

اثر لیزر اگزایمر ArF بر روی آشکارساز ردپای هسته ای LR-115

بابک ژاله^{۱*}، پریسا صحیحی^۱، مهران طاهری^۲

۱- گروه فیزیک دانشگاه بوعلی سینا همدان- کدپستی ۶۵۱۷۴ jaleh@basu.ac.ir

۲- مرکز حفاظت در برابر اشعه، سازمان انرژی اتمی ایران-تهران

چکیده

در این مقاله اثر پیش‌پرتوهای باریکه لیزر اگزایمر فرابنفش (ArF) (۱۹۳ nm) بر راندمان ثبت ذرات آلفا در آشکارساز LR-115 بررسی شده است. بازه ثبت ذره آلفا در پیش‌پرتوهای با لیزر به علت پدیده نورکندگی کاهش می‌یابد. مورفولوژی نیترات سلولز و پلی‌استایرن با استفاده از میکروسکوپ جاروبگر SEM مورد پژوهش قرار گرفت. از SEM مشخص گردید که میکرومخروطهای در خلاف پرتوهای با لیزر در سطح پلی‌استایرن به وجود می‌آید. که ناشی از ناهمگنی سطح، ناخالصی‌ها و پلوم ناشی از نورکندگی می‌باشد.

مقدمه

DAMKJAER در سال ۱۹۸۶ راندمان آشکارساز نیترات سلولز را برای آشکارسازی ذرات آلفا بررسی کرده و یک رابطه تحلیلی برای راندمان، بدست آورد [۱]. MARROCO در سال ۲۰۰۰ راندمان آشکارسازی ذرات آلفا در آشکارساز LR-115، انرژی ذرات آلفا و زاویه فرودی را با استفاده از وسایل آزمایشگاهی و چشمه آلفای ^{241}Am در محفظه کنترل فشار را مورد بررسی قرار داد [۲].

تپ‌های فرابنفش لیزری در چگالی توان بزرگتر 1 MW/cm^2 و پهنای FWHM نانو ثانیه توسط لیزرهای اگزایمر تولید می‌شوند که قادرند سبب خورش سطح پلیمر و پرتاب انفجاری محصولات تجزیه شده با سرعت مافوق صوت گردند، که به نورکندگی که یک فرآیند غیر گرمایی می‌باشد، موسوم است. مزایای نورکندگی عبارتند از: دقت زیاد فرآیند خورش، تکرار پذیری بسیار خوب و فقدان آسیب گرمایی در نواحی مجاور منطقه پرتوهای بدون حضور مولفه گرمایی در نرخ تکرار و شاریدگی بالا تخریب‌های گرمایی نیز روی سطح پلیمر ظاهر می‌گردد [۳].

آشکارساز نیترات سلولز (LR-115) برای ثبت ردپاهای ذرات آلفا و نوترون می‌باشد که متشکل از یک لایه به ضخامت ۱۲ میکرون نیترات سلولز بر روی زیر لایه یکصد میکرون از پلی‌استایرن است. نیترات سلولز راندمان بالایی برای ثبت طیف وسیعی از ذرات آلفا و نوترون را دارا می‌باشد. در این مقاله اثر لیزر اگزایمر ArF بر روی آشکارساز LR-115 بررسی شده است.

