بیست و ششمین کنفرانس اپتیک و
فوتونیک ایران و دوازدهمین کنفرانس
مهندسی و فناوری فوتونیک ایران،
دانشگاه خوارزمی،
تهران، ایران.
۱۶-۱۵ بهمن ۱۳۹۸

لایه‌نشانی چرخشی مواد چلکوژناید برای لیتوگرافی

غلام‌محمد پارسانسب، مجید تقوی و سمانه مستأجران

دانشگاه شهیدبهشتی، دانشکده مهندسی برق، آزمایشگاه مدارهای مجتمع نوری

Mostajeran2004@gmail.com

gm_parsanasab@sbu.ac.ir

m_taghavi@sbu.ac.ir

چکیده – در این پژوهش ابتدا به برر سی امکان ساخت محلول از انواع پودرهای چلکوژناید پرداخته و به این نتیجه ر سیدیم که تنها از چلکوژنایدهای آمورف می‌توان محلول مناسب برای لایه‌نشانی چرخشی را تهیه کرد. بعد از آن طی تکرار آزمایش‌ها متوجه شدیم که وقتی به منظور خارج کردن حلال از فیلم‌های لایه‌نشانی شده آن‌ها را گرمادهی می‌کنیم، این کار حتما باید تحت خلأ انجام شود. سپس با نوشتن مستقیم لیزری توسط لیزر سبز پیوسته با سرعت 100um/s در توان 3mw روی فیلم‌ها و اچ کردن شیمیائی آن‌ها به موجبرهای اپتیکی با ابعاد 2um دست پیدا کردیم.

کلید واژه- روش مواد محلول، فوتورزیست چلکوژناید، لایه‌نشانی چرخشی، موجبر اپتیکی

spin-coated deposition of Chalcogenide for Lithography

Gholam mohammad parsanasab, majid taghavi, and samaneh mostajeran

Mostajeran2004@gmail.com

Abstract- In this study, we first investigated the feasibility of a solution made of different types of chalcogenide powders and concluded that only amorphous chalcogenides could provide a suitable solution for spin-coated deposition. After repeating the experiments, we found that when we heat them in order to remove the solvent from the deposited films, this must be done under vacuum. Then, by direct laser writing with a continuous green laser at 100um /s at 3mw power on the films and chemically etching them, we achieved 2um optical waveguides.

Keywords: Soluble material method, spin-coated deposition, Optical Waveguide, Chalcogenide photoresists

این مقاله درصورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-06-20]

۱- مقدمه

برای بیشتر کاربردها، لایه‌نشانی فیلم نازک با کیفیت خوب مورد نیاز است. و انتظار می‌رود که این فیلم‌ها یک ترکیب مشابه با شیشه‌های حجمی، سختی سطحی کم، ضریب شکست کنترل شده و تجدیدپذیر و تلفات اپتیکی کم داشته باشند.

فیلم‌های نازک شیشه چلکوژناید به طور معمول توسط تکنیک‌های لایه‌نشانی خلأ همچون تبخیر حرارتی یا کندوپاش فراهم می‌شود. اما تکنیک‌های کمتر متداول همچون لایه نشانی چرخشی (spin-coating) که ابتدا در سال ۱۹۸۰ توسعه پیدا کرد، اخیرا به عنوان یک تکنیک امیدبخش برای لایه‌نشانی فیلم‌ها با مساحت بزرگ استفاده می‌شود.

رویکردهای لایه نشانی چرخشی دارای امتیازات افزون‌تری است که می‌تواند به عنوان یک راهکار در روش‌های لایه‌نشانی دقیقی همچون قالب‌گیری، جوهرافشانی و یا نوشتن مستقیم لیزری (DLW) که دارای کنترل فضائی روی یک ماده اضافه شده است، استفاده شود. علاوه بر این ثابت شده است که فرایند محلول می‌تواند با روش‌های لیتوگرافی نرم همچون قالبگیری میکرو در لوله‌های موئین و انتقال طرح میکرو با قالب برای ساخت ادوات اپتیکی ترکیب شود.

chern و lauks روش لایه‌نشانی چرخشی فیلم‌های چلکوژناید را برای فوتورزیست‌های با وضوح بالا معرفی کردند[1]. آن‌ها ثابت کردند که می‌توان فیلم‌های با ویژگی‌های مشابه با نمونه حجمی‌شان را توسط محلول‌هایشان تولید کرد، به طوریکه بتوان به ویژگی‌های شیمیائی، فیزیکی و اپتیکی مشابه با دیگر روش‌های لایه نشانی دست پیدا کرد.

