

2色のレーザー光を用いた干渉縞高精度ナノメートル膜厚計の開発

東北大学多元物質科学研究所・技術室

荒井 彰、斎藤俊郎、田中 勇

1 はじめに

X線望遠鏡や軟X線顕微鏡に使用されている多層膜反射鏡は、真空蒸着法で作製され数十ナノメートルオーダーの膜の層になっている。ここで、いかに正確に膜厚を制御するかが課題となる。そこで、安価で簡便にナノメートルオーダーの単層膜を精度良く測定できる、2色のレーザー光を用いた干渉縞膜厚計を開発したのでここに報告する。

2 原理

基本の原理は、光学的手法における多重反射干渉縞測定法である。この測定法は、レーザー光（波長 = λ ）の干渉縞の縞間隔（L）を基準として、被測定膜の厚さ（d）を干渉縞のズレの量（ Δx ）として膜厚を求める。膜の厚さを（d）とすると

$$d = (\Delta x / L) (\lambda / 2) \quad (1)$$

として算出する。次に、2色のレーザー光（ λ_1 、 λ_2 ）を用いた場合、干渉縞の縞間隔はそれぞれ L_1 、 L_2 、干渉縞のズレの量を Δx_1 、 Δx_2 とすると、各々の波長における膜厚は

$$d_1 = (\Delta x_1 / L_1) (\lambda_1 / 2) \quad (2)$$

$$d_2 = (\Delta x_2 / L_2) (\lambda_2 / 2) \quad (3)$$

となる。

また、2つの波長における縞間隔の比をとると

$$L_1 : L_2 = X : \lambda_2 \quad (4)$$

$$L_1 : L_2 = \lambda_1 : Y \quad (5)$$

(4)式より $X = (\lambda_2 / L_2) L_1$, $D_1 = X / \lambda_1$ (6)

(5)式より $Y = (\lambda_1 / L_1) L_2$, $D_2 = Y / \lambda_2$ (7)

(6)式、(7)式において D_1 、 D_2 は λ_1 、 λ_2 の補正係数となる。

よって、膜厚 d_1 、 d_2 を補正係数で割って

(2)と(6)式より $d_1(\text{hosei}) = d_1 / D_1$ (8)

(3)と(7)式より $d_2(\text{hosei}) = d_2 / D_2$ (9)

$d_1(\text{hosei})$ 、 $d_2(\text{hosei})$ は補正した膜厚である。

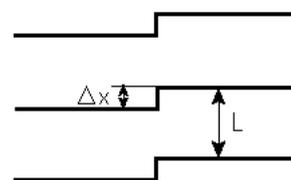


図 1. 干渉縞による膜厚測定

3 測定装置

本装置（図 2、3）は、2種類の半導体レーザー（レーザーポインター（赤色（波長 635nm（LP 110 型））、緑色（波長 532nm（GLP FB 型）））を光源としてハーフミラーを用いて（図 4）同時に顕微鏡（OLYMPUS, BH 2 型）に入射する。この時、入射光は回転している磨りガラスを通る。そして、対物レンズ（5 倍）から同時に出射させ、片側半分数十 nm 厚の Si 膜が蒸着されている被測定試料の Si ウエハーとその上に乗せた干渉用ハーフミラー（日本薄膜光学社製、透過率 60%）を用いて 2 色の干渉縞を生じさせる。この際、干渉用ハーフミラーの上部に 8mm 角の測定窓の空いた調節板を設けておく。その板の四隅にマイクロ

メータヘッド（ミットヨ，MHC4 6.5CF）を取付け、板を干渉用ハーフミラーに接触させマイクロメータを調節して縞の間隔や傾きを合わせる。この調節部分を干渉試料台と呼ぶ（図5）。この干渉縞の顕微鏡像を CCD カメラ（島津理化工機，Moticam 480N）で撮像しパソコンへ取込み、モニターの上で縞間隔（ L ）や段差のズレの量（ x ）を測定し厚さ（ d ）の算出を行う。

