

* بررسی اثر گرمادرمانی آشکارساز LR-115 بر روی ثبت رد پای زمینه و ذرات آلفا

مهدی سهرابی و شهره مهدی

امور حفاظت در برابر اشعه
سازمان انرژی اتمی ایران

چکیده

در این مقاله اثرات گرمادرمانی (Heat Treatment) قبل از برتودهی در 100°C و همچنین زمان خورش شیمیائی روی دانسیته رد پای زمینه ($\text{Background Tracks}/\text{cm}^2$) و دانسیته اپتیکی برای گروههای مختلف آشکارساز LR-115 که از سنوات مختلف نگهداری شده بودند، مورد بررسی قرار گرفت. همچنین برد انرژی (Energy Range) و راندمان (Efficiency) ثبت ذرات آلفای با انرژیهای از ۱ تا ۵ میلیون الکترون ولت (MeV) نیز در آشکارسازهای LR-115 گرمادرمانی شده و نشده در این بررسی تعیین گردید. همانطور که انتظار میرفت و برخلاف چند گزارش که دیگر پژوهشگران ارائه کرده اند، دانسیته رد پای زمینه در گروههایی از این آشکارساز که مدت طولانی تری نگهداری شده بودند از گروههای تازه ساز بیشتر بود. بررسی دانسیته رد پای زمینه بعد از گرمادرمانی بر حسب زمان گرمادرمانی نشان داد که پس از ۱ الی ۶ ساعت درمان آشکارساز LR-115 در 100°C مقدار دانسیته رد پای زمینه به ۲۵٪ مقدار اولیه اش کاهش یافت. اگرچه این درمان هیچ اثر قابل توجهی روی راندمان ثبت ذرات آلفا در برد انرژی بین ۱/۲ تا ۳/۸ MeV که مقدار آن در این پژوهش بدست آمده است ندارد، لیکن این درمان قطر رد پای ذرات آلفا یا میزان خورش رد پاها را در محدوده انرژی بدست آمده فوق در حدود ۲۰٪ کاهش داده است. نتیجه آنکه، حتی یک ساعت گرمادرمانی در 100°C میتواند برای محو کردن دانسیته رد پای زمینه، بدون آنکه تاثیر مهمی روی مشخصات ثبت رد پا داشته باشد، موثر باشد. لذا فیلمهای سالخورده گرمادرمان شده را میتوان مجدداً "در ثبت و آشکارسازی ذرات آلفا بویژه در دزیمتری گاز رادن استفاده کرد.

* از مقاله زیر که توسط این پژوهشگران تهیه و بچاپ رسیده برگردان شده است:

M. Sohrabi and Sh. Mahdi, Background Heat Treatment Studies in LR-115. Nuclear Tracks, Vol.12, Nos 1-6, 1986.

LR-115 ساخته شده در سالهای مختلف، مطالعه اثرگرما درمانی قبل و بعد از پرتودهی و زمان خورش شیمیائی روی دانسیته رد پای زمینه و دانسیته اپتیکی و بالاخره بررسی بردت ذرات آلفا و راندان آلفا روی آشکار سازهای گرما درمانی شده و نشده با استفاده از روش خورش شیمیائی میباشد.

مواد و روش آزمایش

در این بررسی چهار گروه آشکار ساز LR-115 که در سالهای مختلف در کارخانه کدک پاته فرانسه ساخته شده اند مورد استفاده قرار گرفتند. این آشکار سازها شامل گروه ۱۹۷۰ (لایه حساس $10 \mu m$)، گروه ۱۹۷۶ (لایه حساس $13 \mu m$ type II)، و گروه ۱۹۸۳ (لایه حساس $13 \mu m$ type II) و گروه CEA (لایه حساس $13 \mu m$ type II) ارسال شده توسط مرکز اتمی فرانسه همراه با دزیمترهای اکتیو رادن بودند. هر چهار گروه در جعبه های اصلی خود درون کشوی میز تحریر محیط کار نگهداری شده بودند. در بعضی از گروهها تنها سال تحویل مشخص بود که بطور تقریبی بجای سال ساخت در نظر گرفته شده است. همچنین روش ساخت آشکار سازها برای همه گروهها کاملاً "یکسان فرض شد".

