

複合成膜による超低屈折率 SiO₂ 光学薄膜の応力特性

Internal Stress of Low Refractive Index SiO₂ Optical Thin Films by Electron Beam and Sputtering

東海大工¹, 東海大院工² ○(B)吉澤 慶¹, (M2)都野 義樹², (M1)呂 翔宇², 室谷 裕志¹

Dept. of Optical and Imaging Science & Tech. School of Eng. Tokai Univ.¹ Grad. Sch. of Eng., Tokai Univ.²○Kei

Yoshizawa¹, Yoshiki Tsuno², Syou Ro², Hiroshi Murotani¹

E-mail: murotani@keyaki.cc.u-tokai.ac.jp

1. 背景・目的

近年、光学薄膜は高度な光学特性が求められ、それに伴い膜の層数が増加する傾向にある。また、光学部品の小型化に伴い、基板の厚さが薄くなる傾向がある。この膜の層数の増加や極薄基板への成膜に伴い、膜の内部応力による膜のひび割れや剥離が問題になっている。膜の内部応力は成膜手法によって大きく変化する。¹⁾

本研究では複合成膜手法で成膜された超低屈折率 SiO₂ 光学薄膜の内部応力を測定することを目的とした。

2. 実験方法

複合成膜(EB(Electron Beam)法+スパッタリング法)を用いて N-BK7(SCHOTT 社製)光学ガラス基板上に SiO₂ 光学薄膜を成膜した。複合成膜はスパッタリング法による成膜と EB 法による成膜を同時に行うことができる。この時、スパッタリング領域と EB 領域は同一真空容器内にある。複合成膜装置の概念図を Fig. 1 に示す。²⁾ 複合成膜ではドームを常に回転させ、スパッタリング法による成膜と EB 法による成膜を同時に行った。

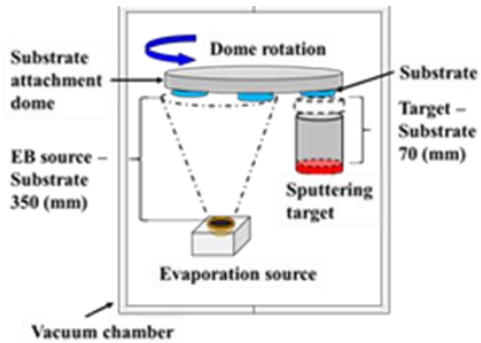


Fig.1 The schematic diagram of combination coating equipment.

目標膜厚を 500nm に統一し、基板温度及びスパッタ出力を変化させ成膜を行った。それぞれの成膜条件を Table 1 に示す。成膜された光学薄膜の内部応力とその経時変化についてレーザーフィゾー干渉計(FUJINON F601)を用いて測定を行った。内部応力の測定は基板の変形(曲り)から知ることができる。基板のヤング率をEs、基板の厚さをds、基板のポワソン比をv、膜厚をdf、基板の長さr、レーザー干渉計で測定した先端の変位δを用いると以下の式(1)で表される。

$$\sigma = \frac{\delta E_s d_s^2}{r^2 3 (1 - \nu) d_f} \dots(1)$$

Table 1 The film depositing conditions.

Substrate temperature (Cdeg)	Sputtering		Sputtering power (W)
	Gas introduction		
	Ar (sccm)	O ₂ (sccm)	
200	170	5	0
			50
			100
			200
100	170	5	0
			200
R. T.	170	5	0
			200

3. 実験結果・考察

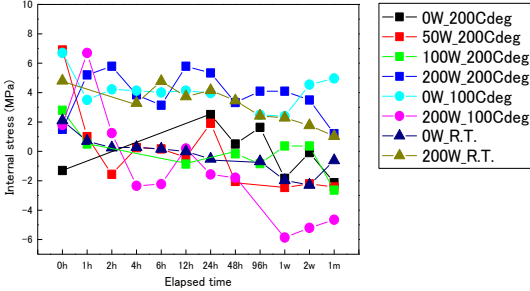


Fig.2 Internal stress of films.

本研究で成膜された超低屈折率 SiO₂ 光学薄膜の屈折率は 1.28~1.29 を示した。Fig.2 より複合成膜手法で成膜された光学薄膜は、経時変化があるように見えるが、本測定手法では±20MPa 程度の誤差があるため、内部応力の経時変化は誤差の範囲内とも考えられる。また、一般的な屈折率を持つ SiO₂ 光学薄膜の応力よりも本研究の薄膜は 10 分の 1 以下の応力をしめしている。これは、膜がポーラスな構造を持つことに由来していると考えられる。

4. 結論

複合成膜手法で成膜された超低屈折率 SiO₂ 光学薄膜の内部応力の経時変化は少ない。

謝辞

成膜に協力して頂いた株式会社シンクロンの松本氏、ファインクリスタル株式会社の清野氏、買手氏に感謝致します。測定に協力して頂いた東海大学研究推進部技術共同管理室の森川氏に感謝致します。

・参考文献

1) 田島 直弥, 室谷 裕志, 松本 繁治, 本多 博光, 「複合成膜により成膜された光学薄膜の応力特性」 第 77 回応用物理学会秋季学術演会, 13p-D62-7 (2016)

2) Tokai Uni., FINE CRYSTAL Co., Ltd., SHINCRO Co., Ltd., deposition method. JP5901571.2016-03-18.

3) N. Tajima, H. Murotani, S. Matsumoto, H. Honda, “Stress control in optical thin films by sputtering and electron beam evaporation”, Appl. Opt., Vol. 56, Issue 4, pp. C131-C135 (2017).