۲- ساخت محلول شیشه‌های چلکوژناید و لایه‌نشانی چرخشی

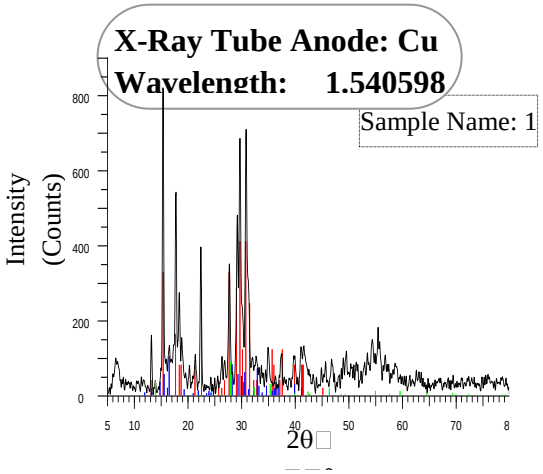
اتیلن دیامین به عنوان یک حلال خوب برای شیشه‌های چلکو سلنایدی و سولفایدی عمل می‌کند. فرایند حل چلکوژناید AS_2S_3 در EDA به عنوان مولکول‌های EDA شاخه‌دار (EDA molecules chelate) بین اتم‌های As عمل می‌کند. به طوری‌که شبکه‌های هرمی AS_2S_3 را می‌شکنند و واحدهای AS_4S_4 شاخه‌دار EDA را تشکیل می‌دهند، که قبلا توسط پیوندهای تک‌قطبی S-S به هم متصل بوده‌اند. پروپیلامین نیز حلال مناسب دیگری است که البته حل چلکوهای سلنایدی در آن بسیار ضعیف می‌باشد.

محلول AS_2S_3 توسط AS_2S_3 که به پودر ریز تبدیل شده و داخل حلال پروپیلامین یا اتیلن دیامین با غلظت 0.8mol/l حل شده، فراهم می‌شود. برای جلوگیری از تبخیر حلال، محلول داخل یک ظرف شیشه‌ای مهر و موم شده، قرار می‌گیرد. فرآیند حل شدن معمولا هفت روز طول می‌کشد، اما با استفاده از یک همزن مغناطیسی فرایند حل سریعتر انجام می‌شود.

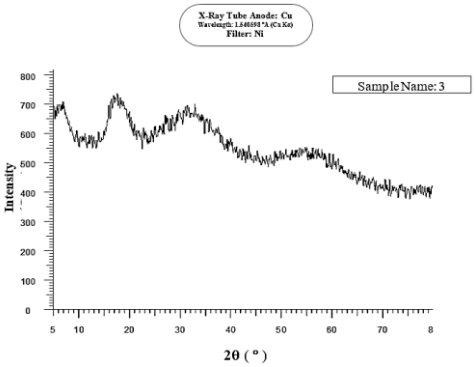
ما برای تست دو نوع پودر چلکوژناید مختلف داشتیم که دارای رنگ و چگالی متفاوتی بودند. نمونه شماره ۱ که به صورت آماده خریداری شده بودند. نمونه شماره ۲ هم شیشه‌های چلکو هستند که توسط خودمان از ترکیب 11.73 گرم گوگرد و 18.27 گرم آرسنیک ساخته شدند. این دو نمونه رفتارهای متفاوتی در حلال‌های ان‌پروپیلامین و اتیلن دیامین داشتند. حدس ما این بود که این تفاوت‌ها به علت ابتدا کیفیت و خلوص مواد و ثانیا آمورف یا کریستال بودن این مواد بستگی دارد. بنابراین روی هر دو نمونه تست XRD انجام دادیم. پودر چلکو شماره ۱ که به هیچکدام از حلال‌ها جواب نداد و محلول آن به شکل دوفازی بود هم کریستال بود و هم ناخالصی زیاد داشت (شکل ۱). اما ماده شماره ۲ آمورف بود (شکل ۲) و در هر دو حلال حل شد.

