

Гибридный амин-акрилат-тиол-силоксановый фотополимерный материал для записи микроструктур при повышенной влажности окружающей атмосферы

С. И. Алиев^{1,2}, Д. И. Деревянко¹, В. В. Шелковников^{1,2}, В. Н. Бережная¹, И.К. Шундрин¹

¹ Новосибирский институт органической химии им. Н.Н. Ворожцова Сибирского отделения Российской академии наук, Новосибирск, Россия

² Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск, Россия

Проведена модификация гибридного кремний-органического материала амин-силоксановым соединением. Это позволило получить прозрачные пленки при влажности окружающей атмосферы 40 %. Были измерены термомеханические свойства фотоотверждённых плёнок с добавкой амин-силоксанового соединения методом ДМА. При влажности окружающей атмосферы 40 % были получены микроструктуры с периодом $d \approx 1,5$ мкм и толщиной $T \approx 1$ мкм.

Ключевые слова: Гибридный фотополимерный материал, Дифракционные оптические элементы, Голография.

Цитирование: Деревянко, Д. И. Гибридный амин-акрилат-тиол-силоксановый фотополимерный материал для записи микроструктур при повышенной влажности окружающей атмосферы / С. И. Алиев, Д. И. Деревянко, В. В. Шелковников, В. Н. Бережная, И. К. Шундрин // HOLOEXPO 2022: XIX Международная конференция по голографии и прикладным оптическим технологиям : Тезисы докладов. — Барнаул: ИП Колмогоров И. А., 2022. — С. 330–333.

Развитие оптической промышленности связано с использованием элементов дифракционной и интегральной оптики, как ключевыми компонентами при конструировании новых приборов и систем. Для их создания широкое распространение получили фоторезистивные гибридные кремнийорганические материалы (ФГКМ) [1].

В [2] был получен ФГКМ на основе тетраакрилатного мономера (ТА) и тиол-силоксановых соединений (ТС). Однако синтезированные ТС были неустойчивы к гидролитической конденсации, что накладывало ограничения на получение прозрачных пленок при влажности окружающей атмосферы более 30 % [3]. Модификация ФГКМ амин-силоксановым соединением (АС), структурная формула приведена на рис. 1., позволила получить прозрачные пленки при влажности окружающей атмосферы 40 % (рис. 2.).

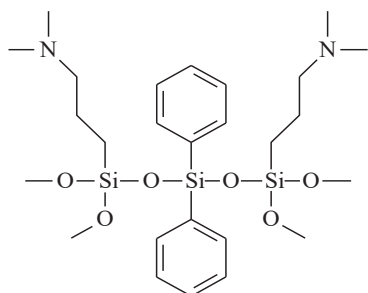


Рис.1. Структурная формула амин-силоксанового соединения

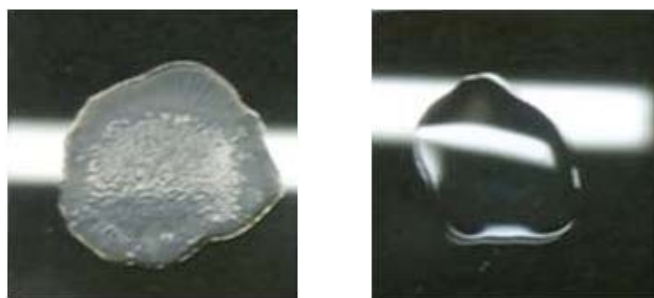


Рис.2. Фотографии неотвержденных гибридных пленок а) без добавления АС б) с добавлением АС.

Методом ДМА были измерены термомеханические свойства фотоотвержденных пленок ФГКМ с различными соотношениями ТА:ТС:АС. Полученные значения модуля упругости (E') и температуры стеклования (T_c) плёнок в сравнении с фоторезистом SU-8, модуль упругости которого варьируются в зависимости от дозы УФ излучения и условий термообработки [4], представлены в таблице 1.

