

# Holographische Volumenphasengitter in einem glasähnlichen Polymer

U. V. Mahilny\*, D. N. Marmysh\*, A. I. Stankevich\*, A. L. Tolstik\*, I. N. Agishev\*, S. Lehn\*\*, V. Matusevich\*\*, L. Wenke\*\*, R. Kowarschik\*\*

\*Physikalische Fakultät, Weissrussische Staatliche Universität Minsk

\*\*Institut für Angewandte Optik, Friedrich-Schiller-Universität Jena

<mailto:Vladislav.Matusevich@uni-jena.de>

In einem neuartigen, glasähnlichen Polymermaterial auf der Basis von PMMA konnten wir holographische Volumenphasengitter mit einem Beugungswirkungsgrad von fast 100 % und Gitterperioden bis  $0,3 \mu\text{m}$  erzeugen. Dies gelingt mittels einer thermischen Verstärkung der Gitter beim Schreibprozeß und anschließender Fixierung durch inkohärente optische Beleuchtung. Damit bleiben die Gitter auch bei Raumtemperatur stabil. Die Schreibzeiten liegen dabei im Bereich von wenigen Sekunden ( $\lambda = 514 \text{ nm}$ ). Wir diskutieren die Prozesse der Erzeugung, Verstärkung und Fixierung sowohl für symmetrische als auch schiefe holographische Gitter.

## 1 Einführung

Das Ziel unserer Arbeit ist die Entwicklung eines Photopolymers, das eine Alternative zu konventionellen Photoplaten auf Silberbasis darstellt. Das Polymer wird auf der Basis einer PMMA-Matrix mit einem photoempfindlichen Phenanthrenequinone synthetisiert, wobei die thermische Aktivierung der photoinduzierten Diffusion die Hologramme verstärkt und ihre Thermostabilität verbessert. Die Vorteile des Polymers sind vor allem seine Trockenentwicklung durch Belichtung mit einer Halogenlampe und die Möglichkeit, die Hologramme auch bei Tageslicht einzuschreiben.

## 2 Experiment

Zur Präparation des Photopolymers wird eine Lösung von PMMA (300 mg) in 1,5 ml Chloroform und Phenanthrenchinon (12,7 mg) bei einer Temperatur von  $45 - 50^\circ\text{C}$  auf ein Glassubstrat aufgetragen und bei dieser Temperatur zunächst 12 Stunden getrocknet. Anschließend folgt ein weiterer Trocknungsschritt bei  $110^\circ\text{C}$  für 6 Stunden. Danach wird die Polymerschicht vom Glassubstrat getrennt, indem man das Polymer in destilliertes Wasser einbringt. Danach ist eine weitere Trocknung von 12 Stunden bei Raumtemperatur erforderlich.

Zur holographischen Charakterisierung des Photopolymers haben wir einen Aufbau für die Zweiwellenmischung verwendet. Als Lichtquelle dient ein Ar-Laser (514 nm). Die Gesamtintensität der beiden Schreibwellen für die Zweistrahlinterferenzen betrug  $3 \text{ mW/cm}^2$ . Der Zeitverlauf der Brechzahlmodulation im Polymer, die an Hand der gemessenen Beugungswirkungsgrade aus den Kogelnik-Gleichungen für Volumengitter berechnet wurde, ist in Abb. 1 gezeigt.

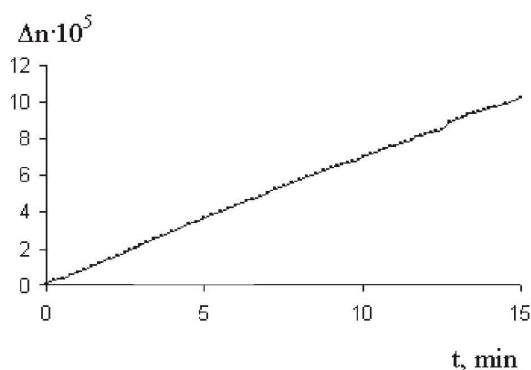
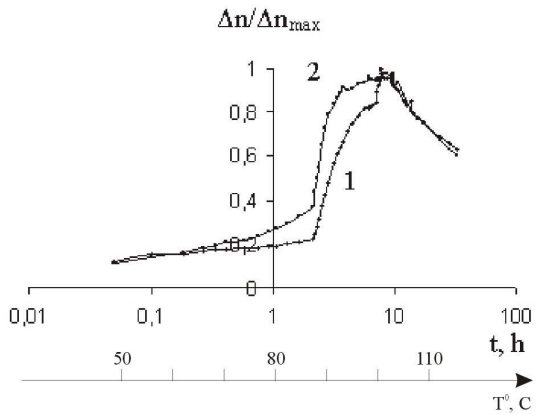


