

複合成膜により成膜された低屈折率 SiO₂ 光学薄膜の光散乱特性 (2)

Light Scattering of Low Refractive Index SiO₂ Optical Thin Films Deposited by Sputtering and Electron Beam Evaporation Part 2

東海大院工¹, (株)シンクロン² ○(M)若宮 大生¹, 松本繁治², 室谷 裕志¹

Graduate School of Eng., Tokai Univ.¹ SHINCRO CO.LTD.²

Taisei Wakamiya¹, Shigeharu Matumoto², Hiroshi Murotani¹

Email : murotani@keyaki.cc.u-tokai.ac.jp

1. 背景・目的

近年, 成膜方法を工夫することにより, 微細構造をもつ低屈折率の光学薄膜の作製が報告されている. 本研究室では, 成膜時に圧力が大きく異なる真空蒸着法とスパッタリング法を同一真空容器内に設置して稼働させる複合成膜手法を開発し, SiO₂ 光学薄膜の多孔質化による低屈折化に成功している¹⁾. しかし, 低屈折率化に伴う細孔率の増大により, 光散乱が大きくなることが懸念される. 透過光損失として考えられる原因は, 細孔、粒界、表面粗さ、複屈折等による散乱及び吸収である. これらの透過損失への寄与の相対的な重み付けや原理は, 透明セラミックスの分野で調査されており, 可視光における透過損失で最も影響があるのは, 残留細孔であることがわかっている. 本研究の目的は, 特定の細孔径分布における光散乱率を計算し, ISO19962(2019)に基づいて測定された光散乱率を比較することにより, 多孔質の低屈折率薄膜における光散乱の原理を検討することにある.

2. 実験方法

本実験では成膜前用基板に N-BK7 (Schott 社製) を用いた. 成膜方法は DC パルス (DC : Direct current) スパッタリング法と EB (EB : Electron beam) 蒸着法の複合成膜手法, および比較対象として従来手法の EB 蒸着法で成膜した. EB 蒸着法の材料は SiO₂, スパッタリングのターゲットには Si を用い, Ar と O₂ を導入した. 成膜した SiO₂ 光学薄膜の透過率を紫外可視近赤外分光光度計 (JASCO : V-670) により測定して屈折率を導出した. また, 薄膜の分光前方散乱率は, ISO 19962 (2019) に基づき測定した. 膜の表面および断面の構造を SEM (SEM : Scanning Electron Microscope, 日立ハイテクノロジーズ社製 : S-4800) で観察し, 結晶構造を XRD (XRD : X-ray diffraction, フィリップス社製 : X'Pert MRD) で解析した.

光散乱は, 散乱体が球状の細孔であるとき, 散乱断面積 C_{sca} は細孔率 V_p , Mie の理論によって求められた有効散乱効率 Q_{eff} , 細孔分布における最頻値 r_m , 標準偏差 σ で次のように表すことができる³⁾.

$$C_{sca} = (3V_p Q_{eff}) / \{4r_m \exp(3.5\sigma^2)\}$$

計算する際の細孔径は SEM 画像から, 細孔率は薄膜の充填密度からそれぞれ推定した.

3. 結果・考察

複合成膜手法により成膜された屈折率の異なる SiO₂ 光学薄膜の測定した光散乱スペクトルを Fig. 1 に示した. 屈折率が低くなるに従い散乱が低くなった.

基板の影響を考慮した光散乱の計算値と測定値を Fig. 2 に示した. 計算値は $\sigma = 1.1$, $r_m = 6nm$ および $V_p = 0.734$ における対数正規細孔径分布で最も一致し

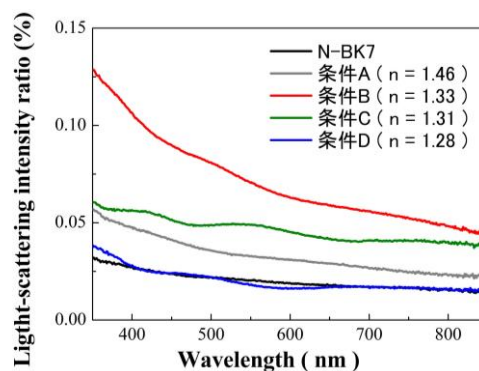


Fig. 1 Light scattering spectra of SiO₂ optical thin films.

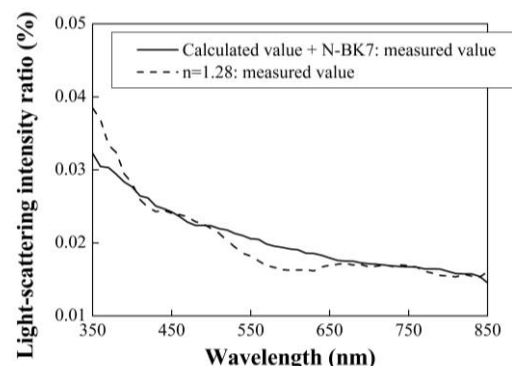


Fig. 2 The calculated value and measured value in light scattering of SiO₂ film. distribution.

た. この時の計算上の平均細孔半径は40nmであった. このことから, 作製した SiO₂ 光学薄膜の散乱の主要因が細孔と考えた場合には 40nm 程度の細孔が分布していると考えられる.

4. 結論

低屈折率 SiO₂ 光学薄膜の光散乱特性は対数正規細孔径分布において平均細孔半径を 40nm で導入した計算値と測定値が良い一致を示した.

謝辞

成膜に協力していただいた株式会社シンクロンの 柊川氏に感謝いたします. 測定に協力していただ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いたします.

参考文献

- 1) 学校法人東海大学, ファインクリスタル株式会社, 株式会社シンクロン, 成膜方法特許第 5901571 号. 2016-03-18.
- 2) J.G.J. Peelen and R. Metselaar, J. Appl. Phys., Vol. 45, PP 216-220 (1974).