

●新規高屈折率膜用スパッタリングターゲットの開発

アドバンストマテリアル研究所 新規ターゲットグループ
アドバンストマテリアル研究所 ターゲットプロセスグループ

原 浩之
原 慎一
伊藤 謙一

1. はじめに

近年、スマートフォン等で利用されるタッチパネルの市場は拡大しており、2019年には2012年と比較して2倍程度になると予想されている¹⁾。スマートフォンなどのモバイル端末の普及に伴い、屋内外問わず、様々な環境での使用頻度が増え外光による画面の反射が問題となってきている。そこで、端末メーカーは画面の反射を防止するために反射防止膜を採用しつつある。

図1に反射防止膜の原理を示す。以下、反射防止膜の仕組みを簡潔に説明する。反射防止膜付きの基材に光を入射すると、反射防止膜の表面で反射される光(表面反射光)と反射防止膜と基板の界面で反射される光(界面反射光)の二つの反射光が存在する。この二つの反射光は下記式を満たす時に波長が逆位相となり打ち消しあい反射光が0%となる。

$$n_1^2 = n_0 \times n_2 \quad (1)$$

$$n_1 \times d_1 = \lambda / 4 \quad (2)$$

n_0 : 空気の屈折率、 n_1 : 反射防止膜の屈折率

n_2 : 基板の屈折率、 d_1 : 反射防止膜の膜厚

反射防止膜には屈折率を調製した光学膜が使用され、ナノメートル単位で所定の膜厚に成膜することで反射防止膜として機能させている。

光学膜には低屈折率膜や高屈折率膜が用いられ、そ

のうち、高屈折率膜の成膜はスパッタ法、塗布法などがある。スパッタ法は膜厚が均一であり、かつ高性能な膜が得られるため、主要な成膜法となっている。スパッタ法で高屈折率膜を成膜する場合、(a)メタルターゲットをDCスパッタ法で反応ガスを加えて成膜する方法、(b)酸化物ターゲットをRFスパッタ法またはDCスパッタ法で成膜する方法で行われている。しかし、(a)は成膜レートが安定しないため、所定の膜厚を成膜するのが困難であり、(b)は高屈折材料として使用される代表的な材料であるTiO₂、Nb₂O₅は結合エネルギーが大きくスパッタ率²⁾が低いため、成膜レートが小さく、生産性が悪いという課題がある。

このような課題を解決するために、我々は、現行よりも高速成膜が可能であり、十分に高い屈折率と高い可視透過性を両立可能な新規高屈折率膜用ターゲット材料(以下、新規開発材料)の開発を行った。本稿では、新たに開発した高屈折率膜用ターゲットの成膜特性及び膜特性を中心に紹介する。

2. 新規開発材料の特徴

[1] 成膜特性

成膜レートは高屈折率膜用材料として一般的に用いられているホットプレス法による還元Nb₂O₅ターゲットに比較して20%以上高い成膜レートを開発品の目標に設定した。

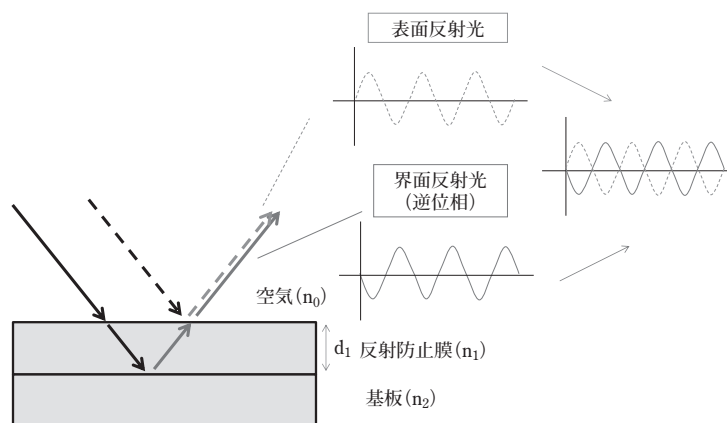
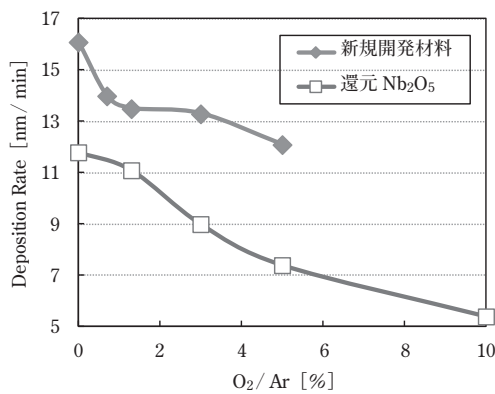