بمنظور بررسی اثر گرما درمانی، تعدادی از آشکار سازهای LR-115 type II قبل از پرتودهی درون کوره ای با درجه حرارت ثابت $100^\circ C$ برای مدت زمانهای متفاوت تا 120 ساعت تحت درمان حرارتی قرار گرفتند. دوسری از آشکار سازهای مربوط به گروه ۱۹۷۶ درمان شده و نشده تحت تابش $4000/cm^2$ آلفای تک انرژی با انرژی مشخص بین 1 تا $5 MeV$ قرار گرفتند. این ذرات آلفا از چشمه ^{241}Am که از خود ذرات آلفا با انرژی $5.49 MeV$ تابش مینماید ساطع شده و در حین عبور از کلیما تور بوسیله ضخامت های مختلفی از هوا در $25^\circ C$ ، کاهش انرژی یافته بودند. تعداد ذرات آلفا و انرژی آنها توسط یک آشکار ساز ذرات آلفا

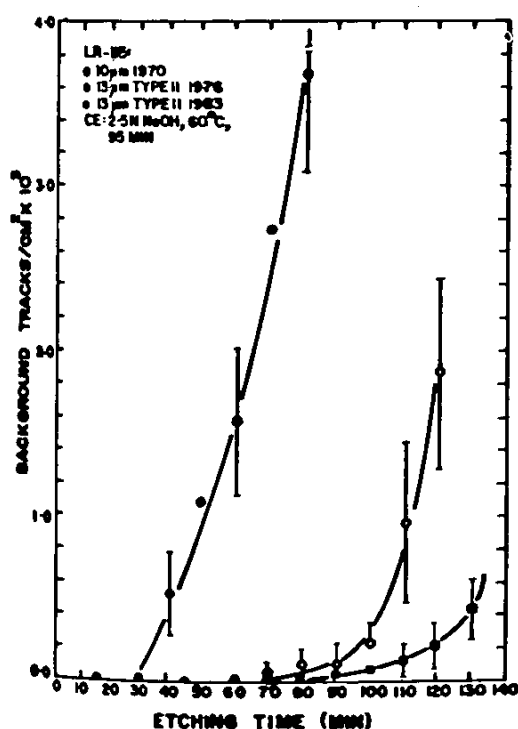
بررسی دانسیته رد پای زمینه در آشکار سازهای حالت جامد رد پای هسته ای (Solid State Nuclear Track Detectors) بویژه در فیلمهای نیترات سلولز قرمز رنگ شده موسوم به LR-115 ساخت شرکت کدک پاته فرانسه که کیفیت منحصر بفردی در ثبت ذرات آلفا دارند حاظر اهمیت بسزا است. علی رغم آنکه خورش الکتروشیمیائی (Electrochemical Etching) رد پایهای ذرات باردار مثل رد پای هسته های برگشته ناشی از نوترون (Neutron-Induced Recoil Tracks) یا ذرات آلفا در آشکار ساز پلی کربنات (۱-۳)، و در آشکار ساز CR-39 (۴-۶)، مزایای زیادی نسبت به آشکار ساز LR-115 جهت کاربرد در امور مختلف اندازه گیری در فیزیک بهداشت و بیابزش پرتوها دارند ولی هنوز آشکار ساز LR-115 در دزیمترهای پسیو و اکتیو گاز رادن ساخت مرکز اتمی فرانسه (۷، ۸) مورد استفاده است و در قسمتهای عمده ای از مطالعات مانیزیکار گرفته شده است (۹). بهر حال، مشاهده شده است که خصوصیات فیزیکی و شیمیائی و همچنین دانسیته رد پایهای زمینه آشکار ساز LR-115 از یک گروه به گروه دیگر که دارای سنوات ساخت و نگهداری متفاوت اند مختلف است (۱۰-۱۲). بویژه ویلسون و ابوجراد در سال ۱۹۸۰ (۱۲) گزارش دادند که دانسیته رد پای زمینه در آشکار سازهای LR-115 تازه ساز بیشتر از آشکار سازهای مشابه سالخورده است که کاملاً "برخلاف انتظار بود". لذا از آنجا که گروههای مختلفی از آشکار ساز LR-115 ساخته شده در سالهای مختلف در اختیار داشتیم که میبایستی در مطالعات دزیمتری گاز رادن و دختران آن مورد استفاده قرار گیرند (۹)، داشتن دانسیته رد پای زمینه آنها و همچنین تعیین روش مناسب برای کاهش این دانسیته و بررسی علت گزارشات خلاف انتظار در این پژوهش مورد توجه قرار گرفت. لذا، هدف از این مقاله شامل تعیین دانسیته رد پای زمینه در گروههای مختلف آشکار ساز