روش آزمایش

ابتدا دو دسته از آشکار ساز نیترات سلولز (LR-115) به ابعاد $3 \times 3 \text{ cm}^2$ تهیه شد. هر دسته شامل ۴۰ عدد آشکار ساز می‌باشد. دسته اول نمونه‌ها با ذرات آلفای گسیل شده از چشمه در انرژی‌های معین فرودی پرتودهی شدند. چشمه آلفا ^{241}Am پولکی شده با پرتوایی (APM) 5.77×10^4 و کولیماتوری از جنس برنز در اندازه‌های مختلف برای تغییر فاصله بین چشمه آلفا و آشکار ساز استفاده گردید. کولیماتور به منظور کاهش پهنای انرژی ذرات آلفا و هدایت ذرات آلفای موازی بکار می‌رود. روش مسافت پرواز ذره در هوا برای کنترل انرژی پسماند آن بکار برده شده است. این امر منجر به تغییر در شار و پهنای انرژی می‌شود. تعداد ذرات فرودی که به سطح پلیمر می‌رسد می‌بایست ثابت نگه داشته شود تا از کمیت شار-زمان ثابتی مطمئن گردیم. تعداد کاهش یافته ذرات در فواصل طولانی‌تر که به سطح آشکار ساز می‌رسند با افزایش زمان پرتودهی متناظر جبران می‌شوند. انرژی پسماند ذراتی که فواصل متفاوتی را در هوا می‌پیمایند توسط آشکار ساز سد سطحی Ortec کالیبره شدند و زمان پرتودهی با چشمه آلفا در هر فاصله معین برای یک شار-زمان ثابت تعیین گردید.

با بکارگیری این آشکار ساز در مقابل ذرات آلفا با انرژی‌های مختلف با شار-زمان $2000 \alpha/cm^2$ و اعمال خورش شیمیایی با بکارگیری محلول خورش سود (NaOH) ۲/۵ نرمال در دمای ۶۰ درجه سانتیگراد و زمانهای خورش مختلف نتایج بدست آمد.

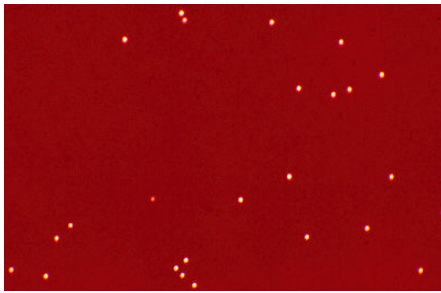
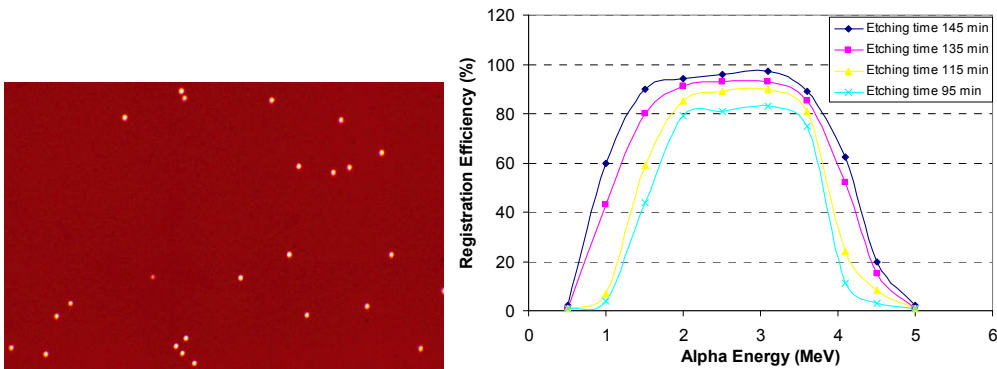
دسته دوم نمونه‌ها با لیزر ArF در دزهای مختلف فرابنفش با تپ‌هایی در بازه انرژی ۱۰۰ mJ تا ۵۰۰ mJ پرتودهی شده و تعداد تپ مورد نیاز برای برداشتن لایه نیترات سلولز تعیین گردید. لیزر مورد استفاده لیزر اگزایمر لامبدا فیزیک LPX 210 می‌باشد ابعاد پروفیل فضایی باریکه لیزر $2/5 \text{ cm}^2$ است. انرژی تپ لیزر با استفاده از ژولمتر Coherent-Field Master اندازه‌گیری شده و پهنای زمانی تپ لیزر با استفاده از اسیلوسکوپ تکترونیکس و آشکار ساز PIN ۱۵nsec تعیین گردید.

