

# 光学設計に役立つ屈折率の測定法について

応用技術課 松延 剛

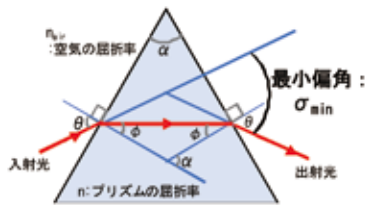
光学製品は、光の特性(直進性、屈折、反射、干渉など)を制御して、見た目(視覚)を変えたり、光の色選別(分光)を行ったり、光を利用した計測などに利用されたりと、様々な場面で活用されています。光学製品では、部品を組み合わせるデザインする光学設計が製品の良し悪しに直結します。光学設計を行う上で、重要となるパラメータが屈折率であり、光の経路を計算する上で必要となるパラメータです。屈折率は、光の屈折状態を表す係数であり、材料特有の物理定数です。この定数の精度をどこまで必要とするかで、選択する測定法が異なってきます。

屈折率の測定法としては、屈折角法(最小偏角法、臨界角法(アップベ法)、Vブロックプリズム法)、浸液法(ベッケ線検出法)、シミュレーション解析法(偏光解析法、反射・透過率解析法)などがよく知られています。それぞれの測定法には、特徴があり、用途や精度に応じて選択する必要があります。以下に各々の測定法の概要と特徴をまとめました。

## ■屈折角法

### 最小偏角法

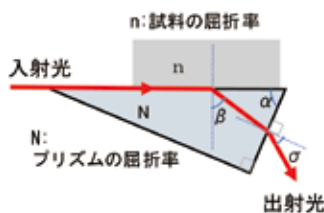
試料をプリズム形状に加工する必要がありますが、屈折率の絶対値を、高い精度で得られる測定方法です。プリズムを回転させ最小となる偏角( $\delta$  min:プリズムへの入射光と出射光の為す角度)を求め、式(1)より屈折率を算出します。



$$n = n_{air} \times \frac{\sin\{(\alpha + \sigma_{min})/2\}}{\sin(\alpha/2)} \quad (1)$$

### 臨界角法(アップベ法)

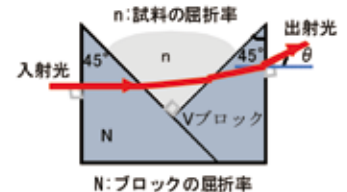
液体、個体、粉体の屈折率測定に使用されている一般的な測定法です。プリズムと試料の境界面付近に光を入射したときに現れる臨界角を利用し、式(2)より屈折率を算出します。



$$n = N \cdot \sin \beta = \sin \alpha \cdot \sqrt{N^2 - \sin^2 \sigma} \pm \sin \sigma \cdot \cos \alpha \quad (2)$$

### Vブロックプリズム法

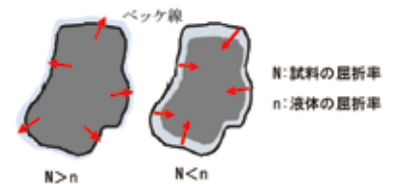
最小偏角法に比べて迅速で高精度な測定が手軽に行える方法として、古くから利用されている屈折率測定方法です。式(3)より屈折率を算出します。



$$n = \sqrt{N^2 \sin^2 \theta + \sqrt{N^2 - \sin^2 \theta}} \quad (3)$$

### ■浸液法(ベッケ線検出法)

試料(N:屈折率)を液体(n:屈折率)に浸し、透過光を顕微鏡で観察すると、屈折率に差があると試料の輪郭に沿ってベッケ線と呼ばれる明るい線が見え、試料と液体の屈折率が一致すると輪郭線が見えなくなる特性を利用した測定方法です。



### ■シミュレーション法

測定精度は、屈折角法よりも劣るが、簡便に試料調整なしで、試料の情報(屈折率分散、膜厚等)が得られるため、近年、注目されている方法です。反射率や透過率を利用する場合や偏光を利用した偏光解析法(エリプソメトリー法)などがあります。多層膜試料や、膜厚分布のある試料など、複雑な層構成の試料でも、計算(シミュレーション)により、情報を迅速に得ることができます。しかし、高額な装置が必要であり、計算にも経験が必要で測定者の技量によって得られる結果が変わってしまうことがあります。

### ■各々の測定方法の特徴

測定方法により、得意とする材料、測定上の制限、測定精度が異なるため、光学設計に必要とする屈折率に応じて選択することが大切です。

	最小偏角法	臨界角法	Vブロック法	浸液法	シミュレーション法
精度	~1×10 <sup>-5</sup>	~1×10 <sup>-4</sup>	~2×10 <sup>-5</sup>	~1×10 <sup>-4</sup>	~1×10 <sup>-3</sup>
測定	要習熟	簡便	簡便	簡便	要習熟
試料形態	フィルム不可	制限無	フィルム不可	液体不可	制限無
試料作成	プリズム	プリズム	プリズム	不要	鏡面試料

当センターでは、2017年に分光エリプソメータを導入しました。ご相談ください。