

複合成膜装置によって成膜された SiO₂ 光学薄膜の機械的特性

Mechanical Properties of SiO₂ Optical Thin Film by Combination Coating Equipment

東海大院工¹ ○増山賢二¹, 井原鈴歌¹, 都野義樹¹, 室谷裕志¹

Grad. Sch. of Eng., Tokai Univ.¹

○Kenji Masuyama¹, Reika Ihara¹, Yoshiki Tsuno¹, Hiroshi Murotani¹

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

1. 背景・目的

光学製品などに用いられる光学薄膜は、高度な光学特性と高い機械的な耐久性が求められている。SiO₂ 光学薄膜は屈折率 1.46 の低屈折率な光学薄膜材料として用いられてきた。従来の超低屈折率光学薄膜は機械的耐久性が低く、超音波洗浄で膜剥がれが生じる問題がある。先行研究より複合成膜装置を用いて SiO₂ 光学薄膜の成膜を行うことで密着性が高く、屈折率が 1.33 と従来よりも屈折率を低減する報告がある¹⁾。本研究では、複合成膜装置を用いて成膜された SiO₂ 光学薄膜の機械的特性について評価を行うことを目的とした。

2. 実験方法

EB(Electron Beam)蒸着法及び複合成膜を用いて N-BK7 (SCHOTT 社製) に SiO₂ 光学薄膜の成膜を行った。複合成膜装置はスパッタリング法と EB 法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。複合成膜装置の概略図を Fig.1 に示す²⁾。EB 法では蒸着材料に SiO₂ (メルク社製)を用いて成膜を行った。スパッタリング法ではターゲットには Si を用い、Ar, O₂ を導入し成膜を行った。成膜時の条件を Table1 に示す。評価方法では、機械的特性を評価するため摩耗試験を ISO9211-4 に基づき行った³⁾。

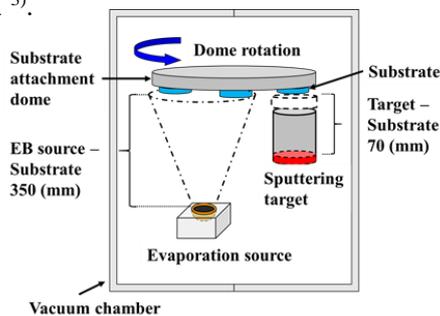


Fig. 1 Schematic diagram of combination coating equipment

Table 1 Film deposition conditions

Film formation method	Sample No.	Substrate temperature (°C)	EB method		Sputtering		Refractive index (λ=550nm)	
			out put (mA)	Introduction gas	Introduction gas			
					O ₂	Ar (sccm)		O ₂ (sccm)
Electron Beam Deposition	Sample①	200	120	2.0×10 ⁻² Pa	/	/	1.45	
	Sample②	R.T.	120	2.0×10 ⁻² Pa	/	/	1.45	
Composite coating	Sample③	200	120	2.0×10 ⁻² Pa	160	5	50	1.36
	Sample④	R.T.	120	2.0×10 ⁻² Pa	160	5	50	1.33

3. 実験結果及び考察

EB 蒸着法及び複合成膜手法により成膜された光学薄膜に 1 万サイクルと 1000 サイクルの摩耗試験を行った。1 万サイクルの摩耗試験を行った際の動摩擦係数の変化を Fig.2 に示す。Fig.2 より EB 蒸着法のみで成膜された Sample1,2 は基板温度に関わらず剥離は確認できず、膜表面が一定の動摩擦係数で安定しているのが分かる。複合成膜手法で成膜された Sample3 では膜に傷が生じたが剥離は見られなかった。Sample4 では剥離が生じていた。剥離が生じた Sample4 でも 1000 サイクルの摩耗試験では剥離は生じなかった。このことから Sample4 も実用性の十分ある光学薄膜であることが分かる。

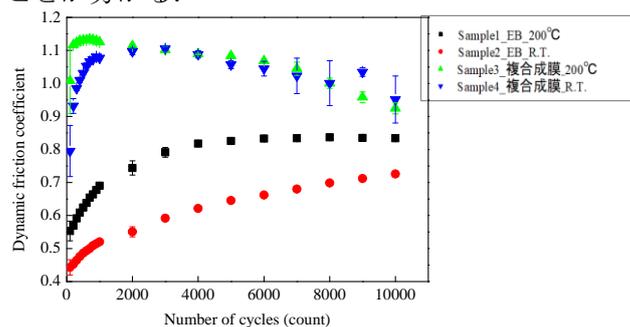


Fig.2 abrasion test

4. 結論

EB 法で成膜された光学薄膜は機械的に耐久性が高く、1 万サイクルの摩耗試験でも膜剥がれが生じなかった。複合成膜手法で成膜された光学薄膜は密着性が弱いため 1 万サイクルの摩耗試験では膜剥がれが生じるが、1000 サイクルでは剥離しなかった。

参考文献

- 1) N. Tajima, H. Murotani, S. Matsumoto, H. Honda: "Stress Control of an Optical Thin Film by Sputtering and electron beam evaporation", Appl. Opt., 56, 131-135(2017).
- 2) Tokai Uni., FINE CRYSTAL Co., Ltd., SHINCRO Co., Ltd., deposition method. JP5901571.2016-03-18.
- 3) International Organization of Standardization. Optics and photonics—Optical coatings—Part 4: specific test methods, ISO 9211-4, 2012.