



УДК 535.417

ГОЛОГРАФИЧЕСКАЯ ЗАПИСЬ НА ФОТОПОЛИМЕРИЗУЮЩЕМСЯ НАНОКОМПОЗИТЕ С НАНОКРИСТАЛЛАМИ DAST

Т.Н. Погосян^а, И.Ю. Денисюк^а, И. Ледо-Рак^б, Лай Нгок Дьеп^б^а Университет ИТМО, Санкт-Петербург, 197101, Российская Федерация^б ENS Paris-Saclay, LPQM, Кашан, 94235, Франция

Адрес для переписки: tamara.pogosian@hotmail.com

Информация о статье

Поступила в редакцию 23.01.19, принята к печати 21.02.19

doi: 10.17586/2226-1494-2019-19-2-374-376

Язык статьи – русский

Ссылка для цитирования: Погосян Т.Н., Денисюк И.Ю., Ледо-Рак И., Дьеп Лай Нгок. Голографическая запись на фотополимеризующемся нанокompозите с нанокристаллами DAST // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2019. Т. 19. № 2. С. 374–376. doi: 10.17586/2226-1494-2019-19-2-374-376

Аннотация

Рассмотрена запись периодической решетки в фотополимеризующемся нанокompозите с наночастицами нелинейно-оптического кристалла DAST (4-dimethylamino-N-methyl-4-stilbazolium tosylate) голографическим методом. Нанокompозит состоял из смеси двух мономеров IDA (Isodecyl acrylate) и TMP (Trimethylolpropane ethoxylate (1 EO/OH) methyl ether diacrylate) с растворенными в метаноле молекулами DAST. Для фотополимеризации использован инициатор In2 (2,2-Dimethoxy-2-phenylacetophenone). При центрифугировании раствора начинается испарение растворителя и формирование кристаллов. Показано, что с использованием двухлучевой интерференции в нанокompозите происходит запись объемной голограммы. При этом на микрофотографиях заметно перемещение наночастиц DAST в объеме, что обеспечивает создание нелинейно-оптической решетки, которую можно использовать для фазового согласования нелинейных эффектов.

Ключевые слова

нанокompозит, наночастица, акрилат, голография, DAST, молекулярный кристалл, нелинейная оптика

Благодарности

Работа выполнена при поддержке по гранту Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ) (проект № 18-52-16014).

HOLOGRAPHIC RECORDING IN PHOTOPOLYMERIZED NANOCOMPOSITE WITH DAST NANOCRYSTALS

T.N. Pogosian^а, I.Yu. Denisjuk^а, I. Ledoux-Rak^б, Lai Ngoc Diep^б^аITMO University, Saint Petersburg, 197101, Russian Federation^бENS Paris-Saclay, LPQM, Cachan, 94235, France

Corresponding author: tamara.pogosian@hotmail.com

Article info

Received 23.01.19, accepted 21.02.19

doi: 10.17586/2226-1494-2019-19-2-374-376

Article in Russian

For citation: Pogosian T.N., Denisjuk I.Yu., Ledoux-Rak Isabelle, Diep Lai Ngoc Holographic recording in photopolymerized nanocomposite with DAST nanocrystals. *Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics*, 2019, vol. 19, no. 2, pp. 374–376 (in Russian). doi: 10.17586/2226-1494-2019-19-2-374-376

Abstract

This paper is devoted to recording of a periodic lattice in the photopolymerized nanocomposite with nanoparticles of nonlinear optical DAST crystal (4-dimethylamino-N-methyl-4-stilbazolium tosylate) by holographic method. Nanocomposite consists of the mixture of two monomers: IDA (Isodecyl acrylate) and TMP (Trimethylolpropane ethoxylate (1 EO/OH) methyl ether diacrylate) with molecules of DAST dissolved in methanol. Initiator In2 (2,2-Dimethoxy-2-phenylacetophenone) provides photopolymerization. At solution centrifugal separation solvent evaporation and crystal formation start. It is shown that there is a record of the volume hologram when two-beam interference is used. Micro photos prove the movement of DAST nanoparticles in volume that provides creation of nonlinear grating, which can be used for quasi-phase matching of nonlinear effects.

Keywords

nanocomposite, nanoparticles, acrylate, holography, DAST, molecular crystals, nonlinear optics

Acknowledgements

This work was supported by the Russian Foundation for Basic Research RFBR (project No. 18-52-16014).

Одной из важных регистрирующих сред для голографии являются голографические фотополимеры, обладающие рядом преимуществ, такими как высокая скорость записи, отсутствие необходимости в химической обработке после экспонирования, стабильность. Запись изображения в таких материалах обусловлена фотостимулированной модуляцией показателя преломления. Последнее обычно достигается за счет перемещения компонентов фотополимеризующейся композиции под действием излучения.

