光波と量子ビーム制御・処理のための光重合性ナノコンポジット材料

Photopolymerizable nanocomposite materials for control and processing of optical and quantum beams

電気通信大学大学院 基盤理工学専攻　　富田 康生
Yasuo Tomita
Department of Engineering Science, University of Electro-Communications
E-mail: ytomita@uec.ac.jp

1. はじめに

ナノメートルサイズのゲスト材料を光学的に透明なホストポリマーに分散させたナノコンポジット材料は、バルクポリマーに比べて光学的、機械的、熱的な特性の大幅な改善、創発される新しい現象そして多機能化が得られ、高性能・高機能のフォトニックナノコンポジットデバイスが実現できる。[1,2] 本講演では、これまでに我々が究明しているフォトポリマー中へナノ微粒子を分散した光重合性ナノコンポジット材料 (NPC)[3] の諸特性と種々の応用について述べる。

2. ホログラフィックナノ微粒子アセンブリー

NPC 中でのホログラフィック光重合に伴う化学ポテンシャルの空間的変化でモノマーとナノ微粒子の相互拡散によりホログラフィックナノ微粒子アセンブリーが実現できる [図 1 (a) と 1(b)]。[4] この手法でポリマー中にナノ微粒子分布を単一ステップで cm オーダーの大面積領域で形成でき、ナノ微粒子と重合ポリマーとの屈折率差を大きくすることで高い屈折率変調の多次元フォトニック格子構造の形成が可能となる。図 1 (c) と 1(d) に NPC への二光束露光により SiO_2 ナノ微粒子とポリマーの分布が交互に周期的に配列された実験例を示す。

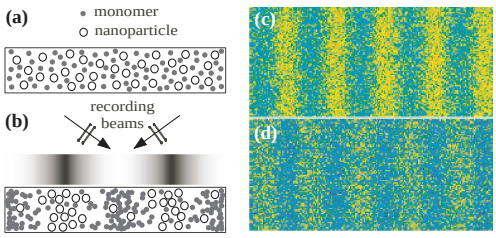

図 1: (a) A nanoparticle-polymer composite film. (b) Holographic assembly of nanoparticles in the film. (c) Density distribution of silica nanoparticles. (d) Density distribution of the formed (meth)acrylate polymer.

3. 応用例

無機ナノ微粒子分散 NPC により体積ホログラムの高屈折率変調化ならびに体積収縮低減と温度特性改善も同時に可能となり、この特徴を利用した NPC のホログラフィックデータ記録メディアへの応用が検討されている。[5] また、0.02 以上の屈折率変調が可能な超高屈折率有機ナノ微粒子分散 NPC によるウェアラブルデバイスへの応用も検討されている。[6]

一方、ナノ微粒子として半導体量子ドットや金属ナノ微粒子を用いることで、非線形フォトニック格子構造形成や量子サイズ効果とコンポジット構造化による局所場効果を利用したカスケーディング高次非線形光学効果が得られる。[7]

さらに、NPC のホログラフィック量子ビーム制御・処理への応用として、高感度の冷・極冷中性子干渉計の構築を念頭にした冷・極冷中性子ビームに対するハーフミラー、ミラー、多ビーム分配などの動作が実現されている。[8]

参考文献

[1] L.L. Beecroft and C.K. Ober, Chem. Mater. **9**, 1302 (1997).
[2] M. Kaczmarek and Y. Tomita, eds., a special issue on *Optics of Nanocomposite Materials*, J. Opt. A: Pure Appl. Opt. **11**, 020201 (2009).
[3] For its review, see Y. Tomita *et al.*, J. Mod. Opt. **63**, S1 (2016).
[4] Y. Tomita *et al.*, Opt. Lett. **30**, 839 (2005); *ibid.* **31**, 1402 (2006).
[5] E. Hata *et al.*, Opt. Mater. Express **1**, 207 (2011); K. Momose *et al.*, Opt. Lett. **37**, 2250 (2012); S. Takayama *et al.*, Appl. Opt. **53**, B53 (2014); N. Nagaya *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **55**, 09SB03 (2016).
[6] Y. Tomita *et al.*, Opt. Lett. **41**, 1281 (2016).
[7] X. Liu *et al.*, Appl. Phys. Lett. **95**, 261109 (2009); J. Appl. Phys. **108**, 073102 (2010); Opt. Express **20**, 13457 (2012).
[8] M. Fally *et al.*, Phys. Rev. Lett. **105**, 123904 (2010); J. Klepp *et al.*, Appl. Phys. Lett. **100**, 214104 (2012); *ibid.* **101**, 154104 (2012).

© 2017年 応用物理学会