Таблица 1. Термомеханические свойства гибридных плёнок с различными соотношениям ТА:ТС:АС

Соотношение ТА:ТС:АС	E' , МПа	T_c , °С
1:0,75:0,25	1241	75
1:0,5:0,5	1027	60
1:0,25:0,75	656	40
SU-8	700-2700	50-200

При влажности окружающей атмосферы 40 %, с помощью голографической записи, на плёнке (ТА:ТС:АС = 1:0.5:0.5) были получены микроструктуры с периодом $d \approx 1,5$ мкм и толщиной $T \approx 1$ мкм.

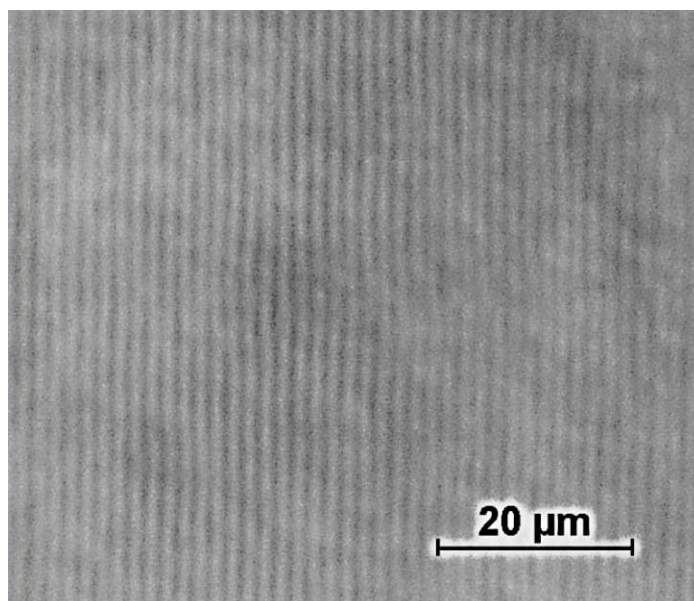


Рис. 3. Фотография голографической решётки

В результате модификация ФГКМ амино-силоксановым соединением позволила получить прозрачные плёнки при влажности окружающей атмосферы 40 %. Методом ДМА показано, что с увеличением концентрации АС значения E' и T_c уменьшаются с 1241 МПа до 656 МПа и с 75 °С до 40 °С соответственно. Продемонстрирована возможность записи микроструктур с при влажности окружающей атмосферы 40 %.

Список источников

- [1] Micro resist technology GmbH / URL: <https://www.microresist.de>
- [2] **Shelkovnikov, V.** Synthesis and thermomechanical properties of hybrid photopolymer films based on the thiol-siloxane and acrylate oligomers / V. Shelkovnikov, L. Ektova, N. Orlova, L. Ogneva, D. Derevyanko, I. Shundrina, G. Salnikov, L. Yanshole // Journal of Materials Science. — 2015. — Vol 50. — № 23. — P. 7544–7556.
- [3] **Деревянко, Д. И.** Гибридный фотополимерный материал на основе (8-акрилоил-1,4-дитиа-8-азаспиро[4.5]декан-2-ил)метил акрилата и тиол-силоксанового компонента для записи микроструктур: синтез, оптические и термомеханические свойства / Д. И. Деревянко, В. С. Басистый, В. В. Шелковников, И. К. Шундрин, А. Д. Бухтоярова, Г. Е. Сальников, В. Н. Бережная, А. А. Чернонос // Высокомолекулярные соединения — 2020. — Том 62. — № 5. — С. 382–394.
- [4] R. Feng, R.J. Farris // Micromech. Microeng. — 2003. — Vol 13. — P. 80.

Hybrid amine-acrylate-thiol-siloxane photopolymer material for recording microstructures at high atmospheric humidity

S. I. Aliev¹, D. I. Derevianko², V. V. Shelkovnikov^{1,2}

¹ N.N. Vorozhtsov Novosibirsk Institute of Organic Chemistry of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

² Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, Russia

The hybrid silicon-organic material was modified with an amine-siloxane compound. This made it possible to obtain transparent films at a humidity of the surrounding atmosphere of 40%. The thermomechanical properties of photocured films with the addition of an amine-siloxane compound were measured by the DMA method. At an ambient humidity of 40 %, microstructures with a period $d \approx 1.5 \mu\text{m}$ and a thickness $T \approx 1 \mu\text{m}$ were obtained.

Keywords: Hybrid photopolymer material, Diffractive optical elements, Holography.