

複合成膜により成膜された低屈折率 SiO₂ 光学薄膜の機械的特性

Mechanical Properties of Low Refractive Index SiO₂ Optical Thin Films by Sputtering and Electron Beam Evaporation

東海大工¹, (株)シンクロン² ○加藤 寛康¹, 松本 繁治², 室谷 裕志¹

Sch.of Eng.,Tokai Univ.¹,SHINCRON Co.,Ltd.²

○Hiroyasu Kato¹, Shigeharu Matumoto², Hiroshi Murotani¹,

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

1. 背景・目的

近年、電子機器の高性能化に伴い、光学部品に対する性能の向上が求められている。一般的に光学薄膜の屈折率を下げる方法として、膜の密度を下げることに膜の有効屈折率を下げていく。また、従来の低屈折率膜は、実用上十分な機械的強度を得ることができない¹⁾。我々の研究室での先行研究では、複合成膜手法を用いて従来の低屈折率膜とは異なる実用的な機械的強度を持つ低屈折率光学薄膜の作製に成功している²⁻³⁾。本研究では、複合成膜により成膜された低屈折率 SiO₂ 光学薄膜の機械的特性を評価することを目的とした。

2. 実験方法

本実験では複合成膜手法を用いて N-BK7(SCHOTT 社製)光学ガラス基板上に低屈折率の SiO₂ 光学薄膜の成膜を行った。複合成膜装置の概念図を Fig. 1 に示す。

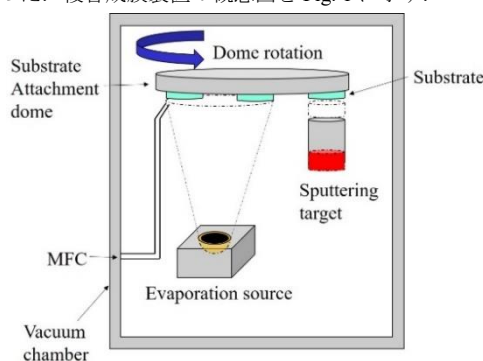


Fig.1 Sputtering and Electron Beam Evaporation³⁾

複合成膜手法ではドームを常に回転させ、DC パルス (DC: Direct current) スパッタリング法と EB (EB: Electron beam) 蒸着法の成膜を同時に行った。EB 蒸着法の蒸着材料は SiO₂ を使用し、MFC (MFC: Mass Flow Controller) より Ar を 500sccm, O₂ を 50sccm 導入した。スパッタリング法ではターゲットに Si を用い、Ar を 300sccm, O₂ を 50sccm 導入し、スパッタの出力を変化させて成膜した。比較対象として EB 蒸着法で成膜を行った。成膜した SiO₂ 光学薄膜の分光透過率を分光光度計で測定し屈折率を導出した。膜の密着性をクロスハッチ試験 (ISO9211-4) 及び摩耗試験 (ISO9211-4) で評価した。さらに、膜の超微小負荷硬さ (ISO: 14577-1) を超微小押し込み深さ試験装置、引っかかり硬度を鉛筆硬度試験 (JIS K5600-5-4) により評価した。

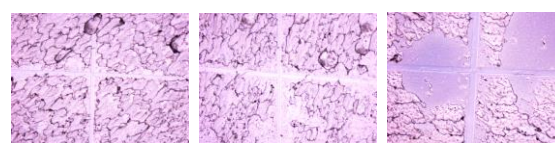
3. 実験結果及び考察

成膜した膜の屈折率を Table 1 に示す。一般的な SiO₂ の屈折率は 1.46 であるが複合成膜による膜の屈折率は 1.3 以下であり低屈折率膜が成膜できた。

Table 1 Refractive index of SiO₂ thin films

	Sputtering Power(w)	Refractive index (λ=550nm)	Nano indentation Hardness(GPa)	Pencil Hardness test	Crosshatch test
Combination deposition	500	1.28	0.488	HB	0
	1000	1.27	0.545	HB	0
	1500	1.30	0.594	F	0

鉛筆硬度試験ではスパッタ出力 1500W のとき評価 F, 1000W, 500W のとき評価 HB となった。同様にナノインデンテーション法での硬度はスパッタ出力が高いほど高くなった。クロスハッチ試験後の Fig.2 で分かるように写真中央部の膜の切り込み部において膜剥がれは認められなかった。先行研究の RF マグネトロンスパッタを使用したときの成膜時のスパッタ出力のみ 0W とした時には、十分な密着性や硬度が得られないことが報告されている⁴⁾。本研究においても成膜レートで 1/10 程度のスパッタリングが膜の硬度に影響を与えている。これは本成膜手法においては成膜粒子の数よりエネルギーが膜の機械的特性への寄与が大きいと考えられる。



(a) 500W (b) 1000W (c) 1500W
Fig. 2 Crosshatch test

4. 結論

実用上十分な機械的特性を持つ SiO₂ 光学薄膜を作成することができた。

参考文献

- 1) 室谷裕志,「複合成膜により成膜された低屈折率 SiO₂ 光学薄膜」, 表面技術 68 巻 (2017) 12 号.
- 2) T.Takahashi,T.Harada,H.Murotani and S.Matamoto,Applied Optics,53[4],A287(2014).
- 3) 東海大学, ファインクリスタル, シンクロン; 特許 JP5901571.2016-03-18.
- 4) 都野義樹, 増山賢二, 室谷裕志, 松本繁治,「複合成膜により成膜された低屈折率 MgF₂ 光学薄膜」, 第 65 回応用物理学会 20a-C103-5 (2018).