19a-F10-6

光重合性ナノ微粒子-ポリマーコンポジットへの連鎖移動剤添加による体積ホログラムの屈折率変調増大化と空間周波数応答特性の改善

Refractive-index-modulation enhancement and improvement of spatial frequency response of volume holograms recorded in photopolymerizable nanoparticle-polymer composites by incorporation of chain transfer agents

電気通信大学大学院 先進理工学専攻　°藤井隆太　Jinxin Guo　富田 康生
Univ. of Electro-Commun.,　°Ryuta Fujii, Jinxin Guo, and Yasuo Tomita
E-mail: fujii@bellevue.ee.uec.ac.jp

1.　はじめに

これまでに我々は新しいナノコンポジット光材料として光重合性ナノ微粒子-ポリマーコンポジット (NPC) を提案し、ナノ微粒子分散により記録した体積ホログラムの屈折率変調と記録感度の増大に加えて重合収縮率の低減と熱的安定性の向上も同時に実現出来ることを実証した [1]。また、NPC への逐次重合モノマーの適用により重合収縮のさらなる低減化を実証すると共に高品質なホログラフィックデジタルデータ多重記録も実証した [2]。我々が報告している NPC のホログラフィック中性子ビーム制御への応用 [3] を念頭に、連鎖移動剤 (CTA) を添加した NPC[4] における連鎖移動反応過程を利用したポリマー架橋密度の低減化により、NPC 中に記録された体積ホログラムの屈折率変調増大化と空間周波数応答特性の改善について検討した結果について報告する。

2.　実験と結果

2 官能アクリレートモノマーに 35vol.%で ZrO_2 ナノ微粒子 (平均粒径 3nm) を一様分散すると共に緑色波長域用の光重合開始剤 (Irgacure784) をモノマー比で 1wt.%添加した。さらに、CTA として 1 官能チオール methyl 3-mercaptopropionate をモノマーに対して種々のモル濃度で添加した NPC 溶液をスライドガラスへ滴下し、他のスライドガラスで挟んだものを NPC フィルム試料とした。ホログラフィック記録測定では、Nd : YVO_4 レーザー (波長 532nm) を用いた二光束干渉露光により種々の透過型平面波体積ホログラム (格子間隔 0.3〜1.2μm) を露光強度 50mW/cm^2 で記録して、ホログラム記録の動特性と Bragg 角離調特性を測定することにより屈折率変調飽和値 (Δn_{sat}) を得た。また、ホログラフィック法 [5] を用いて体積ホログラムの重合収縮率についても測定した。Fig.1 に Δn_{sat} と重合収縮率の CTA 添加濃度依存性を示す。CTA 添加濃度の増加とともに Δn_{sat} は極大化し重合収縮率は単調に減少することが分かる。これらの理由は、CTA 添加によるポリマー架橋密度の減少で重合収縮が低減化されると共にホログラム記録時のナノ微粒子とモノマーの相互拡散が促進されて Δn_{sat} が増加するが、過多の CTA 添加量では初期ラジカルが CTA と反応してモノマーの重合変換率が急激に低下して Δn_{sat} が減少するためである。Fig.2 に CTA 無添加時と添加時の Δn_{sat} の格子間隔依存性を示す。CTA 添加により格子間隔 1μm 未満の高い空間周波数域においても大きな Δn_{sat} が得られることが分かる。この主な理由は CTA 添加によるポリマー架橋密度の減少で実効的なポリマー鎖長が短くなるため [6] と考えられる。

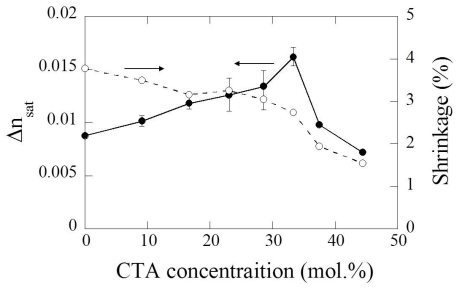

Fig 1: Dependences of Δn_{sat}(●) and out-of-plan thickness change(○) on CTA concentration.

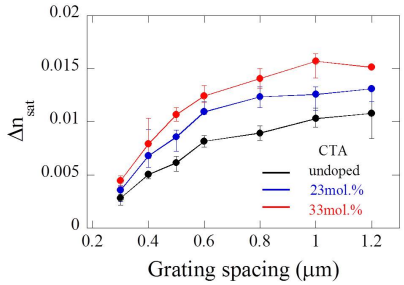

Fig 2: Grating spacing dependence of Δn_{sat} without and with CTAs.

参考文献

[1] N. Suzuki *et al.*, Appl. Phys. Lett. **81**,4121 (2002); N.Suzuki and Y. Tomita, Appl. Opt. **43**, 2125 (2004); Y. Tomita *et al.*, Appl. Phys. Lett. **88**, 071103 (2006); N.Suzuki *et al.*, Opt. Express 14, 12712 (2006); Y. Tomita *et al.*, Opt. Lett. 33, 1750 (2008); T.Nakamura *et al.*, J. Opt. A: Pure Appl. Opt. **11**, 024010 (2009).
[2] E. Hata *et al.*, Opt. Mater. Express. **1**, 207 (2011); *ibid.* **1**, 1113 (2011); K. Momose *et al.*, Opt. Lett. **37**, 2250 (2012).
[3] M. Fally *et al.*, Phys. Rev. Lett. **105**, 123904 (2010).
[4] 藤井、三部、富田、 第 60 回応用物理学春季学術講演会講演予稿集 29P-PB9-1(2013).
[5] L. Dhar *et al.*, Appl. Phys. Lett. **73**, 1337 (1998).
[6] J. Guo *et al.*, J. Opt. **13**, 095601 (2011); *ibid.* **13**, 095602 (2011).

© 2014 年　応用物理学会