ساخت ارتک (ORTEC) یا عبارت دیگر یک آشکارساز متصل به یک آنالایزر چند کاناله ساخت کارخانه سن (Sein) اندازه گیری شد. خورش شیمیائی در حمامی از محلول هیدروکسید سدیم (NaOH) ۲/۵ نرمال و در درجه حرارت $1 \pm 60^\circ \text{C}$ با چرخش کم انجام شد. بعد از خورش شیمیائی آشکارسازها درون آب مقطر با درجه حرارت 40°C بمدت ۱۵ دقیقه با چرخش کم شسته شدند. سپس تنها ردپاهائی که بصورت سوراخهای کامل مشاهده میشوند بوسیله یک میکروسکوپ لایتز (Leitz) شمارش گردیدند.

یافته‌ها و بررسی آنها

اعتقاد عمومی برای این است که دانسیته رد پای زمینه آشکارسازهای LR-115 که در جعبه‌های اصلی و درجائی مثل درون کنشوی میز تحریر نگهداری شده باشند، همراه با گذشت زمان افزایش مییابد، بنحویکه گروه‌های قدیم تر دانسیته رد پائی بیش از گروه‌های جدید دارند. این افزایش دانسیته رد پای در گروه‌های قدیم تر ناشی از علل مختلف مثل آلفاهای تابیده شده از دختران گاز رادن موجود در فضا و همچنین صدمات ذاتی و یا سایر صدمات مربوط به شرایط نگهداری و یا جابجائی کنترل نشده می باشد. ولی اخیراً "ویلسون و ابوجراد (۱۲) گزارش کرده اند که گروه‌های آشکارساز LR-115 نوساز دانسیته رد پای زمینه بیشتری نسبت به گروه‌های قدیم تر دارند که برخلاف نتایج بدست آمده در این آزمایشگاه می باشد. شکل ۱ دانسیته رد پای زمینه آشکارساز LR-115 مربوط به گروه‌های ۱۹۷۰، ۱۹۷۶ و ۱۹۸۳ را بر حسب زمان نشان میدهد که در سه گروه مورد مطالعه بطور کلی دانسیته رد پای یکروند افزایشی را نشان میدهد. با توجه باینکه گروه ۱۹۷۰ هم مدت طولانی تری نگهداری شده و هم دارای لایه حساس نازکتری می باشد. دانسیته رد پای زمینه در تمام نقاط منحنی مربوط بالاتر از نقاط مشابه در گروه‌های