図1 反射防止膜の原理図

(1) 成膜レート

還元 Nb₂O₅ と新規開発材料の成膜レートを比較した。成膜は、室温にて DC マグネトロンスパッタ法で行い、スパッタガスは Ar と O₂ を使用した。図 2 に酸素分圧を変化させた時の還元 Nb₂O₅ と新規開発材料の成膜レートを示す。新規開発材料は還元 Nb₂O₅ に比べ、スパッタ率が高く同じ酸素分圧で成膜レートが高い。

また、表 1 に各酸素分圧時の成膜レートおよび波長 550nm における可視透過率を示す。還元 Nb₂O₅ は十分に高い透過性の膜が得られる酸素分圧（以下、最適酸素分圧）は 3% 程度必要となる。一方、新規開発材料は還元処理を行っていないにも関わらず DC 放電が可能であり、最適酸素分圧は 1% 程度である。各材料の最適酸素分圧での成膜レートを比較すると新規開発材料は還元 Nb₂O₅ と比較して 30-50% 高い成膜レートが得られ、高速成膜が可能であることが示唆された。



新規開発材料：最適酸素分圧 O₂/Ar=1.3%、成膜レート 13.5nm/min
還元 Nb₂O₅：最適酸素分圧 O₂/Ar=3%、成膜レート 9nm/min

図 2 新規開発材料の成膜レート

表 1 新規開発膜の酸素分圧に対する成膜レート及び透過率

ターゲット材	酸素分圧 O ₂ /Ar [%]	成膜レート [nm/min]	透過率 (at550nm) [%]
新規開発材料	0	16.1	56
	0.7	14.0	73
	1.3	13.5	73
	3	13.3	74
	5	12.1	74
還元 Nb ₂ O ₅	0	11.8	47
	1.3	11.1	66
	3	9.0	72
	5	7.4	72
	10	5.4	71

：最適酸素分圧条件

[2] 膜特性

新規開発材料で得られる膜の特性として、屈折率は市場要求がある 2.0 以上、透過率は還元 Nb₂O₅ と同程度以上で、電気特性は絶縁性を示す膜特性を目標に設定した。成膜は、室温にて DC マグネトロンスパッタ法で行い、スパッタガスは Ar と O₂ を使用し、膜厚は 80nm で、厚さ 0.7mm の無アルカリガラス基板上に成膜した。

(1) 屈折率 (n)、消衰係数 (k)

新規開発材料、還元 Nb₂O₅ の各最適酸素分圧における膜の屈折率、消衰係数の波長変化を図 3、図 4 に示す。新規開発材料の 550nm における屈折率は 2.13 であり、消衰係数は 0 であった。

(2) 透過率、反射率、吸収率

新規開発材料、還元 Nb₂O₅ の各最適酸素分圧における透過スペクトル、反射スペクトル、吸収スペクトルを図 5 に示す。なお、スペクトルは基板を含めた透過率で、膜厚は 80nm である。一般的な可視光波長 (380-780nm) において、新規開発材料、還元 Nb₂O₅ 共に可視光平均透過率は 74.8% であり、新規開発材料は還元 Nb₂O₅ と同等の光学特性である。