مورفولوژی سطح آشکار ساز که با لیزر ArF در شرایط مختلف پرتودهی شده بودند، به کمک میکروسکوپ الکترونی جاروبگر (SEM) Philips مدل BAL-TEC XL-3C مورد بررسی قرار گرفت. در این مقاله از دانسیتومتر ALRAD مدل BTL550 برای تعیین چگالی نوری استفاده شده است.

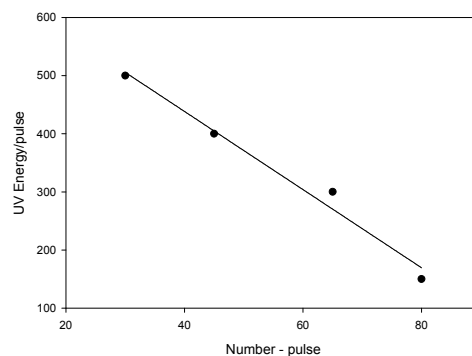
نتایج

آشکار ساز LR-115 با ذرات آلفا در انرژی‌های مختلف با شار-زمان $2000 \alpha/cm^2$ پرتودهی و خورش شیمیایی در زمانهای خورش مختلف نتایج بدست آمد. برای تعیین زمان خورش بهینه، زمان خورش از ۹۵ دقیقه تا ۱۴۵ دقیقه مورد بررسی قرار گرفت و بیشینه قطر میانگین تقریباً ۱۸ میکرون می‌باشد که به ازای انرژی ۲/۵ MeV در زمان خورش ۱۴۵ دقیقه بدست آمده است. شکل (۱- الف) راندمان ثبت ذرات آلفا بر حسب انرژی ذرات آلفای برخورد کرده با آشکار ساز بیان می‌کند. با توجه به نتایج حاصل شده می‌توان

دریافت که با افزایش زمان خورش شیمیایی تعداد ردپاهای آشکار شده و در حقیقت راندمان ثبت ذرات آلفا افزایش می‌یابد بطوریکه در زمان ۱۴۵ دقیقه خورش شیمیایی، راندمان به حدود ۹۲ درصد خواهد رسید.



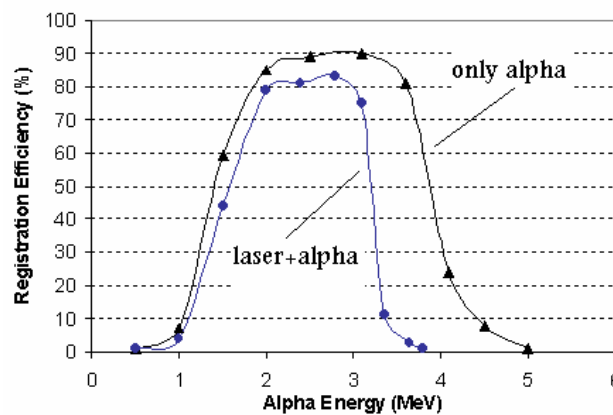
شکل ۱-الف تغییرات راندمان ثبت ذرات آلفا بر حسب انرژی ذرات آلفای برخورد کرده با آشکارساز ۱-ب میکروگراف ردپاهای ایجاد شده توسط ذرات آلفا در LR-115 بعد از خورش شیمیایی همچنین محدوده آشکارسازی و نیز قطر ردپاها با افزایش زمان خورش افزایش یافته و بیشترین اندازه قطرها در محدوده انرژی ۲ MeV الی ۳ MeV می‌باشد. شکل (۱-ب) میکروگراف نوری مربوط به ردپاهایی که توسط ذرات آلفا در LR-115 بعد از خورش شیمیایی بوجود آمده را نشان می‌دهد. نمودار انرژی تپ بر حسب تعداد تپ لازم برای کندگی نیترات سلولز به ضخامت ۱۲ میکرون در شکل (۲) رسم شده است. در واقع با چگالی انرژی بالاتر هر تپ به تعداد پالس کمتری برای کندگی کامل لایه نیترات سلولز نیاز است.