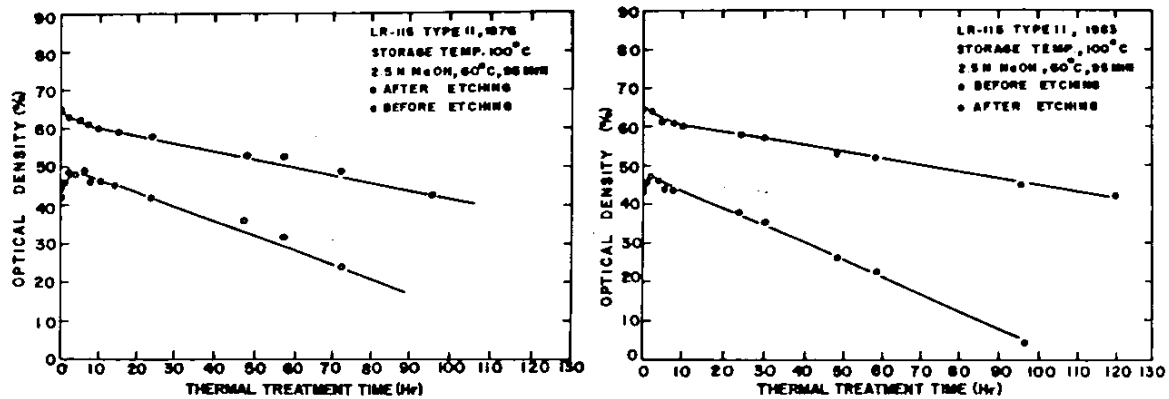
دیگر است. لذا دانسیته رد پای زمینه این گروه بتنهائی نمی تواند مرجع مقایسه قرار بگیرد. همچنین دانسیته رد پای زمینه گروه ۱۹۷۶ بروشنی نشان دهنده شمارش رد پای زمینه بزرگتری در مقایسه با گروه ۱۹۸۳ است که این مشاهده اساساً " مطابق انتظار می باشد. از طرف دیگر دانسیته رد پای زمینه گروه CEA که زمان ساخت آن نامعلوم است بالاتر از دانسیته رد پای گروه ۱۹۷۶ بدست آمده ممکن است این گروه از نظر زمان ساخت قدیم تر بوده و یا از پرتوگیری زمینه شدیدتری برخوردار بوده است و یا حاصل صدمات خارجی غیر قابل کنترل ناشی از بولک شدن آشکارسازها از ورق اصلی جهت جابجایی درون دزیمترهای اکتیو رادن ساخت مرکز اتمی فرانسه می باشد. در هر صورت دانسیته رد پای



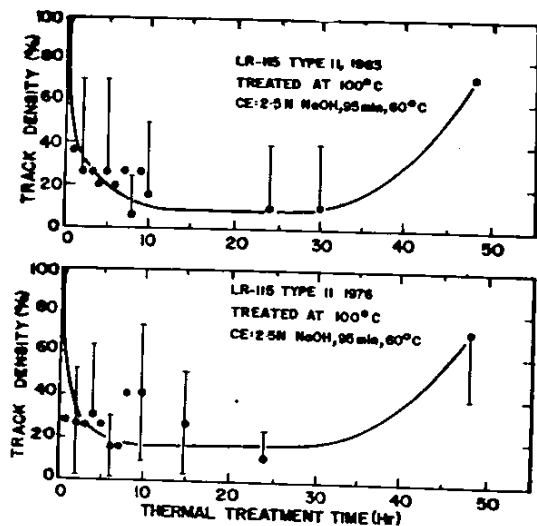
شکل ۱. دانسیته رد پای زمینه بر حسب زمان خورش شیمیائی در سه نوع آشکارساز LR-115.

زمینه بدست آمده در گروه های فوق الذکر دقیقاً " مطابق انتظار می باشد ولی با این وجود با توجه به وجود گزارشات مغایر، لازم است که بررسی های بیشتری بعمل آید.

سطحی کمتری را نسبت به گروه ۱۹۸۳ نشان می دهد. همچنین جالب توجه است که در هر یک از منحنی های دانسیته اپتیکی مربوط به فیلم های خورش شده یک



شکل ۳ و ۳. دانسیته اپتیکی بر حسب زمان درمان به ترتیب برای آشکارسازهای ساخت ۱۹۷۶ و ۱۹۸۳.

