

屋外で携帯電話のディスプレイを見て、見えにくいと感じたことはありませんか。反射防止構造体は、こういったディスプレイ表面での反射による映りこみを防止する用途やカメラのレンズ表面への応用などに期待されている技術です。この反射防止構造体は、現在広く使われている反射防止多層膜と比較して、波長依存性と入射角依存性が少ないという光学特性をもち、また低コスト化が期待できることから、早期の実用化が望まれています。しかし、反射防止構造体はナノサイズ（200 nm 前後）の構造体であることから、機械強度が低く壊れやすいという問題と、このような微細構造体をどのように量産するのかという2つの大きな問題があり、実用化されていませんでした。今回は、これらの問題を解決する手法についてお話したいと思います。

### 1. 機械強度と光学特性の両立

図1に反射防止構造体の一例を示します。反射防止構造体は、微細なナノ構造体であることから機械強度が低いという問題があります。ディスプレイやカメラのレンズ表面など人間が触れることができる場所での用途や量産時の組み立て・出荷工程を考えると、高い機械強度が必要となってきます。機械強度を高めるためには、反射防止構造体の開口率（開

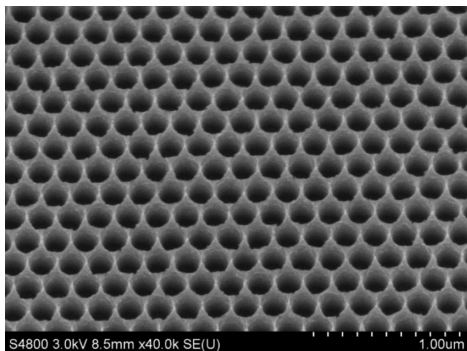


図1 反射防止構造体 SEM 写真。

口面積と配列単位面積の比) を低くする必要があります。しかし、光学特性を高めるためには開口率を高くする必要があります。機械強度と光学特性は背反関係にあります。そこで、これらを両立させるために、開口率をある程度低く抑えながら構造体の断面形状を工夫することで高い光学特性が得られる構造体の設計が重要となります。最近、厳密結合波解析 (RCWA: rigorous coupled-wave analysis) 法を用いて、構造体の断面形状および深さを最適化設計する手法が開発されました<sup>1,2)</sup>。

図2にこの設計手法に基づいて作製した構造体の例を示します<sup>3)</sup>。この反射防止構造体は、開口率を75%程度に抑えながら、断面形状を二次放物面体に最適化することで、従来の円錐形状の反射防止構造体と比較して約20倍の機械強度を実現しています。また光学特性も反射率が設計値通りの0.5%以下の低い値を示しており、機械強度と光学特性の両立ができていることがわかります (図3)。

### 2. 反射防止構造体の量産手法

微細ナノ構造体を有するデバイスを開発する際に、必ず問題点に挙げられるのが量産手法です。反射防止構造体もご多分に漏れず問題となってきます。この問題に対し、低コストで微細なナノ構造体を大面積に加工できる手法として、ナノインプリント法が有望視されています。ナノインプリント法には熱方式と光方式の2つがありますが、反射防止構造体の場合は、光方式が適当であると考えられてい

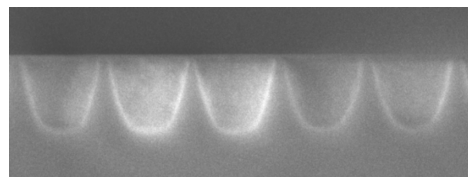


図2 反射防止構造体断面 SEM 写真。

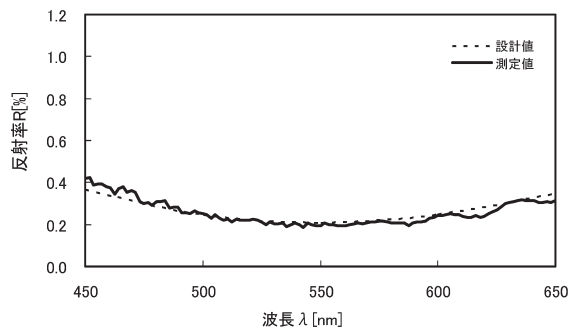


図3 光学特性評価結果.

ます。反射防止構造体はナノサイズで非常に微細であるために、高い転写率（被転写物のナノ構造体の高さと同様の構造体の高さの比）が求められます。熱方式の場合は、一般に樹脂基板をガラス転写温度以下の状態で転写するために、樹脂の粘度が比較的高い状態でインプリントされます。それに比べ光方式は、液状の紫外線硬化樹脂を金型で押し広げてインプリントするため、金型への充填率が非常に高く高い転写率が得られます。ただし、ガラスに直接パターンニングしたい場合は、熱方式を用いるしかありませんので、あらかじめ金型の構造体の高さを高めに設計するなどの工夫をする必要があります。

実際の光ナノインプリントは以下のとおりです。まず、基板となるガラスや樹脂を準備します。その上に、基板と光硬化樹脂との密着性を高めるプライマー液を塗布します。さらにその上から液状の紫外線硬化樹脂を滴下します。そして、先述の通り金型で押し広げ、紫外線を照射し、樹脂を硬化させます。最後に金型を剥がせば完成です（図4）。このように、非常に簡単な手順で微細構造体を加工することが可能です。みなさんも一度お試しください。

今回は、実用化に向けての2つの問題に注目して

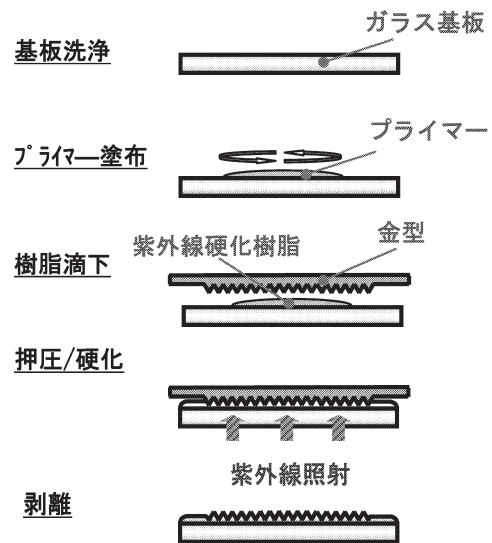


図4 光ナノインプリント法の概略図.

お話をしましたが、反射防止構造体はそのほかにもさまざまな技術によって支えられています。また最近では、反射防止機能に加えて、ゴミの付着を防ぐ防塵機能にも注目が集まっており、さらに用途が拡大することでしょう。

(オムロン(株) 植木真治)

## 文 献

- 1) T. Gaylord, W. E. Baird and M. G. Moharam: "Zero-reflectivity high spatial-frequency rectangular-groove dielectric surface-relief gratings," *Appl. Opt.*, **25** (1986) 4562-4567.
- 2) T. Gaylord and M. G. Moharam: "Analysis and applications of optical diffraction by gratings," *Proc. IEEE*, **73** (1985) 894-937.
- 3) R. Fujioka, O. Nishizaki, Y. Ito and Y. Okuno: "Wipe-resistance improvement with a low aspect pattern by parabolic shape anti-reflection structure fabricated by nanoimprint lithography," *Proc. of Nanoprint and nanoimprint technology 2007* (Paris, 2007) p. 51.