アゾポリマーの光応答性を利用した微小球の配列と位置選択的固定

渡辺 修

微小球の配列は、光の伝播を自在に制御できるフォトニック結晶の作製をはじめとした各種応用に有用な基礎技術として期待されている。従来の自己組織化のアプローチは有用であるが、微小球どうしを離して任意位置へ配列させ、選択的に欠陥構造を導入するためにはさらに工夫が必要となる。筆者らは、アゾベンゼン誘導体を含有するアゾポリマーの二つのユニークな光応答性、光による表面の変形現象^{1), 2)}と光による表面への微小物体の固定³⁾を利用することによりその課題を解決し、二次元で自在に微小球を配列できると同時に位置選択的な固定を実現⁴⁾できたので紹介する。

アゾポリマー表面に干渉光を露光するとその光強度の干渉パターンと同一の周期を有する一次元の凹凸起伏構造が形成される。この起伏構造は上書きが可能である。したがって、得られたサンプルを90度回転させて、再度干渉露光を行うと、直交した同一周期の凹凸構造を上書きすることになり、結果として二次元の正方構造を有する凹凸構造を得ることができる(図1(a))。露光の際の凹凸のピッチは干渉露光の入射角により制御可能であり、また2回目の露光の際の回転角度を変化させることによりさまざまな二次元格子構造を得ることができる。この二次元凹凸格子構造は微小球配列のテンプレートとして利用することができる。得られたテンプレート上に微小球を流し込み、そのあとの吸い上げあるいは引き上げなどの方法により単層に微小球を配列させる。

図1(b)は正方構造のテンプレート上に配列した直径1 μm のポリスチレン微小球の配列構造である。テンプレートの構造に沿って、配列できることがわかる。配列の際には、凹凸構造に一定の深さが必要であり、深さが不足すると微小球はテンプレートに沿わず、最密充填の六方構造へ配列してしまう。六方構造のテンプレートを利用すれば、六方構造に微小球を配列させることができる。通常の自己組織的配列でしばしば観察される、結晶粒界の存在する多結晶状態ではなく、大面積での単一な単結晶配列をつくりだすことが可能となる。

このようにして得られた微小球配列体にさらに上方から光照射することにより微小球をアゾポリマー表面にしっかりと固定できる。サンプルを超音波洗浄すると、未照射部

図1 (a) アゾポリマー表面に繰り返し干渉露光により形成された凸凹周期テンプレート構造のAFM像 (b) テンプレート上に流し込み配列したポリスチレン微小球のSEM像

文献4より一部転載 Copyright 2007, American Institute of Physics.

図2 アゾポリマー表面に形成された2次元コロイド結晶への線欠陥の導入

文献4より一部転載 Copyright 2007, American Institute of Physics.

分の微小球は洗い流されるが、光照射部分の微小球はしっかりと表面に固定される。図2は線状部分に光を当てないようにして固定化を行い、洗浄後観測したサンプルである。位置選択的な固定により二次元のフォトニック結晶スラブでの導波路構造が形成可能であることを示している。

アゾポリマー独特の光応答特性を利用することにより、単純な方法で微小球を自在に配列し位置選択的に固定できることを示した。微小球そのものの機能性を引き出すことによりさらに多彩な応用も期待できると考えている。

文 献

- 1) P. Rochon, *et al.*: *Appl. Phys. Lett.*, **66**, 136 (1995)
- 2) D. Y. Kim, *et al.*: *Appl. Phys. Lett.*, **66**, 1166 (1995)
- 3) T. Ikawa, *et al.*: *Langmuir*, **22**, 2747 (2006)
- 4) O. Watanabe, *et al.*: *Appl. Phys. Lett.*, **88**, 204107 (2006)