



ナノ構造体と微細成形技術による 光学デバイス開発

国立研究開発法人産業技術総合研究所
栗原一真，穂苅遼平

1. はじめに

生物の機能や形状を模倣し、光機能、濡れ性制御や流体制御などが行われた工業製品の開発が盛んにされている。例えば、蛾の目は、広波長帯域でかつ広入射角度の反射防止特性が得ることができる事が知られており、この目の表面は、可視帯域の波長以下の間隔を保った円柱状のピラー構造が敷き詰められた構造体になっている。また、蓮の葉などは、超撥水性を持ち、良好な滑落特性を得ることができる事が知られているが、また、蓮の葉の表面も、マイクロ構造とナノ構造体が複合した構造体を持ち、かつ葉の表面が疎水性材料で構成されている。そして近年では、液晶ディスプレイへの反射防止機能、液晶プロジェクターのワイヤーグリッド型偏光素子や、ヨーグルトなど食品容器の付着防止などさまざまな製品が上市され始めている状況になっている。これらの表面機能は、表面構造体と材料技術の融合で実現されており、これら構造体を用いた表面機能の研究と、その構造体の製造技術開発が盛んに行われている。

製造技術開発の面では、ナノメータサイズの微細な構造体の金型の開発と、大量に安定して製造するナノインプリントや射出成形などの精密成形技術開発が重要になっている。ナノメータサイズの微細な金型では、ロール形状やレンズ形状など曲面表面に極微細パターンのナノ構造物を精密に作製する必要があり、また、その金型を用いて樹脂を金型内部に充填する充填性や、充填した後の樹脂を金型から剥がす離型性などが開発の課題となっている。また、量産性の面では、ナノ構造体付金型の耐久性や保守性なども製造する上での重要な検討事項となっている。我々は、微細なナノ構造を持つ金型を作製するために、自己組織化した金属微粒子を用いて、レンズ形状など複雑な形状を持つ金型表面にナノ構造体を形成する金型技術を開発しており、その金型を用いて、非球面レンズ曲面にも反射防止ナノ構造を作製できる微細成形技術の開発を行っている¹⁾。一般的に用いられている射出成形法でプラスチックの反射防止ナノ構造体付の非球面レンズを作製するためには、光無反射特性と撮像系レンズに必要な形状精度の両立が課題となっている。本項では、これら特性の両立が可能な断熱非球面レンズを開発し、射出成形による微細成形法の開発を行っている²⁾ので紹介する。また、これら非球面光学素子開発で蓄積したナノ構造体金型技術と微細成形技術に加え、樹脂材料特性も検討開発する事によって、他の表面機能を持つデバイスの開発なども行っている。たとえば、プラスチック樹脂への親水材添加とナノ構造体を融合する事によって、樹脂材だけでは実現不可能な、プラスチック表面の親水化などが実現でき、これら特徴を用いて親水性を向上した分析チップなどの開発も行っている。また、ナノ構造体によるアンカー効果と樹脂材料による熱物性の違いを利用する事によって、流体チップの高精度接合技術などの開発も行っている³⁾。さらに、ナノインプリント技術と印刷技術を融合し、ナノ構造体の内部のみに機能性異種材料を充填する技術開発なども行っている⁴⁾。異種材料として金属粒子を充填した場合には、ナノワイヤー配線技術のみならず、耐熱温度や耐湿効果を高めたワイヤーグリッド型偏光素子や、プラズモン機能性光学素子などの開発も行っている。本紙では、執筆量の都合から、光学素子開発に焦点をあてて紹介を行う。