、2光束の光路差が常に初期状態となるよう制御される。

したがって、予めサーボモータの回転角に対して補償光路差を校正しておけば、サーボモータの回転角から生じた光路差を求めることができる。実際の測定では、最初試料を2光束とも基準面に入射するような位置にセットし、サーボモータも初期状態に調整する。次に試料をシフトして、一方の光束(C+1)が段差膜厚部に入射するようにする。この時、2光束に生じた光路差(=2×段差)はサーボモータの回転により自動的に補償されるので、この時のサーボモータの回転角から段差の情報が得られる。またこれらの一連の過程で基準面のレベルリングは、5.4.1に述べた制御で常に一定に保たれている。

5.5 実験結果

図8は、アルミニウムのスパッタ蒸着で作製した段差膜厚試料(70nm-300nm)を測定した結果で、偏光干渉法で測定した結果と比較している。測定誤差の最大値は±20nmである。

また安定度については、1分あたりのロックインアンプの出力の変化を変位量に変換して測ると、80%の場合に±5nm以下であった。

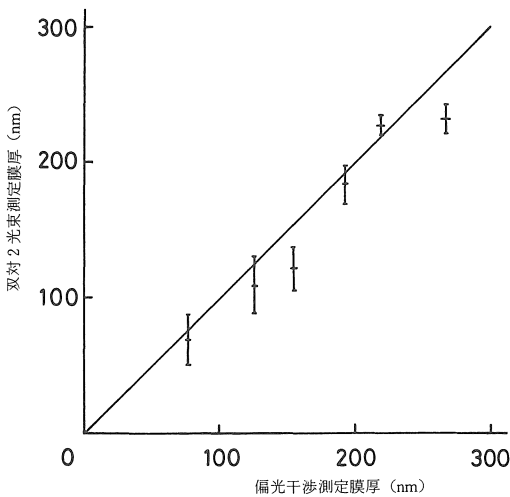


図8 回折次数干渉法——双対2光束——による段差膜厚試料の測定

6. 回折次数干渉法—交互2光束—⁹⁾

6.1 原理

このシステムの原理を図9にそって説明する。レーザー光は、半透鏡で光路を直角に曲げられた後、回折格子に

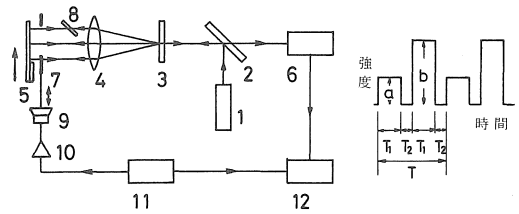


図9 回折次数干渉法——交互2光束——の原理

- 1: レーザ, 2: 半透鏡, 3: 回折格子,
- 4: レンズ, 5: 試料(基準面と薄膜を含む),
- 6: 光電検出器, 7: シャッタ, 8: 位相補償板,
- 9: 振動コイル, 10: アンプ, 11: 発振器,
- 12: ロックインアンプ

より-1次, 0次, +1次の3光束に分離される。3光束は焦点面に配置されたレンズの作用で、それぞれ試料面上に焦点を結ぶ。ここで3光束の幅より若干狭く、2光束のみ通過できる口径をもつシャッタを挿入する。シャッタは振動コイルにより一定の周波数で光束に対し垂直方向に振動させ、交互に2光束の組(0次と-1次及び0次と+1次)が通過できるようにする。通過した2光束は試料面で反射され再びレンズを通った後、回折格子で結合されて干渉光となる。光電検出器でその干渉光の強度を検出する。

この時の干渉光の強度変化は、シャッタの振動周期Tに対し図の様になる。T₁は2光束がシャッタを通過している時間で、交互の2光束の組に対してそれぞれ干渉光の強度a及びbが得られる。またT₂は0次光のみが通過している時間である。干渉光の強度a及びbは、回折格子によって光束を分離してから再び回折格子で重ね合わせるまでの間に、それぞれの光束が通って来た光路長の差により決まる。その強度は図6と同じく正弦的に変化する。

ここで試料面の傾きの変化は、それぞれの光束に対して光路長の変化を生じさせる。しかし各2光束では、一方の2光束で生じた光路長の相対的な変化と他方の2光束で生じた光路長の相対的な変化は、符号が反対で絶対値は等しくなる。そこで初期設定で干渉光の強度a及びbをどちらも最大値と最小値の和の1/2の値となるように調整する。光路差の微小変化に対する干渉光の強度変化は線形となるから、試料面の傾きの変化によって生ずる干渉光の強度a及びbの変化も、符号が反対で絶対値は等しくなる。したがってそれらの和a+bは常に一定となる。

検出器で検出される干渉光の強度を、Tを周期とする周期関数としてフーリエ展開すると、

$$f(t) = 1/2 \left(V_0 + \sum_{n=1}^{\infty} V_n \cos(2n\pi t/T) \right) \quad (2)$$

第2調和項 V_2 は、

$$V_2 = 1/\pi(a+b)\sin(2\pi T_1/T) \quad (3)$$

で表わされる。したがってジャッタの周波数 f に対して、検出信号から周波数 $2f$ の成分を検出すれば、 $a+b$ の値に比例した信号が得られる。この $2f$ 成分の分離はロックインアンプで行う。

6.2 段差膜厚測定機構

図9において、試料面で傾き以外の変位が生じると、その変位量に相当して干渉光の強度の和 $a+b$ の値は変化する。ここで、+1次光と-1次光のどちらかに対してレンズと試料の間に傾角可変の位相補償板を挿入する。位相補償板の傾きがわずかに変化することにより、試料面を照射する回折光の光路長がわずかに変化して、2光束の光路差を精密に調整することができる。