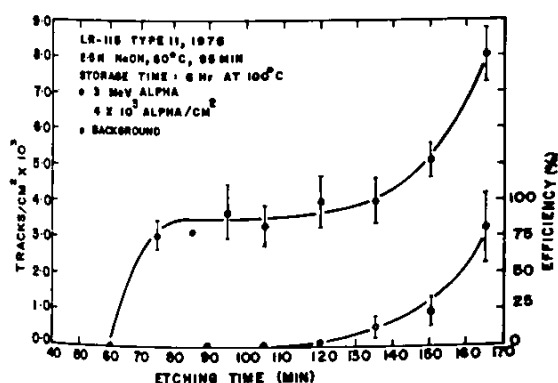
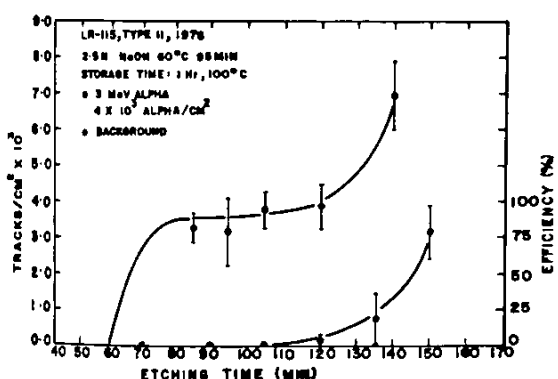
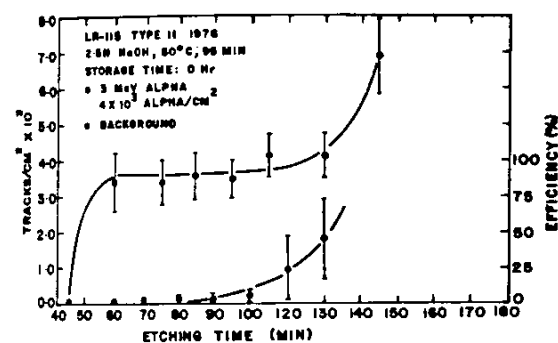


شکل ۴. دانسیته رد پای زمینه بر حسب زمان درمان حرارتی برای آشکارسازهای ساخت ۱۹۷۶ و ۱۹۸۳ در شرایط خورش ذکر شده.

نتایج حاصل از بررسی و اندازه گیری دانسیته های اپتیکی آشکارساز LR-115 بر حسب زمان خورش شیمیائی در دو گروه ۱۹۷۶ و ۱۹۸۳ گرمادرمان شده هیچ تفاوت چشمگیری مشاهده نگردید. همچنین دانسیته های اپتیکی فیلم های گروه های ۱۹۷۰، ۱۹۸۳ بر حسب زمان گرمادرمانی در ۱۰۰°C قبل و بعد از خورش شیمیائی اندازه گیری شدند که به ترتیب در شکل های ۲ و ۳ نشان داده شده است.

همانطور که مشاهده می گردد قبل از وجه بعد از خورش شیمیائی با افزایش مدت گرمادرمانی، دانسیته اپتیکی فیلم ها کاهش میابد. این اثر در فیلم های خورش شده بیشتر مشهود است. جواب بدست آمده از فیلم های خورش شده در دو گروه مورد مطالعه تقریباً " مشابه است، مگر تفاوت جزئی که در مورد فیلم های خورش نشده مشاهده میشود. عبارت دیگر گروه ۱۹۷۶ خورش

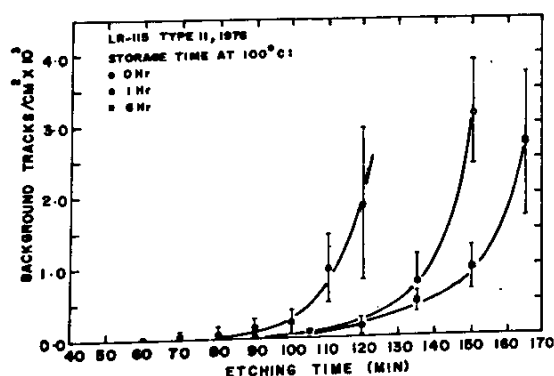
حرارت 100°C و پس از ۹۵ دقیقه خورش شیمیائی میتواند دانسیته ردپای زمینه را بطور موثری کاهش دهد. در هر صورت، همانطور که انتظار میرود با افزایش مدت خورش شیمیائی دانسیته ردپای زمینه در هر سه گروه بالا میرود و گرمادرمانی نقش موثری در کاهش دانسیته ردپای زمینه دارد.



شکل ۶، ۷ و ۸. راندمان ثبت ردپای ذرات آلفا و دانسیته ردپای زمینه بر حسب زمان خورش شیمیائی در آشکارساز LR-115 ساخت ۱۹۷۶ به ترتیب برای زمان درمانهای صفر، ۱ و ۶ ساعت در شرایط مذکور.