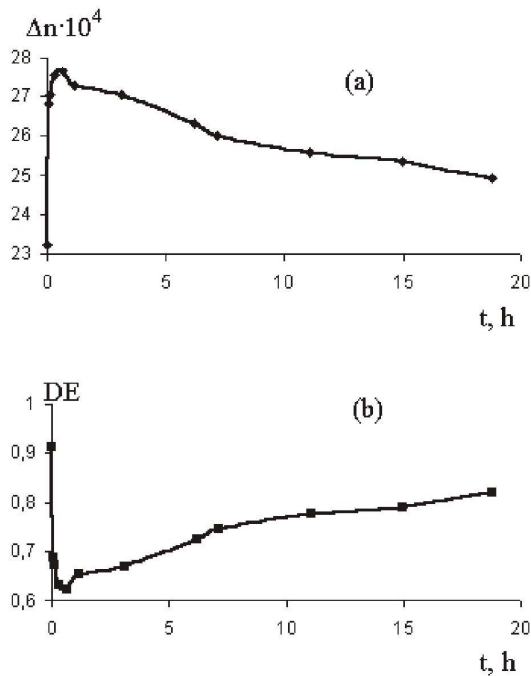
Abb. 1 Abhängigkeit der Brechzahlmodulation von der Schreibzeit. Gitterperiode  $1,6 \mu\text{m}$ .

In Abb. 2 ist die entsprechende Kinetik der normierten Brechzahlmodulation für die erste und die zweite Beugungsordnung in Abhängigkeit von der Temperatur dargestellt. Der Beugungswirkungsgrad der zweiten Beugungsordnung ist ca. 15fach kleiner als der der ersten Beugungsordnung.

Für Temperaturen bis  $100^\circ\text{C}$  nimmt die Modulation zu, bei weiterer Aufheizung dann wieder ab. Das bedeutet, wenn das Brechzahlgitter bei der Belichtung übermoduliert wird, dann kann man den Beugungswirkungsgrad durch Erhitzen des Speichermediums auf  $120-140^\circ\text{C}$  erhöhen (Abb. 3). Auf diese Weise lassen sich Beugungswirkungsgrade von fast 100 % erreichen.



**Abb. 2** Kinetik der Entwicklung der relativen Brechzahlmodulation nach der Belichtung für die erste (1) und für die zweite (2) Beugungsordnung.



**Abb. 3** Thermische Beeinflussung des übermodulierten Gitters. a) Entwicklung der Brechzahländerung, b) Entwicklung des Beugungswirkungsgrades.

### 3 Zusammenfassung

- Die hohe Konzentration von Phenanthrenequinone in PMMA erlaubt das Einschreiben sowohl von Hologrammen mit großem Beugungswirkungsgrad als auch übermodulierte Hologramme in Schichten mit Dicken von 50  $\mu\text{m}$  bis 150  $\mu\text{m}$ .
- Die Aufheizung des Polymers nach der Belichtung führt zur Zunahme des Beugungswirkungsgrades durch Ausgleich von Konzentrationsunterschieden des Phe-

nanthrenequinone. Dieser Effekt ermöglicht die nichtdestruktive Hologrammfixierung mit inkohärenter homogener Beleuchtung.

- Bis zur Schmelztemperatur des Materials (etwa 100 $^{\circ}\text{C}$ ) bleiben die Hologramme thermisch stabil.