Archive of SID

تاثیر خلاء در پایداری محیطی تمام نگارهای ژلاتین حساس شده با هالید نقره

حریریان، زهره*؛ پرتوی شبستری، ناصر

آزمایشگاه تمام نگاری، پژوهشکده لیزر و اپتیک، پژوهشگاه علوم و فنون هسته ای

چکیده

ساخت عناصر اپتیکی که عاری از خطا های رنگی و هندسی باشند اگر چه هنوز هم به طریقه محاسبات طولانی و پیچیده ترکیبات اپتیکی انجام می گیرد ولی بعد از ورود فعال تمام نگاری به صحنه اپتیک، ساخت این عناصر به روش فوق کم کم جای خود را به ساخت عناصر اپتیکی به روش تمام نگاری (HOE^1) می سپارد. در این کار از ژلاتین حساس شده با هالید نقره ($SHSG^2$) برای ساخت توری عبوری فازی استفاده شده است. اصطلاح (SHSG) دلالت دارد بر مواد تماما زلاتینی که اطلاعات تصویری اولیه را از طریق جذب فوتون توسط ژلاتین در حوالی تصویر ظاهر شده بهم پیوند می دهد . تصویر ذخیره شده در این روش بصورت تغییرات ضریب شکست در داخل ژلاتین است . قرار دادن نمونه به مدت ۱ الی ۲ ساعت در داخل خلاء در انتهای مرحله پردازش به منظور آبزدایی ژلاتین باعث افزایش کیفیت و پایداری آن تا دمای 110^oc می گردد . این روش یکی از نوید بخش ترین روشها برای ساخت عناصر اپتیکی تمام نگاشتی (HOE) عبوری است، در این روش حداکثر بازدهی پراش به دست آمده ۷۰٪ می باشد که با رکورد های موجود جهانی برابری می کند .

Vacuum effect in environmental stability of Silver Halide Sensitized Gelatin holograms

Haririan, Zohreh; Partovi shabestari, Naser

Laser and optics research school, Nuclear Science and Technology Research Institute (NSTRL), end of North karegar Ave., Tehran, Email: zharirian@aeoi.org.ir

Abstract

Up to now, the design and fabrication of aberration- free optical elements (be it chromatic or geometric) has been done, mainly through combination of optics which involves cumbersome calculations. However, since active appearance of holography, the old method is gradually being replaced by holographic fabrication methods. These new methods have resulted in production of a new generation of optics called Holographic Optical Element (HOE). In this work the method of Silver Halide Sensitized Gelatin (SHSG) is used in order to make phase transmission holograms. The term SHSG denotes an all –gelatin phase material which records the initial image information through photon absorption by the silver halide the image is stored as the differences in the reflective index within the remaining gelatin. By placing the sample in the vacuum at the end of processing for dehydration, we increase the quality and keep the stability up to the temperature of 110°c. This technique that proposed recently is one of the most promising techniques for the fabrication of transmission HOE. We made phase transmission gratings with diffraction efficiency of 70% which is comparable with recent world records.

PACS No.

مقدمه

از ابتدای ورود فعال تمام نگاری به صحنه اپتیک، ساخت عناصر اپتیکی به طریقه تمام نگاری مورد توجه اپتیک دانان بوده است. ساخت این عناصر با اصلاح خطاهای هندسی و رنگی شروع و امروزه عدسی ها، آیینه ها و توری ها رامی توان از طریق روش تمام نگاشتی ساخت. مسئله مهم در ساخت این عناصر، کیفیت و در نتیجه بازدهی پراش آنها می باشد.