ماکزیمم بین ۱ تا ۶ ساعت گرمادرمانی وجود دارد، یعنی در این ناحیه میزان خورش سطحی کمتر مشاهده میشود. همانطور که در شکل ۴ دیده میشود، ۱ تا ۶ ساعت گرمادرمانی دانسیته ردپای زمینه گروههای ۱۹۷۶ و ۱۹۸۳ را تحت شرایط ذکر شده بنحوی موثری کاهش می دهند؛ در این محدوده زمانی گرمادرمانی دانسیته ردپای زمینه به کمتر از ۲۵٪ مقدار اولیه میرسد. این کاهش بتدریج ادامه میابد تا مقدار آن در یک ناحیه می نیمم گسترده در محدوده زمانی ۱۰ الی ۳۰ ساعت به ۱۵٪ مقدار اولیه رسید و دوباره شروع به افزایش میکند. بنظر میرسد که این افزایش بعلت شتاب در تخریب مولکولی لایه حساس فیلم نیترات سلولز قمرز شده باشد، لذا بر اساس این مطالعات، مدت ۱ تا ۶ ساعت گرمادرمانی، در محو کردن دانسیته ردپای زمینه موثر تشخیص داده شد.

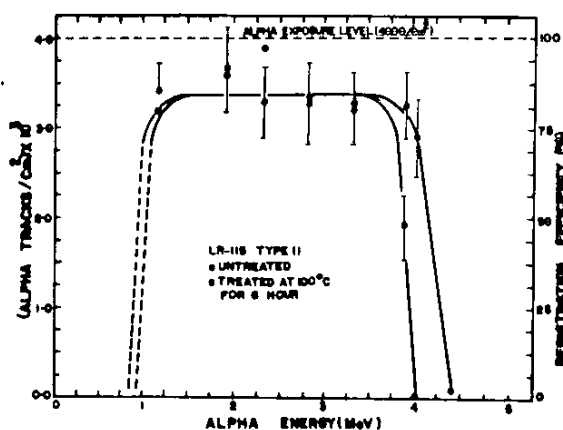
بمنظور بررسی تاثیر این گرمادرمانی بر روی ردپای زمینه و دانسیته ردپای زمینه بر حسب زمان خورش شیمیائی برای زمان گرمادرمانی صفر، ۱ و ۶ ساعت در گروه ۱۹۷۶ مطالعه گردید و نتایج در شکل ۵ نشان داده شده است. نتایج نشان میدهد که حتی یک ساعت گرمادرمانی فیلم LR-115 در درجه



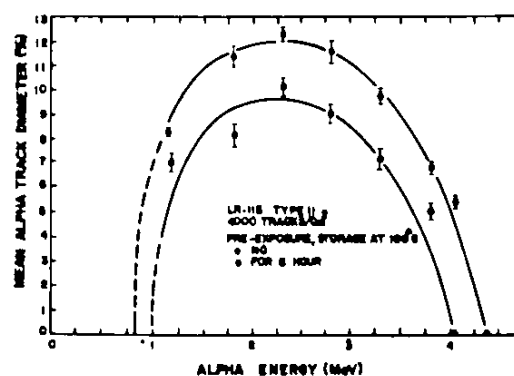
شکل ۵. دانسیته ردپای زمینه بر حسب زمان خورش در سه سری فیلمهای LR-115 ساخت ۱۹۷۶ به ترتیب برای زمان درمان صفر، ۱ و ۶ ساعت در 100°C .