В [1] рассмотрены основные процессы формирования модуляции показателя преломления в фотополимерах. Голографические нанокomпозиционные материалы основаны на тех же принципах формирования решетки, записанной в объеме и базирующейся на разделении компонентов композиции, что и традиционные фотополимеры. Однако транспортируемым компонентом являются введенные наночастицы, которые и изменяют показатель преломления, а точнее его модуляцию, при фотоиндуцированном перемещении в материале. В [2] рассмотрено создание голографического материала на базе наночастиц TiO_2 в полимере. Несомненно, тем же способом можно формировать трехмерные распределения наночастиц других типов, введенных в фотополимеризующуюся матрицу, в том числе и нелинейно-оптических.

В настоящей работе рассмотрен процесс формирования трехмерного распределения нелинейно-оптических нанокристаллов DAST (4-dimethylamino-N-methyl-4-stilbazolium tosylate) в фотополимеризующемся нанокomпозите голографическим методом. Записанные таким образом решетки представляют интерес при формировании периодических структур, которые можно использовать для фазового согласования нелинейных эффектов с целью генерации гармоник, терагерцового излучения, оптического переключения. Методы создания полимерного нанокomпозита с нанокристаллами DAST описаны в [3, 4].

Для изготовления образца использована смесь мономеров Isodecyl acrylate (408956 ALDRICH, IDA) и Trimethylolpropane ethoxylate (1 EO/OH) methyl ether diacrylate (415871 ALDRICH, TMP), в пропорции 1:1. DAST (CAS: 80969-52-4 Genolite biotek) растворен в метаноле и смешан с мономерами. Содержание DAST в смеси мономеров 2 вес.%. Количество метанола рассчитывалось исходя из предела растворимости DAST в нем при комнатной температуре [5]. Для полимеризации мономеров использован инициатор 2,2-Dimethoxy-2-phenylacetophenone (196118 ALDRICH, In2). С помощью центрифугирования образец наносился на подложку. Толщина пленки в среднем равнялась 3 мкм.

Полимеризация образцов производилась в поле интерференционной картины двух когерентных лучей. Установка состояла из лазера Cobolt Zouk™ (непрерывный режим, длина волны 355 нм, мощность ≤ 20 мВт), системы линз, расширяющих и формирующих параллельный пучок, призмы, разделяющей пучок на два, и зеркала. Используя зеркало и изменяя расстояние до образца, возможно варьировать угол схождения пучков и, следовательно, период решетки. В работе использовался фиксированный период решетки 5,5 мкм. Экспозиция 10 мин. После экспонирования визуально наблюдалось появление дифракции от записанной решетки. Для полной полимеризации образец дополнительно экспонировался 10 мин в однородном параллельном пучке света того же лазера. Дифракция сохранялась.

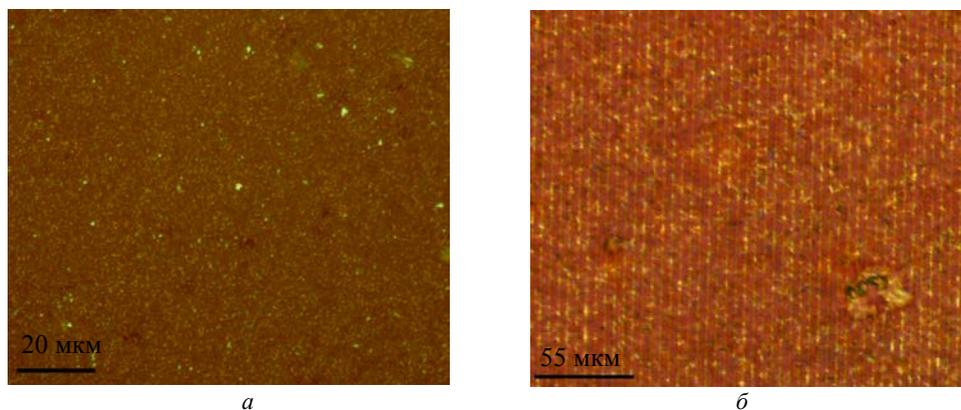


Рисунок. Микрофотография: а) образца, полимеризованного в однородном параллельном пучке; б) периодической решетки, записанной в нанокomпозите, период 5,5 мкм

Полученные образцы анализировались с помощью оптического микроскопа Nikon Eclipse Ci-S на пропускание и Leica DM2700 M (см. рисунок) на отражение с поляризационным фильтром. Как видно из

рисунка, при записи периодической решетки наблюдается перемещение субмикронных молекулярных кристаллов DAST в фотополимере так же, как это имеет место при записи в нанокompозите с неорганическими наночастицами. Следовательно, метод пригоден для создания двумерных и трехмерных нелинейно-оптических решеток с периодической модуляцией нелинейно-оптического коэффициента в объеме.