تمام نگار های ژلاتین حساس شده با هالید نقره(SHSG) در شرایط محیطی عادی پایدار هستند [۱] ، اما هنگامی که رطوبت خیلی زیاد باشد (۹۰٪ ~) در عرض چند ساعت کیفیتشان پایین می آید برای جلو گیری از این کاهش می توان با استفاده ازتکنیک

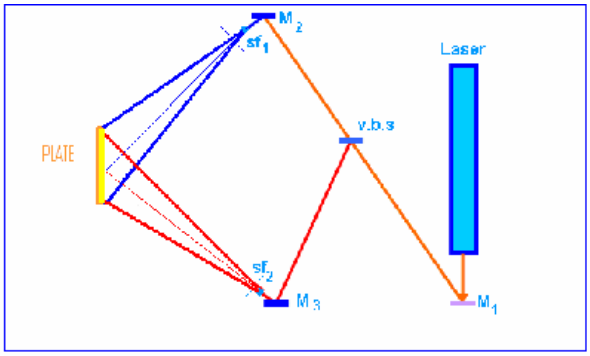
www.SID.ir

Archive of SID

آب زدایی در خلاء بدنبال آب زدایی توسط پروپانول در مراحل پردازش، کیفیت آنها را به وضعیت اولیه برگرداند.
این خاصیت بویژه برای تولید انبوه HOE مناسب است. زیرا تمام نگارهایی را که یکبار در مرحله کنترل کیفیت رد شده اند می توان مجددا با تکنیک جدید ظاهر کرد تا به کیفیت مطلوب برسند. در این مقاله تاثیر محیط خلاء بر افزایش پایداری محیطی در یک تمام نگار SHSG بررسی می گردد.

آرایش تجربی

در اینجا برای بررسی تاثیر خلاء بر افزایش پایداری محیطی از چینش توریها استفاده شده است، در چینش توری عبوری فازی از دو باریکه واگرا در آرایش متقارن نسبت به پلیت تمام نگاری مانند شکل (۱) استفاده گردیده است. شدت دو باریکه لیزری با هم مساوی بوده و صافی فضایی نیز در مسیر باریکه ها قرار داده شده است. طول موج بکار رفته ۶۳۲۸°A (لیزر هلیوم- نئون) می باشد. صفحه تمام نگاری عمود بر نیمساز زاویه ۲θ(زاویه بین موج فرودی مرجع و شیئی) می باشد. تقسیم کننده باریکه از نوع ۵۰٪ می باشد و قطر سوراخ روزنه ها ۲۵ میکرون است.



شکل(۱) چیدمان به کار رفته برای ضبط توری پراش

محلول های پردازشگر

برای پردازش ازمحلول ظهور D-19، رنگبر R-10 و ثبوت F-24 استفاده شده است.

فرمول داروی رنگبر R-10

بلیچ A		بلیچ B	
آب	70 ml	آب	200 cc
دی کرومات آمونیوم	2 gr	برومور پتاسیم	23 gr
اسید سولفوریک غلیظ	1.4 cc	آب تا	250 cc
آب تا	100 ml		
1A+10W+30B			

توجه: درست قبل از استفاده یک قسمت از A را با ده قسمت از آب و سی قسمت از B مخلو ط کنید.

فرآیند پردازش

در مرحله اول پردازش، تمام نگار به مدت ۵ دقیقه درون محلول ظهور D-19 قرار می گیرد و به آرامی حرکت داده می شود تا محلول ظهور به آرامی روی سطح امولسیون جابجا شده و سطح نور دیده فیلم سیاه گردد بطوریکه نور ایمنی به سختی از میان آن دیده شود. سپس به مدت ۱ دقیقه در آب جاری قرار می گیرد در سومین مرحله درون داروی بلیچ یا رنگبر که دمای آن ۵۰° میباشد قرار داده شده تا سطح فیلم سفید گردد و بعد از ۳۰ ثانیه به آرامی فیلم از درون داروی رنگبر خارج شده سپس مدت ۳۰ ثانیه در آب جاری و بعد از آن به مدت ۳ دقیقه درون محلول ثبوت F-24 قرار می گیرد و پس از ۱۰ دقیقه شستشو با آب جاری، نوبت به آب زدایی توسط مراحل الکل می رسد در این روش ابتدا صفحه تمام نگاری به مدت ۳ دقیقه در ایزوپروپیل الکل ۵۰٪ قرار گرفته و با حرکت های آرام مولکولهای آب توسط الکل جذب میگردند بعد از سپری شدن این زمان صفحه به همین طریق در ایزوپروپیل الکل های با خلوص ۹۰٪ و ۱۰۰٪ نیز قرار می گیرد. حرکت آرام در هنگام خروج از مراحل الکل بسیار مهم می باشد. در نهایت به مدت ۱الی ۲ ساعت در محفظه خلا با فشار 10^{-3} torr قرار می گیرد.