گرما درمانی باید بنحوی انجام پذیرد که بر روی مشخصات ثبت رد پای تاثیر قابل توجهی نداشته و یا حداقل این تاثیر شناخته شده باشد. لذا اثرات صفر، یک و شش ساعت گرما درمانی گروه ۱۹۷۶ بر روی راندمان ثبت آلفای با انرژی ۳ MeV بر حسب مدت خورش نیز مورد بررسی قرار گرفت که نتایج به ترتیب در شکل‌های ۷، ۶ و ۸ نشان داده شده‌اند. منحنی‌های دانسیته رد پای زمینه مربوط به شکل ۵ با توجه باینکه در شرایط مشابه انجام شده است نیز در این شکل‌ها ترسیم شده‌اند. با وجود اینکه نتایج بدست آمده اثر گرما درمانی قابل توجهی را بر روی راندمان ثبت ذرات آلفا که مقدار آن در حدود ۹۰٪ روی ناحیه پلاتو منحنی است نشان نمی‌دهد، یک تاخیر زمانی در ظهور رد پای آلفا و زمینه روی فیلم‌های گرما درمان شده دیده می‌شود. علاوه بر بررسی‌های فوق بر دو موثر ثبت ذرات آلفا و راندمان ثبت در انرژی‌های مختلف و همچنین تاثیر گرما

درمانی بر روی این ویژگی‌ها در فیلم LR-115 مورد مطالعه قرار گرفت. شکل‌های ۹ و ۱۰ راندمان ثبت و قطر میانگین رد پای ذرات آلفا بر حسب انرژی را برای فیلم‌های درمان شده و نشده گروه ۱۹۷۶ نشان می‌دهند. بر اساس این نتایج، بر دو موثر قابل ثبت انرژی بین ۱/۲ تا ۳/۸ MeV تعیین می‌گردد که راندمان ثبت ذرات آلفا در این برد در هر دو فیلم گرما درمان شده و نشده برابر $10 \pm 85\%$ است که می‌تواند راندمان و برد یکسان در فیلم‌های گرما درمان شده و نشده می‌باشد. با این وجود از میزان خورش سطحی (بر طبق شکل‌های ۲ و ۳) و میزان خورش رد پاها (بر طبق شکل ۱۰) بعد از ۶ ساعت گرما درمانی در حدود ۲۰٪ کاسته شده است. عبارت دیگر رد پاهائی با قطر کوچکتری پس از گرما درمانی بوجود می‌آیند که در صورت لزوم این کاهش را می‌توان با افزایش جزئی در مدت خورش شیمیائی بهبود بخشید.



شکل ۹. راندمان ثبت ذرات آلفا بر حسب انرژی ذره آلفا در آشکارساز LR-115 نوع II ساخت ۱۹۷۶ درمان حرارتی شده (برای ۶ ساعت) و درمان حرارتی نشده.



شکل ۱۰. قطر متوسط رد پای ذرات آلفا بر حسب انرژی آن در آشکارساز LR-115 نوع II ساخت ۱۹۷۶ درمان حرارتی شده (برای ۶ ساعت) و درمان حرارتی نشده.

نتیجه‌گیری

برای اندازه‌گیری آلفاهائی با فلوئید کم کاهش میدهد، بدون آنکه اثر قابل توجهی روی رانندگی ذرات آلفا در برد انرژی ۱/۲-۳/۸ میلیون الکترون ولت که معادل $10 \pm 8.5\%$ است، داشته باشد، بهر حال، این مدت گرمای درمانی قطریا نگین یا میزان خورشید پاهای را در حدود ۲۰٪ کاهش میدهد که میتوان این کاهش را با افزایش کمی در مدت خورشید شیمیائی بهبود بخشید. همچنین نتایج نشان دادند که حتی ۱ ساعت گرمای درمانی در حرارت 100°C برای ایجاد یک فیلم با دانسیته رد پای زمینه کم برای خورشید شیمیائی در محلول هیدروکسید سدیم با درجه ۲/۵ نرمال در حرارت 60°C بمدت ۹۵ دقیقه کافیست.