شکل ۲- انرژی و تعداد تپ لازم برای خورش نیترات سلولز به ضخامت ۱۲ میکرون

یک دسته نمونه با انرژی پالس ۱۵۰ mJ و به مدت ۳۰ ثانیه با لیزر پیش پرتو دهی شدند. این نمونه‌ها و نمونه‌های مرجع (بدون تابش دهی لیزری) با ذرات آلفای ۵-۰/۵ MeV تابش دهی شده و سپس عملیات خورش

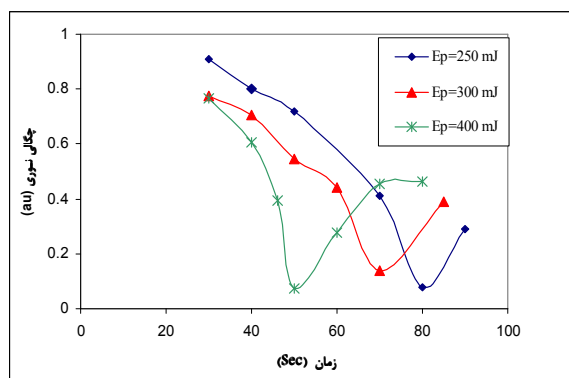
به مدت ۱۱۵ دقیقه روی آن‌ها انجام گردید و راندمان ثبت ذرات آلفا برای نمونه‌های پیش پرتودهی لیزری و مرجع تعیین شد. شکل (۳) راندمان ثبت ذرات آلفا و پیش پرتودهی با لیزر+ آلفا نشان می‌دهد. همان‌طوری که در شکل (۳) مشاهده می‌شود، راندمان ثبت در نمونه پیش پرتودهی شده با لیزر بازه ثبت کوچکتری نسبت به نمونه مرجع داراست که ناشی از کندگی بخشی از نیترات سلولز و کاهش ضخامت حساس آشکارساز است. بنابراین ذرات آلفا با انرژی بالاتر قابل ثبت نیستند. چگالی نوری فیلمهای LR-115 که در شرایط پرتودهی مختلف قرار گرفته بودند اندازه‌گیری شده و تغییرات چگالی نوری برحسب زمان پرتودهی در شکل (۴) ترسیم شده است.



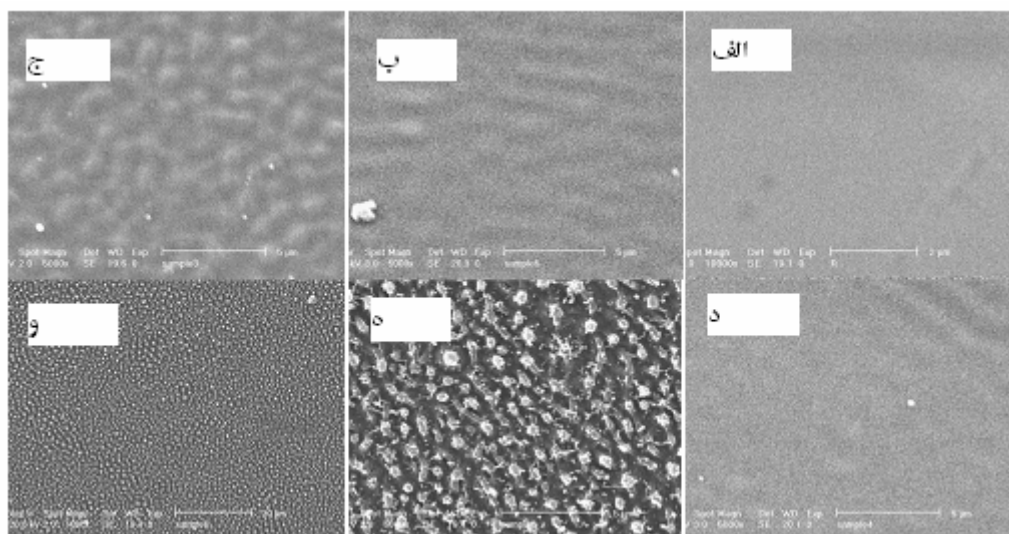
شکل ۳- راندمان ثبت ذرات آلفا و پیش پرتودهی با لیزر+ آلفا