آب زدایی و تقویت مدولاسیون ضریب شکست موثر

www.SID.ir

Archive of SID

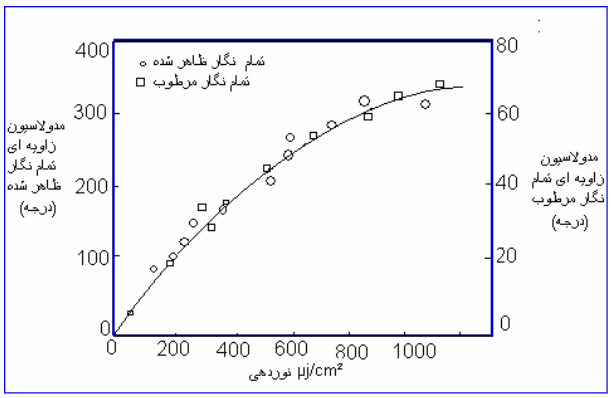
در مراحل شستشو در آب ژلاتین متورم شده و با انتقال مقداری ژلاتین از نواحی نسبتا کم نور دیده به نواحی زیاد نور دیده، مدولاسیون ضریب شکست اولیه بوجود آمده و باعث ایجاد یک تمام نگار قوی میگردد. زیرا مدولاسیون ضریب شکست اولیه در آب (Δn_w) بستگی به اختلاف سختی (Δh) دارد پس:

$$\Delta n_w = k_i \Delta h$$

k_i نوعی فاکتور بهره است که با خاصیت تورم پذیری ژلاتین بر حسب اختلاف سختی یا نور دهی ارتباط دارد. مدولاسیون ضریب شکست موثر اولیه در آب(Δn_w dw) (d_w) ضخامت تمام نگار متورم در آب است) با ظهور نهایی و انجام مراحل آب زدایی در الکل و خلاء تقویت می شود پس:

$$\Delta n = k_f \Delta n_w = k_f\, k_i \Delta h$$

که در آن k_f یک ضریب ثابت بهره است.

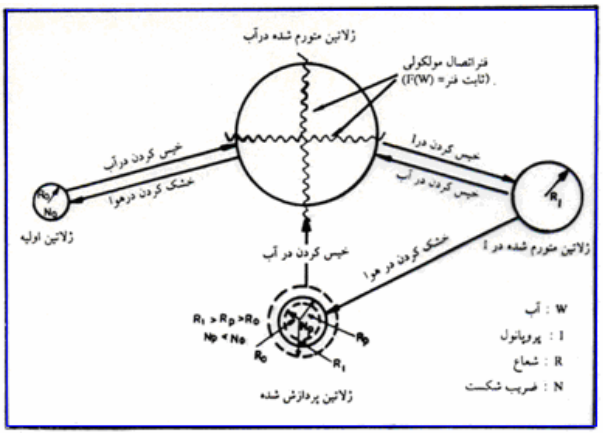


شکل(۲)مدولاسیون زاویه ای بر حسب نوردهی در هوا و در آب برای تمام نگارهای DCG

همانطور که در شکل (۲) ملاحظه می کنید[۱]، مدولاسیون ضریب شکست مؤثر نهایی Δnd تقریبا ۵ برابر مدولاسیون ضریب شکست مؤثر اولیه در آب $\Delta n_w d_w$ است. مدولاسیون زاویه ای(v) متناسب با ($n_1 d$) و یا مدولاسیون ضریب شکست مؤثراست و اساسا این مرحله برای تقویت مدولاسیون پنهانی ضریب شکست، که به صورت اختلاف سختی در اثر نور دهی بوجود آمده است، صورت می گیرد.