変位測定においては、予め位相補償板の傾きに対して補償光路長を校正しておく。また初期設定では、干渉光の強度 a 及び b が最大値と最小値の和の $1/2$ となるように、試料面の傾き及び位相補償板の傾きを調整する。この状態で試料をシフトさせて+1次光と-1次光の一方が段差膜厚部分に入射するようにすると、ロックインアンプで検出される $2f$ 成分は、 $a+b$ の値で変化する。 $a+b$ の値は試料面の傾きの変化には影響されないから、この変化量は段差膜厚による光路差の変化に相当する。したがって、この光路差の変化を位相補償板で補償して、ロックインアンプの検出信号 $a+b$ を一定となるようにすれば、位相補償板の傾き角の変化から生じた光路差 (= $2 \times$ 段差) を、変位に換算し求めることができる。

6.3 実験結果

図10は段差膜厚の測定例である。Xステージにより試

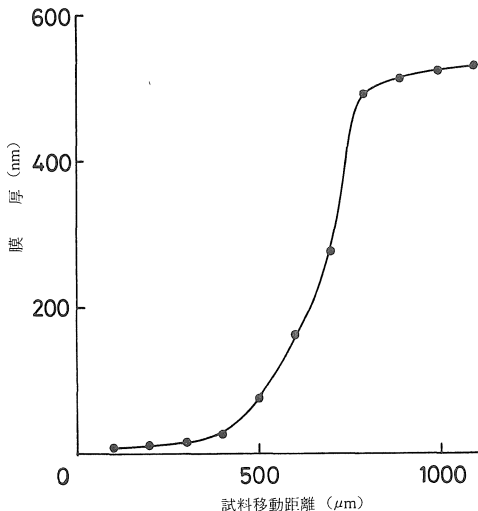


図10 回折次数干渉法——交互2光束——による段差膜厚試料の測定

料を徐々に移動させ、2光束が膜厚のエッジをはさむように移動させて測定した。

7. おわりに

以上述べた4種類の干渉法の特徴をまとめる。

(1) 偏光干渉法及び2光束干渉法は、固定された基準面が与えられる場合の変位測定に適している。偏光干渉法は、測定部の分解能が高いので高感度の測定が可能である。2光束干渉法は、光学系の構成がコンパクトなため安定性に優れている。さらにこれらの干渉法は、平行平板あるいは回転機構を設けることにより、容易に段差膜厚の測定に適用できる。

(2) 双対2光束干渉法及び交互2光束干渉法は、X-Yステージで試料を移動させ、試料面の任意の位置の段差膜厚を測定できるよう工夫したものである。それぞれ機械的、電氣的に試料面の傾きの変化を補正することにより精度を下げることなく変位を測定できる。

謝辞

本報告は、内田が名古屋大学工学部電子工学教室において大学院生、卒研生並びに共同研究員と行ってきた研究、並びに本学において赤尾と行っている研究をもとにまとめたものである。研究全般にわたる指導を名古屋大学工学部電子機械工学教室工学博士服部秀三教授から受けた。National Physical Laboratory of India, Dr. V. T. CHITNIS (名古屋大学大学院工学研究科電気・電子工学専攻博士課程昭和57~59年度在籍) は、博士論文の一部として研究を進めた。株式会社メイテック研究開発室浅野求氏(名古屋大学・民間等との共同研究昭和59~60年度在籍) は、製品化の研究を進めた。文部省科学研究費補助金一般研究A (昭和59~61年度、代表服部秀三、分担内田他) の補助により本報告の一部の研究は進められた。

参考文献

- 1) 浅野 求, 内田悦行, 服部秀三: 近接2光束レーザ干渉法による段差膜厚測定装置, 精機学会レーザ測長分科会資料, no. 6-2, p. 1-14, 1985.
- 2) V. T. Chitnis, Y. Uchida and S. Hattori: Quantitative Evaluation of a Polarization Interferometer for Thin Film Thickness Measurement, 信学技報, vol. 82 (210), p. 25-30, 1982.
- 3) V. T. Chitnis, Y. Uchida, K. Matsuura and S. Hattori: Differential Thickness Measurement Using a Polarization Interferometer, Opt. Laser Technol., vol. 15, p. 269-273, 1983.

- 4) V. T. Chitnis, Y. Uchida and S. Hattori : On the Measurement of Film Thickness by a Polarization Interferometer, Trans. IECE Japan, vol. E66, p.649-652, 1983.
- 5) V. T. Chitnis, K. Yoneda, Y. Uchida and S. Hattori : Development of Twin-Path Laser Interferometer for Film Thickness Measurement, Int. Conf. on Laser, (Guang Zhou, China), 1983.
- 6) V. T. Chitnis, Y. Uchida, K. Hane, K. Yoneda and S. Hattori : Double Twin Path Interferometer for Thin Film Thickness Measurement, Japanese J. Appl. Phys., vol.25, p.1078-1083, 1986.
- 7) Y. Uchida, M. Asano, M. Kuwata, M. Yamaguchi, K. Hane and S. Hattori : Development of Double Twin Path Laser Interferometer for Thin Film Thickness Measurement, Optical Testing and Metrology, Proc. SPIE, vol.661, p.102-109, 1986.
- 8) 浅野 求, 内田悦行, 服部秀三 : 2重双対光路レーザ干渉膜厚測定装置(第3報), 精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集, no.1, p.103-104, 1986.
- 9) 飯田明彦, 羽根一博, 内田悦行, 服部秀三 : 交互2光束レーザ干渉を用いた膜厚測定, 第47回応用物理学会学術講演会講演予稿集, p.77, 1986.

(受理 昭和62年1月25日)