28a-A2-6

多波長干渉法における薄膜形状測定のための信号処理方法

Signal processing method for shape measurement of thin films in multiple-wavelength interferometry

新潟大工
○佐々木修己，崔森悦，中野芳彦，鈴木孝昌

Niigata University, Faculty of Engineering
°Osami Sasaki, Samuel Choi, Yoshihiko Nakano, Takamasa Suzuki
E-mail: osami@eng.niigata-u.ac.jp

１．はじめに　多波長干渉法は、参照ミラーを走査する低コヒーレンス干渉計（白色干渉計）[1]、波長を空間的あるいは時間的に走査する波長走査干渉計、波長を離散的に与える光コム干渉計に分類される。これらの干渉計で得られる信号は、光路差を軸とする距離空間での信号および波数を軸とする波数空間での信号として統一的に表現することができる。１つの反射面の位置測定については、これらの信号の処理方法は既に報告されているが[2][3]、薄膜のように２つの反射面の位置測定については十分な検討がなされていない。本稿では薄膜形状測定に有用な信号処理方法を統一的観点から検討する。

２．多波長干渉計の距離・波数空間における信号　干渉計の構成を図 1 に示す。光源からの波数σの光が薄膜のおもて面 P で反射されることで生じる光検出器(CCD)上の光場を U_p とする。おもて面 P の位置を光路差 $L=L_P$ で表し、$U_p=B_P\exp(j2\pi\sigma L_P)$と表現する。同様に、裏面 Q に対しては $U_Q=B_Q\exp(j2\pi\sigma L_Q)$ となる。簡単のために、光源の各波数σの光強度は一定とし、多波長干渉法の信号について説明する。低コヒーレンス干渉計では、光源の波数σは連続的に分布している。参照ミラー(RM)を平行移動させて光路差に L_R の変化を与え、距離空間 L_R における干渉信号 $S(L_R)=A+B\int\{B_P\cos[2\pi\sigma(L_P-L_R)]+B_Q\cos[2\pi\sigma(L_Q-L_R)]\}d\sigma$を検出する。ここで、A、B は定数である。$S(L_R)$をフーリエ変換し波数空間信号 $F(\sigma)$を求めると、$F(\sigma)=U_p(\sigma)+U_Q(\sigma)$が得られる。波数走査干渉法では $L_R=0$ 一定であり、波数σを走査する。スペクトラム干渉計（空間的波数走査干渉計）では、S(0)を回折格子などで分光し、空間座標 x の関数σ(x)について波数空間信号 $F(\sigma)=B_P\cos(2\pi\sigma L_P)+B_Q\cos(2\pi\sigma L_Q)$あるいは $F(\sigma)=U_p(\sigma)+U_Q(\sigma)$を検出する。時間的波数走査干渉計では、時間の関数σ(t)についてスペクトラム干渉計と同様な波数空間信号を検出する。これらの波数空間信号をフーリエ変換あるいは逆伝搬法[4]によって距離空間信号が得られ光路差 L_P、L_Q を求めることができる。

３．低コヒーレンス干渉計での測定方法と数値解析　光源の波数は 1.30981 μm^{-1}(763.5 nm)から 1.25000 μm^{-1}(800 nm)とし、光強度分布はガウス分布とし、等間隔に 50 個の波数成分を用いた。L_R の間隔は 0.1μm とし、$B_P=1$、$B_Q=0.8$ の反射面 P、Q による干渉信号 $S(L_R)$を作成した。$L_P=-30.100$ μm、$L_Q=29.900$ μm、$d=(L_P-L_Q)/2=-0.1$μm における波数空間信号 $F(\sigma)=U_p(\sigma)+U_Q(\sigma)$を図２に示す。$L_P=-L_Q-2d$ であるため位相分布に$-2\pi\sigma d$ の傾斜成分が含まれている。そこで、この傾斜成分を除去することによって、図２に示すように $L_P=-L_Q$ の場合の位相分布を求めた。このとき、振幅最大点$\sigma_a=1.26665$ μm^{-1}、および$\sigma_b=1.30001$ μm^{-1} では位相が 0 となることから、$L_P=1/(\sigma_b-\sigma_c)$の式で $L_P=-L_Q=-29.976$ μm が求まった。

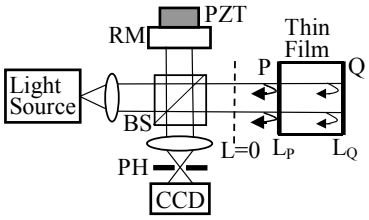

図１　多波長干渉計

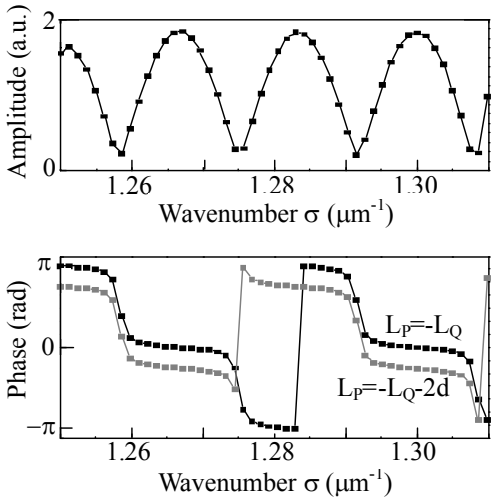

図２　波数空間信号 F(σ)

４．おわりに　低コヒーレンス干渉計で $L_P=-L_Q$ とすることによる波数空間信号の特徴的分布を利用した測定方法を示した。多波長干渉法の信号を統一的に考えれば、この方法を広く利用することができる。

[1] 特集：白色干渉計測技術、光アライアンス Vol.21, No.3 (2010), 武田光夫 p.1-9、佐々木修己 p.24-27、大槻真左文 p.28-32.
[2] P. de Groot, et al., “Determination of fringe order in white-light interference microscopy,” App. Opt. 41, 4571 (2002).
[3] 木村 他、日本光学会OPJ 2007 講演予稿集 26aB1 (2007.11).
[4] O. Sasaki et al., “Multiple-wavelength interferometers using backpropagation of optical fields for profile measurement of thin glass sheets,” Optics+Photonics 2010, Proc. SPIE, Vol.7790, 77900UJ (2010).

© 2013 年　応用物理学会