مورفولوژی سطح آشکارساز که با لیزر ArF در شرایط مختلف پرتودهی شده بودند، به کمک میکروسکوپ الکترونی جاروبگر مورد بررسی قرار گرفت. در شکل‌های ۵ آثار القاء شده لیزری بر سطح آشکارساز نشان داده شده است. انرژی پالس لیزر 480 mJ می‌باشد. چگالی نوری نمونه‌ها در سه شاریدگی لیزری در زمانهای مختلف پرتودهی در شکل (۴) نشان داده شده است. در شاریدگی‌های بالا به دلیل عمق کندگی بیشتر لایه نیترات سلولز زودتر برداشته شده و به زیر لایه پلی استایرن می‌رسیم. همه این نمودارها دارای یک مینیمم می‌باشند. مینیمم‌ها در نقاط مختلفی می‌باشند. مینیمم جایی است که زیر لایه نیترات سلولز کاملاً برداشته شده است و حداکثر نور از پلی استایرن عبور می‌کند و به آشکارساز دانسیتومتر می‌رسد. نورکندگی باعث برداشتن لایه نیترات سلولز گردیده، سپس نورکندگی شروع به کندن پلی استایرن می‌کند. با ادامه کندگی توسط پالس‌های بعدی سطح پلی استایرن که کاملاً صاف بوده تغییر مورفولوژی می‌دهد که در میکروگراف‌های (۵ ه-و) این اثرات نشان داده شده است. پدیده نورکندگی که روی پلی استایرن انجام می‌شود مخروط‌های میکرونی ایجاد کرده که ناشی از ناهمگنی سطح، ناخالصی‌ها و پلوم ناشی از نورکندگی می‌باشد. وجود مخروط‌های میکرونی باعث پراکندگی نور از پلی استایرن شده و در نهایت افزایش چگالی نوری تجربه می‌شود. این

میکروساختار مشابه میکروساختار بوجود آمده روی سطح پلی کربنات می‌باشد و می‌تواند آبدوستی سطح پلی استایرن را تغییر دهد [۴].



شکل ۴ تغییرات دانسیته نوری در زمانهای مختلف



شکل‌های ۵- آثار القاء شده لیزری بر سطح آشکارساز الف) برای نمونه پیش از پرتودهی لیزری ب) تحت تابش ۳۰ پالس ج) ۴۰ پالس د) ۵۰ پالس ه) ۶۰ پالس و) ۷۰ پالس در مقیاس $20 \mu\text{m}$



مراجع

- 1-A. Damkjaer, "The efficiency of cellulose nitrate LR 115 II for alpha particle detection", International Journal of Radiation Applications and Instrumentation. Part D. Nuclear Tracks and Radiation Measurements ,[Volume 12, Issues 1-6](#), Pages 295-298,(1986).
- 2-D. Marocco and F. Bochicchio, "Experimental determination of LR-115 detector efficiency for exposure to alpha particles", Radiation Measurements , Volume 34, Issues 1-6, June, Pages 509-512. (2001).
- 3-Jan F . Rabek, "Photodegradathon of polymer", Spring-Verlag Berlin Heidelberg,(1996).
- 4-B.jaleh, P.Parvin, N.Sheikh, Z.Zamanipour, B.Sajad, "Hydrophicity and Morphological Investigation of Polycarbonate Irradiated by ArF Excimer LASER ", NIMB 265, pp330-333, (2007).