در این بررسی تعیین گردید که دانسیته رد پای زمینه آشکار سازهای LR-115 که تحت شرایط مختلف مطالعه شدند در گروههای جدیدتر (زمان نگهداری کوتاه) خیلی کمتر از گروههای سالخورده (زمان نگهداری طولانی‌تر) هستند که مثلاً "در کشوی میز تحریر نگهداری شده باشند، این نتایج برخلاف محدود اطلاعات گزارش شده بوده و مطابق با اعتقاد مردم و انتظار علمی است. همچنین گرمای درمانی قبلاً از پرتوگیری در حرارت 100°C برای مدت زمانی بین ۱ تا ۶ ساعت دانسیته رد پای زمینه را به سطح قابل قبول

REFERENCES

- 1- L. Tommasino, Electrochemical Etching of Damage Track Detectors by H.V. Pulse and Sinusoidal Waveforms. Proc. The Int. Coll. Corpuscular Phot and Visual Solid Detectors, Barcelona (1970).
- 2- M. Sohrabi, the Amplification of Recoil Particle Tracks in Polymers and its Amplification in Fast Neutron Personnel Dosimetry. Health Physics 27, 598 (1974).
- 3- M. Sohrabi, and E. Khajeian, Some Electrochemical Etching Studies on the Registration of Alpha Particle Tracks in Polycarbonate, Nucl. Inst. and Methods 185, 407 (1981).
- 4- S.A.R. Al-Najjar, R.K. Bull and S.A. Durrani, Electrochemical Etching of CR-39 Plastic: Application to Radiation Dosimetry. Nuclear Tracks 3, 169 (1979).
- 5- W.G. Cross, A. Arneja and H. Ing, Effect of Pre-Etching on the Registration in CR-39 of Electrochemically Etched Tracks of Protons and Alpha Particles of Different Energies. Nuclear Tracks and Rad. Measurements 8, 109 (1984).
- 6- M. Sohrabi and Gh. Zainali, Broadening Registration Energy Range of Alpha Tracks in CR-39 under a New ECE Condition. Nuclear Tracks, Vol. 12, Nos 1-6, 171 (1986).

- 7- A.M. Chapuis and D. Dajlevic, Dosimetry of Radon, Proc. 8th Int. Conf. Nucl. Photg. and SSNTD, Bucharest, 319-328 and French Patent No. 72, 25, 550, (1972).
- 8- L. Jeanmaire and A. Rannou, Mesure Du Radon Dons les Habitation Comparison Entre les Detecteurs Active et Passifs. Proc. 6th Int. Conf. of IRPA on Radiation-Risk-Protection Vol. 111, West Berlin, Fachverband für Strahlenschulz, 1205 (1984).
- 9- Sh. Mahdi and M. Sohrabi, Personnel and Environmental Dosimetry of Radon and its Daughters. AEOI Report No. RPD-DOS-1-84, in Farsi, (1984).
- 10- M. Fantini and G. Renard, Influence of Chemical and Physical Parameters on the Quality and Reproducibility of Tracks in Cellulose Nitrate Films. Proc. 11th Int. Conf. on SSNTD, Bristol, Pergamon, 193 (1981).
- 11- S.A. Durrani and P.F. Green, The Effect of Etching Conditions on the Response of LR-115. Nuclear Tracks 8, 21 (1984).
- 12- G. Willson and F. Abu-Jarad, Background Tracks in LR-115 (type II) Plastics. Nuclear Tracks 4, 123 (1980).

EFFECT OF HEAT TREATMENT STUDIES ON BACKGROUND AND ALPHA
TRACK REGISTRATION IN LR-115

M. Sohrabi and Sh. Mahdi
Radiation Protection Department
Atomic Energy Organization of Iran
P. O. Box 14155-4494, Tehran
Islamic Republic of Iran

ABSTRACT

The effects of Pre-irradiation thermal treatment at 100 °C and etching time on background track density (BGTD) and/or optical density of different batches of LR-115 were studied in this paper. The energy range and efficiency for the registration of alphas from 1 to 5 MeV were also determined in thermally treated and untreated films. The BGTD in batches stored longer was higher than that of newer batches, as basically expected and contrary to some reported data by others. The BGTD was reduced to about less than 25% of its original value after thermal treatment of 1 to 6 hours at 100 °C. This treatment, however, showed no significant effect on the 85±10% efficiency within registration energy range of 1.2 to 3.8 MeV, which was determined in this study. Nevertheless, this treatment reduced track diameter or track etching rate over the above energy range by about 20%. In conclusion, even one hour of thermal treatment at 100 °C can be efficient for BGTD annealing without any significant effect on track registration characteristics.