این مقاله درصورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-06-20]



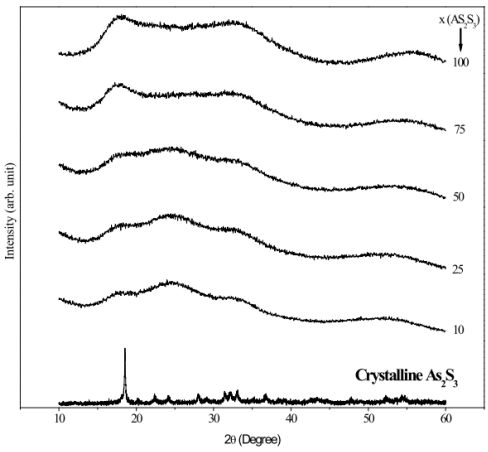
شکل ۱: طیف XRD نمونه شماره۱



شکل ۲: طیف XRD نمونه آمورف شماره ۲

در شکل ۳ طیف XRD آمورف و کریستال AS_2S_3 نشان داده شده است[2]. همانطور که در این شکل مشاهده می‌شود، طیف مواد شماره ۱ که کریستال هستند، علاوه بر حضور ناخالصی‌ها هیچ شباهتی به طیف کریستال AS_2S_3 ندارد. اما مواد شماره ۲ کاملا منطبق بر طیف XRD آمورف AS_2S_3 می‌باشد.

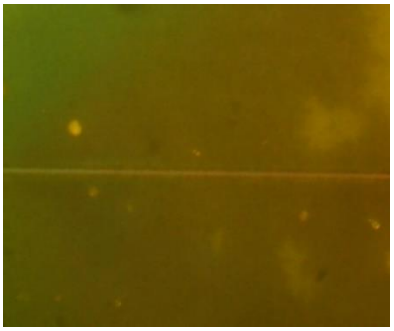
نهایتا محلول ساخته شده روی زیر لایه که در دستگاه spin-coat قرار گرفته، پیپت شده و با سرعت 3000rpm به مدت 30s می-چرخد. فیلم‌ها تحت این شرایط نوعا دارای ضخامت 0.5um می-باشند. با تغییر غلظت محلول و سرعت چرخش، به راحتی می-توان به رنج ضخامت از 0.5um تا 5um دست پیدا کرد.



شکل ۳ : طیف XRD کریستال و آمورفAS_2S_3

۳- لیتوگرافی نمونه‌های با روش چرخشی لایه-نشانی شده

باقی مانده حلال از لایه‌نشانی بر اساس محلول می‌تواند عوارض جانبی در ویژگی‌های اپتیکی فیلم‌های نازک ایجاد کنند. روش گرما دادن تأثیر عمده‌ای روی حلال به جا مانده در فیلم‌های نازک دارد. بنابراین ما ابتدا فیلم‌های لایه‌نشانی شده را چند دقیقه مستقیم روی هات‌پلت قرار می‌دادیم (اگر بیشتر می-گذاشتیم فیلم کاملا تخریب می‌شد) سپس روی آن با لیزر می-نوشتیم، اما چون حلال به طور کامل از فیلم خارج نشده بود، طرح‌های مورد نظر روی فیلم ثبت نمی‌شد. بنابراین فیلم‌ها را حدود یک روز در فضای عادی نگه داشتیم، با این کار خطوط نوشته شده ثبت شدند (شکل ۴ و ۵). اما کیفیت فیلم بسیار پائین آمده و مات می‌شدند. علاوه بر این در انرژی کمتر از 4mw امکان نوشتن وجود نداشت.



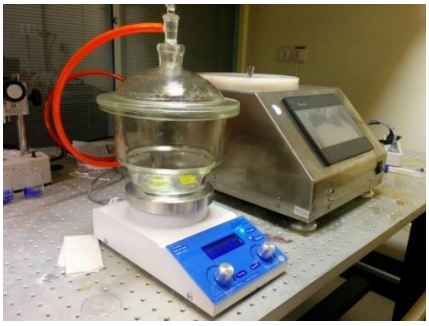
شکل ۲: موجبر با توان 4mw نوشته شده قبل از اچ که در محیط عادی حلال آن خارج شده

این مقاله درصورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.