تقویت مدولاسیون ضریب شکست پنهانی را می توان با تغییر شرایط پردازش طی مراحل مختلف کنترل کرد. شکل (۳) به طور خلاصه رفتار کره آزاد فرضی ژلاتین را بصورت یک ماتریس فنر مولکولی در شرایط مختلف نشان می دهد [2].

ثابت فنر زنجیره های مولکولی ژلاتین، به صورت آب موجود در ژلاتین نشان داده شده است (w).



شکل(۳) رفتار کره آزاد فرضی ژلاتین را بصورت یک ماتریس فنر مولکولی در شرایط مختلف نشان می دهد

یعنی ژلاتین مرطوب شبیه لاستیک، خیلی قابل انعطاف است. در حالیکه ژلاتین خشک شده بسیار صلب است. همانطور که در شکل (۳) ملاحظه می کنید اندازه ژلاتین خشک شده در پروپانول و خلاء بزرگتر از ژلاتین خشک شده در هواست. این موضوع به تغییرات انعطاف پذیری ژلاتین برحسب آب موجود در آن مربوط می گردد.

فرآیند فوتوشیمیایی

فرآیند فوتو شیمیایی به دو مرحله عمده تقسیم می گردد:

الف) مرحله اول نوعی رنگبری وارونه است که تصویر پنهانی را بوجود می آورد و شبیه عمل فوتوشیمیایی نور در ژلاتین دی کروماته می باشد.

ب) مرحله دوم نوعی فرآیند تقویت کننده است، بدین صورت که به روش آب زدایی ژلاتین، سختی پایه ایجاد شده در مرحله اول تقویت می گردد. وقتی پلیت نوردهی شد، ظهور و سپس بلیچ میگردد، به خاطر عمل بلیچ، نقره ظاهر شده به یون نقره Ag^{+} اکسید می شود، در حالیکه یون کرم Cr^{+6} به یون کرم Cr^{+3} احیا می شود و واکنش شیمیایی ممکن آن بصورت زیر است[3].

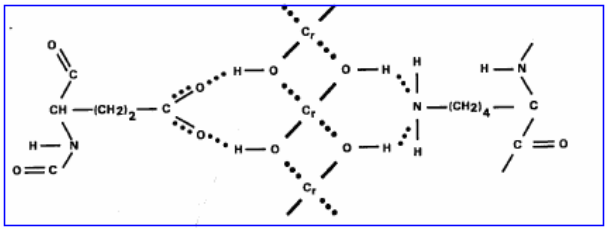
$$6Ag + Cr_2O_7^{-2} + 14H^{+} \rightarrow 6Ag^{+} + 2Cr^{+3} + 7H_2O$$

به این ترتیب یون کرم Cr^{+3} در حوالی دانه های نقره اکسید شده به زنجیره های ژلاتینی متصل می شوند و به موجب آن تغییراتی

www.SID.ir

Archive of SID

در درجه سخت شدگی نواحی نور دیده و نور ندیده امولسیون بوجود می آید ساختمان پیشنهاد شده برای پیوند کرم با زنجیره های ژلاتینی در شکل (۴) نشان داده شده است. [4]



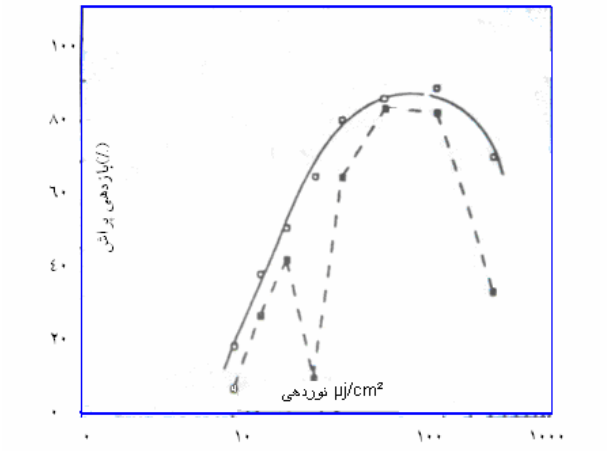
شکل (۴) اتصال پیشنهاد شده برای کرم در ژلاتین[4]