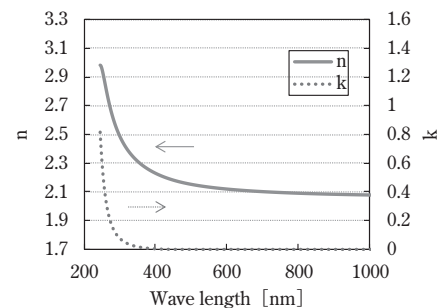


図 3 新規開発膜の屈折率、消衰係数

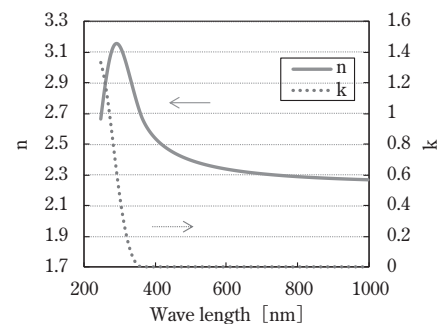


図 4 還元 Nb₂O₅ 膜の屈折率、消衰係数

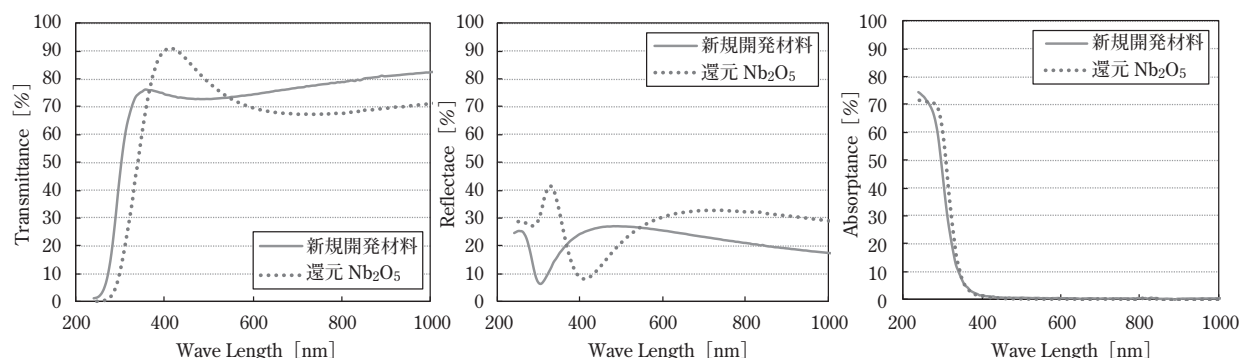


図5 新規開発膜の透過スペクトル、反射スペクトル、吸収スペクトル

また、新規開発材料はバンドギャップ由来の、紫外光領域における吸収端位置は低波長側にシフトしており、バンド吸収に起因する色味については還元 Nb_2O_5 よりも優利である。

(3) 膜抵抗

新規開発材料の最適酸素分圧における膜抵抗は $10^9 \Omega \cdot \text{cm}$ 以上であり、絶縁膜として十分機能する。

上記 (1)、(2)、(3) より高屈折率膜として、十分に機能することが期待される。

3. まとめ

我々は、光学デバイスに用いられる新たな高屈折率用スパッタリングターゲット材料を開発した。このターゲット材料の成膜レートは、現在広く用いられている還元 Nb_2O_5 と比較して、30-50%高い成膜レートである。さらに、このターゲット材料を用いて作製した薄膜は、屈折率が2以上であり、光学特性も可視光領域において還元 Nb_2O_5 と同等の高い透過率を示した。

以上のような特性を有する高屈折率膜を作製可能な新規開発ターゲットは、光学デバイスの生産性の向上が期待される材料である。

参考文献

- 1) 富士キメラ総研、2014年エレクトロニクス高分子材料の現状と将来展望、45 (2014)
- 2) N.Laegreid and G.K.Weher, J.Appl.Phys.32 365 (1961)