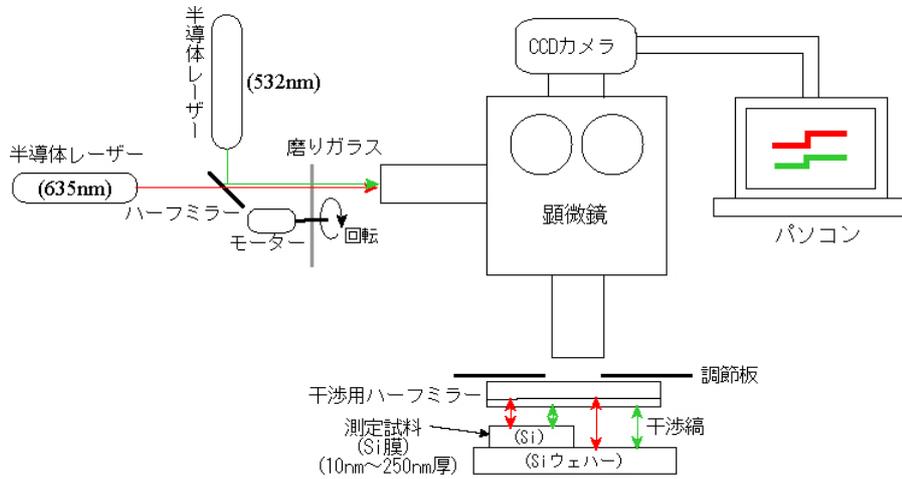


図 2. 装置模式図

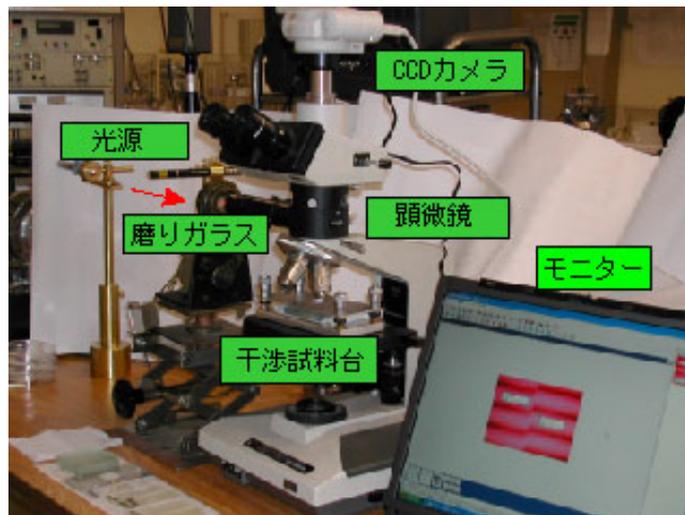


図 3. 装置全体図

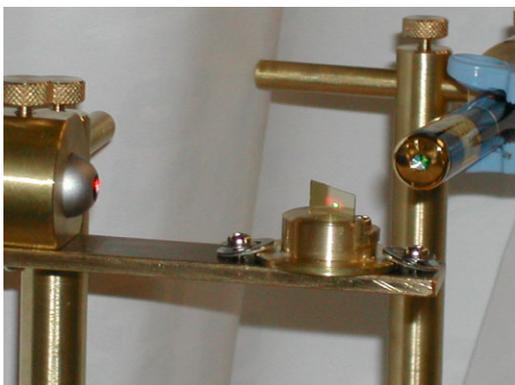


図 4. 2 色の光源とハーフミラー

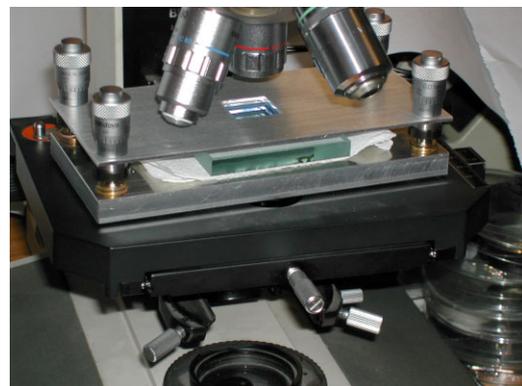


図 5. 顕微鏡の対物レンズと干渉試料台

4 測定結果

Si 膜を 70nm を目処にマグネトロンスパッタ装置で蒸着し、Si ウェハ－上に半分覆いをかけて Si 膜の段差を作った。覆いを取り外した後、初めは単波長の 635nm と 532nm とでそれぞれ Si 膜厚を測定した。次に、2 波長同時に測定を行った。この時、測定の基準となったのは 0 次光の干渉縞（黒色）である。また、干渉縞の色が 635nm と 532nm とがそれぞれ入れ代っている。この様子を図 6 の最下図に示す。単波長による測定では、19%の測定誤差が生じたが、2 波長同時に用いて補正を行うと 1%以内の測定誤差で膜厚は 67nm という結果が得られた。

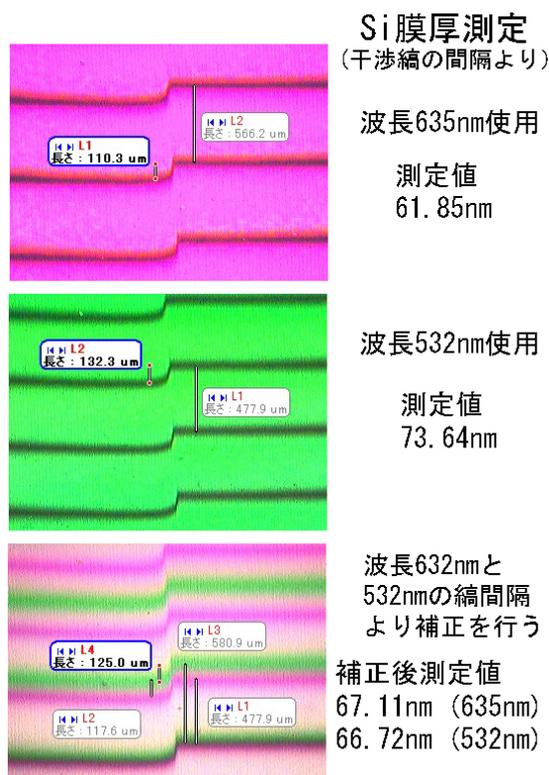


図 6 . 波長 635nm と 532nm、2 波長同時による膜厚測定値

5 考察

単波長の膜厚測定において、波長 635nm と 532nm の測定値を比べると 19%の測定誤差である。しかし、2 波長同時に測定した場合、0 次の縞がはっきり分かるのでこれを基準にして測定し補正を行うと 1%以内になる。このことより、干渉縞を用いて膜厚を測定する場合、2 波長を同時に用いて 0 次の干渉縞を生じさせ、これを基準として測定を行うことが必須である。

謝辞

本研究は、平成 15 年度科学研究補助金（奨励研究、課題番号 15914001）の助成金により行われた。研究を行うにあたり、本研究所の渡辺 誠教授と山本正樹教授、柴田吉郎氏、新田健一氏のご支援をいただきました。また、日東光器（株）のご支援もいただきました。ここに厚く感謝申し上げます。