سپس امولسیون در حمام ثبوت قرار می گیرد تا تمام هالیدهای نقره اضافی آن برداشته شود. پردازش با شستشوی امولسیون در آب و آب زدایی آن در حمامهای متوالی پروپانول و مرحله خلاء تکمیل می گردد.

نتیجه گیری

می توان با استفاده ازتکنیک آب زدایی در خلاء به دنبال آب زدایی توسط پروپانول در مراحل پردازش، کیفیت تمام نگار های ژلاتین حساس شده با هالید نقره(SHSG) را افزایش داد. شکل (۵) تاثیر پردازش مجدد SHSG را نشان می دهد. این خاصیت به ویژه برای تولید انبوه HOE مناسب است. زیرا تمام نگارهایی را که یکبار در مرحله کنترل کیفیت رد شده اند می توان مجددا با تکنیک جدید ظاهر کرد تا به کیفیت مطلوب برسند. آب با قیمانده ژلاتین در دمای بالا آن را نرم می کند و باعث پایین آمدن کیفیت آن می گردد. البته این حساسیت زیاد ژلاتین را می توان با چسباندن یک شیشه محافظ روی آن از بین برد[5] ولی قبل از آن باید سطح تمام نگار کاملا خشک باشد. برای حذف آب اضافی از روش خشک کردن در خلاء استفاده می گردد.

بررسی های انجام شده [6] نشان می دهد که بازدهی پراش تمام نگارهایی که قبل از چسباندن شیشه به مدت ۱ الی ۲ ساعت در خلاء قرار گرفته اند وقتی ۱ ساعت در آب جوش قرار می گیرند، هیچ تغییری نمی کنند. روش خشک کردن در خلاء معمولا بر سایر روشها مثل پختن در کوره برتری دارد، زیرا پختن در دمای بالا و در زمانهای طولانی مدولاسیون ضریب شکست را کاهش می دهد. با تستهای مخرب انجام شده ملاحظه گردید که تمام نگارهایی با صفحه محافظ که به خوبی خشک شده اند تا دمای ۱۱۰c° پایدار هستند و پس از آن شروع به تنزل می کنند، بنا بر این از این تمام نگارها نمی توان در دمای بالاتر از ۱۱۰c° برای مدت طولانی استفاده کرد.



شکل(۵) تاثیر پردازش مجدد بازدهی پراش پلیت یکبار پردازش شده* و پلیت دو بار پردازش شده°

مرجع‌ها

[1] Chang, B.J., Leonard, C.D., "*Dichromate gelatin for the fabrication of holographic optical elements*", APPL. opt, vol.18, no.14, pp.2407-2417 (1979)
[2] Chang, B.J., "*Dichromate gelatin holograms and their applications*", Opt.Eng. , vol.19, No.5, pp. 642-648,(1980)
[3] Hariharan, P., "*Silver halide sensitized gelatin holograms Mechanism of holograms formation*", Appl. Opt., vol. 25, No.13, pp. 2040-2043, (1986)
[4] Graver, W.R., Gladden, J.W., Estes, J.W. "*Phase holograms formed by silver halide (sensitized) gelatin processing*", Appl.opt., vol.19 ,No.9, pp. 1529-1536, 1980
[5] Saxby, G. "*Practical holography*" Prentice Hall Press, pp.276-277(1988).
[6] Simova, E.S., Kavehrad, M., *"Holographic 4×4 star coupler in silver halide sensitized gelatin,* "opt.Eng. , vol.32, No.6, pp. 2233-2239, (1993).

* e -mail: zharirian @ aeoi. org. ir
[1]- Holographic optical elements
[2] - silver halide sensitized gelatin

www.SID.ir