Литература

1. Gleeson M.R., Sheridan J.T. A review of the modelling of free-radical photopolymerization in the formation of holographic gratings // *Journal of Optics A: Pure and Applied Optics*. 2009. V. 11. N 2. P. 024008. doi: 10.1088/1464-4258/11/2/024008
2. Suzuki N., Tomita Y., Kojima T. Holographic recording in TiO₂ nanoparticle-dispersed methacrylate photopolymer films // *Applied Physics Letters*. 2002. V. 81. N 22. P. 4121–4123. doi: 10.1063/1.1525391
3. Pogolian T., Mai T.N.A., Denisyuk I., Lai N.D. Synthesis and nonlinear optics characterization of DAST submicron crystals in polymerized thin films // *Micro-Structured and Specialty Optical Fibres V*. 2018. V. 10681. doi: 10.1117/12.2306686
4. Burunkova J.A., Denisyuk I.Yu., Fokina M.I. Polymer composite based on DAST submicron crystals: technology and properties // *Molecular Crystals and Liquid Crystals*. 2014. V. 589. P. 178–182. doi: 10.1080/15421406.2013.872819
5. Thomas T., Ramaclaus J. V., Mena F. P., Mosquera E., Sagayaraja P., Michaelb E.A. Influence of oleic acid on the nucleation and growth of 4-N,N-dimethylamino-4-N-methylstilbazoliumtosylate (DAST) crystals // *CrystEngComm*. 2015. V. 17. N 9. P. 1989–1996. doi: 10.1039/c4ce02470b

Авторы

Погосян Тамара Николаевна – аспирант, Университет ИТМО, Санкт-Петербург, 197101, Российская Федерация, Scopus ID: 56401112800, ORCID ID: 0000-0002-8757-8600, tamara.pogolian@hotmail.com

Денисюк Игорь Юрьевич – доктор физико-математических наук, профессор, профессор, Университет ИТМО, Санкт-Петербург, 197101, Российская Федерация, Scopus ID: 7004060393, ORCID ID: 0000-0002-9933-0469, denisyuk@mail.ifmo.ru

Ледо-Рак Изабель – доктор наук, профессор, директор LPQM, ENS Paris-Saclay, LPQM, Кашан, 94235, Франция, Scopus ID: 6603475993, ORCID ID: 0000-0003-3192-6431, isabelle.ledoux@lpqm.ens-cachan.fr

Лай Нгок Дьеп – доктор наук, профессор, ENS Paris-Saclay, Кашан, 94235, Франция, Scopus ID: 7005033870, ORCID ID: 0000-0002-1429-683X, ngoc-diep.lai@ens-paris-saclay.fr

References

1. Gleeson M.R., Sheridan J.T. A review of the modelling of free-radical photopolymerization in the formation of holographic gratings. *Journal of Optics A: Pure and Applied Optics*, 2009, vol. 11, no. 2, pp. 024008. doi: 10.1088/1464-4258/11/2/024008
2. Suzuki N., Tomita Y., Kojima T. Holographic recording in TiO₂ nanoparticle-dispersed methacrylate photopolymer films. *Applied Physics Letters*, 2002, vol. 81, no. 22, pp. 4121–4123. doi: 10.1063/1.1525391
3. Pogolian T., Mai T.N.A., Denisyuk I., Lai N.D. Synthesis and nonlinear optics characterization of DAST submicron crystals in polymerized thin films. *Micro-Structured and Specialty Optical Fibres V*, 2018, vol. 10681. doi: 10.1117/12.2306686
4. Burunkova J.A., Denisyuk I.Yu., Fokina M.I. Polymer composite based on DAST submicron crystals: technology and properties. *Molecular Crystals and Liquid Crystals*, 2014, vol. 589, pp. 178–182. doi: 10.1080/15421406.2013.872819
5. Thomas T., Ramaclaus J. V., Mena F. P., Mosquera E., Sagayaraja P., Michaelb E.A. Influence of oleic acid on the nucleation and growth of 4-N,N-dimethylamino-4-N-methylstilbazoliumtosylate (DAST) crystals. *CrystEngComm*, 2015, vol. 17, no. 9, pp. 1989–1996. doi: 10.1039/c4ce02470b

Authors

Tamara N. Pogolian – postgraduate, ITMO University, Saint Petersburg, 197101, Russian Federation, Scopus ID: 56401112800, ORCID ID: 0000-0002-8757-8600, tamara.pogolian@hotmail.com

Igor Yu. Denisyuk – D.Sc., Full Professor, ITMO University, Saint Petersburg, 197101, Russian Federation, Scopus ID: 7004060393, ORCID ID: 0000-0002-9933-0469, denisyuk@mail.ifmo.ru

Isabelle Ledoux-Rak – D.Sc., Professor, Head of LPQM, ENS Paris-Saclay, LPQM, Cachan, 94235, France, Scopus ID: 6603475993, ORCID ID: 0000-0003-3192-6431, isabelle.ledoux@lpqm.ens-cachan.fr

Ngoc Diep Lai – D.Sc., Professor, ENS Paris-Saclay, LPQM, Cachan, 94235, France, Scopus ID: 7005033870, ORCID ID: 0000-0002-1429-683X, ngoc-diep.lai@ens-paris-saclay.fr