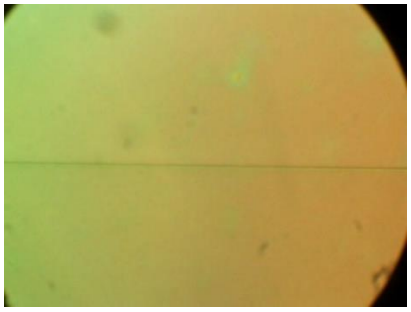
[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-06-20]

شکل ۳: موجبر با توان 4mw نوشته شده بعد از اچ که در محیط عادی حلال آن خارج شده

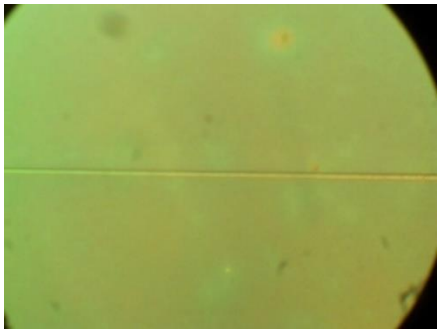
برای حل این مشکل فیلم‌های به دست آمده که پخت نرم (soft-baked) هستند را فورا بعد از لایه‌نشانی، تحت خلأ در دمای 60درجه به مدت ۱ ساعت قرار دادیم(شکل ۶) تا بیشتر حلال‌ها برداشته شوند. بر روی این فیلم‌ها توانستیم موجبرهای با کیفت بسیار خوب و ابعاد تا 2um دست پیدا کنیم (شکل‌های ۷ تا ۹).



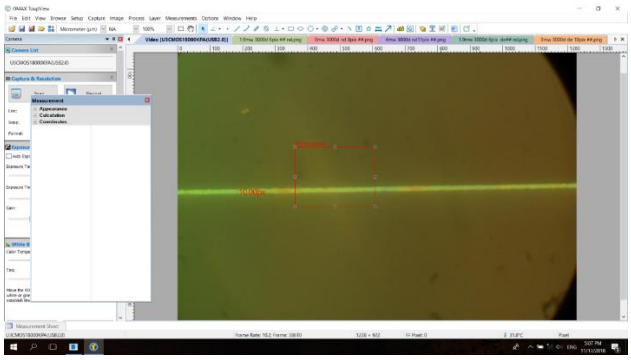
شکل ۶: سیستم خلأ مورد استفاده برای گرم کردن فیلم‌های لایه-نشانی شده چرخشی



شکل ۴ : موجبر با توان 2mw نوشته شده قبل از اچ که در خلأ حلال آن خارج شده



شکل ۵: موجبر با توان 3mw نوشته شده قبل از اچ که در خلأ حلال آن خارج شده



شکل ۹: موجبر با توان 3mw نوشته شده بعد از اچ که در خلأ حلال آن خارج شده (2um)

۴-نتیجه‌گیری

در این پژوهش به این نتیجه رسیدیم که برای تهیه محلول به منظور لایه‌نشانی چرخشی، پودر چلکوژناید مورداستفاده حتما باید از نوع آمورف باشد. سپس لایه‌نشانی را با سرعت 3000rpm و به مدت 30s انجام دادیم. بعد از آن لایه‌ها را تحت خلأ در دمای 60 درجه به مدت ۱ ساعت قرار دادیم تا حلال‌های آن برداشته شوند. بر روی این فیلم‌ها توانستیم موجبرهای با کیفت خوب و ابعاد تا 2um ایجاد کنیم.

مرجع‌ها

[1] G. C. Chern and I. Lauks, “Spin-coated amorphous-chalcogenide films,” J. Appl. Phys. 53(10), 6979–6982 (1982).

[2] K. N’dri, V. Coulibaly , D. Houphouet-Boigny, J. C. Jumas 2 , “XRD and EDS characterization of some Sb2S3-As2S3-Sb2Te3 glasses prepared by rapid quenching method” Vol.9, No.4, July–August 2013, p.113–121.

این مقاله درصورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-06-20]