## 多孔質様銀パイプと平面形状膜の複素屈折率の測定と SEM 及び TEM 観察

Measurement of the complex refractive index of a porous-like silver pipe and a flat silver film, and their observation by using SEM and TEM

横国大教<sup>1</sup> <sup>0</sup>但馬 文昭<sup>1</sup>, 西山 善郎<sup>1</sup>

Yokohama Nat'l Univ. Ed.<sup>1</sup>, <sup>o</sup>Fumiaki Tajima<sup>1</sup>, Yoshio Nishiyama<sup>1</sup>

E-mail: tajima@ynu.ac.jp

## 1. はじめに

外径 490nm、肉厚 50 nm 程度の銀パイプを作成し、波長 λ=660nm のレーザー光を垂直に当ててできる散乱光の強度の角度分布を測定 して、銀パイプの複素屈折率を求めたところ、1 より小さいか、1 よ りやや大きい、バルク値とは相当異なる値が得られた。その原因 を調べるため平面膜についても FESEM による表面観察を行った。

## 2. 銀パイプと平面形状膜の複素屈折率決定方法

文献[1]と同様に、予め太さと屈折率を求めたごく細い蜘蛛の糸に 銀をスパッタリングして作製したパイプについて、Fig.1 に示す配置 で散乱光強度の角度分布を測定し、計算によりフィッティングを行っ て、銀パイプの複素屈折率を求める。その後 FESEM により外径を確 認する。同じスパッタリング装置で作製した平面膜については ATR 法により複素屈折率を測定し、FESEM により表面観察を行う。





## 3. 実験·結果·考察

銀パイプの散乱光強度の角度分布の測定データへのフィッティングでは、垂直偏光(赤色)について偏 差が極小となる点でパラメータの最適値及び不確かさの範囲を決定した。平行偏光(青色)については、 垂直偏光で決定した直径と等しいとしてñ<sub>2</sub>を決定した。銀パイプの直径はFESEMでも測定し、垂直偏光 の結果と一致することを確認した。複素屈折率値は垂直偏光と平行偏光の場合とで概ね同じ1.50 + 1.31*i* 程度の値が得られた。また、このサンプルのFESEMによる表面観察像をFig.2(a)に示す。これと同じスパ ッタリング装置で平面形状膜を作成し、ATR法[2]によりその複素屈折率を測定した。得られた複素屈折率 と膜厚は、0.134 + 4.19*i*、46.5 nm で、いわゆるバルク値と一致した。また、この表面をFESEMで観察し た結果を Fig.2(b)に示す。これより、(a)に比べて(b)の方が明らかに銀微粒子のサイズは大きいが、隙間な く詰まっているように見える。(a)では銀微粒子のサイズは小さいが、隙間が多く、多孔質様構造となって いると推察される。このサンプルとは別の銀パイプの断面を試みに TEM により観察した例を Fig.3 に示 す。このサンプルの散乱測定データはないが、作製方法は同じである。黒色部分が銀で、一種の多孔質様 構造になっていることがわかる。このため、銀パイプの複素屈折率が、バルク値と異なる値が得られた[3, 4]と考えられる。



Fig. 2 FESEM images

Fig. 3 A TEM image of cross section of a silver pipe

[1] F. Tajima and Y. Nishiyama: J. Opt. Soc. Am. A 33, 1654 (2016).
[2] E. Kretschmann and H. Raether: Z. Naturforsch 23a, 2135 (1968).
[3] M. C. Dixon, et al.: Langmuir 23, 2414 (2007).
[4] J. K. Asane, et al.: AIP Advances, 8, 095302 (2018)