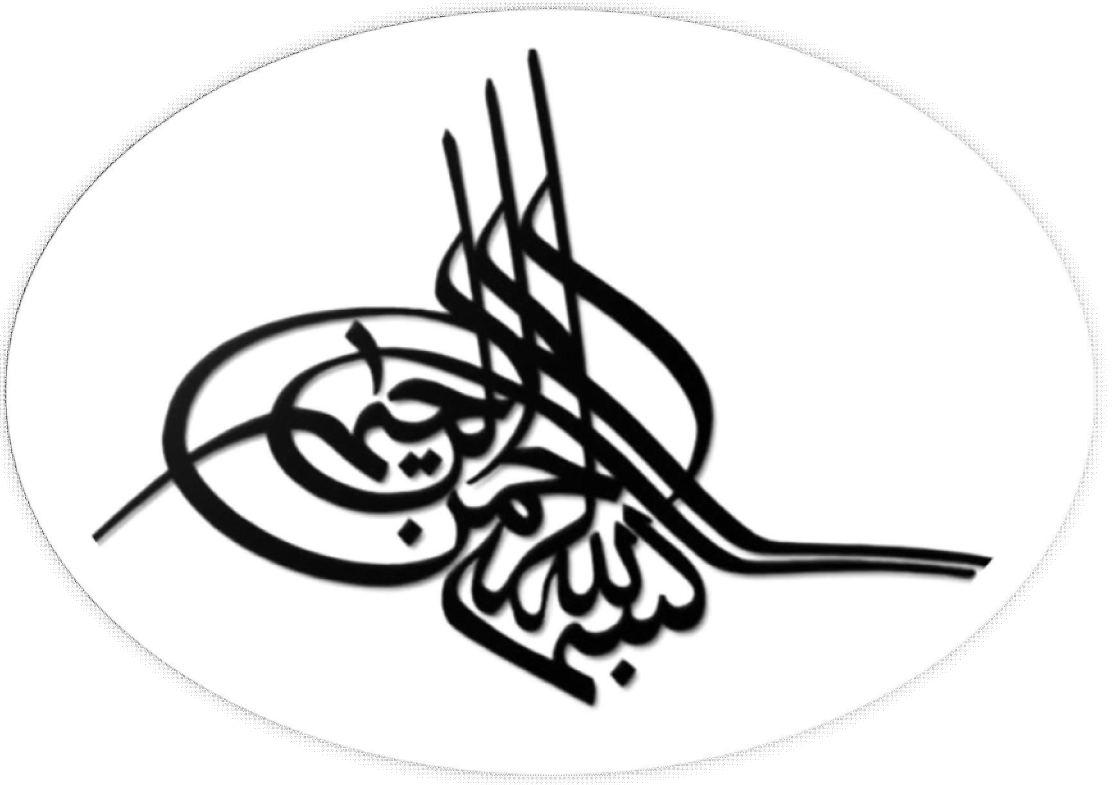


کد رهگیری ثبت پروپوزال: 1084369

کد رهگیری ثبت پایان نامه: 2113402



کلیه امتیازهای این پایان‌نامه به دانشگاه بوعلی سینا تعلق دارد. در صورت استفاده از تمام یا بخشی از مطالب این پایان‌نامه در مجلات، کنفرانس‌ها و یا سخنرانی‌ها، باید نام دانشگاه بوعلی سینا و استاد راهنمای پایان‌نامه و نام دانشجو با ذکر مأخذ و ضمن کسب مجوز کتبی از دفتر تحصیلات تکمیلی دانشگاه ثبت شود. در غیر این صورت مورد پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت. درج آدرس‌های ذیل در کلیه مقالات خارجی و داخلی مستخرج از تمام یا بخشی از مطالب این پایان‌نامه در مجلات، کنفرانس‌ها و یا سخنرانی‌ها الزامی می‌باشد.

....., Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.

مقالات خارجی

.....، گروه دانشکده دانشگاه بوعلی سینا، همدان.

مقالات داخلی



دانشگاه گیلان
دانشکده علوم پایه
گروه فیزیک

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته فیزیک گرایش حالت جامد

عنوان:

بررسی مورفولوژی ردپاهای ذرات آلفا در آشکارساز ردپای هسته‌ای پلیمری
حالت جامد با استفاده از میکروسکوپ نیروی اتمی

اساتید راهنما:

دکتر بابک ژاله

دکتر مهدی فرشچی

اساتید مشاور:

دکتر قاسم فروزانی

مهندس مهران طاهری

نگارش:

مهرداد مظهری

صورتجلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته فیزیک گرایش حالت جامد

با عنوان:

بررسی مورفولوژی ردهای ذرات آلفا در آشکارساز ردهای هسته‌ای پلیمری حالت جامد با استفاده از میکروسکوپ نیروی اتمی

جلسه دفاع از پایان نامه خانم مهیاب مظهری به ارزش ۶ واحد در روز دوشنبه مورخ ۱۳۹۲/۰۳/۰۶ ساعت ۱۱ در محل آمفی تئاتر ۲ دانشکده علوم پایه در حضور هیأت داوران برگزار گردید که پس از بررسی‌های لازم، پایان نامه نامبرده با نمره به عدد ۱۷ به حروف هفده و با درجه خوب مورد ارزیابی قرار گرفت.

ردیف	نام و نام خانوادگی	سمت	مرتبۀ علمی	امضاء
۱	دکتر بابک ژاله	استاد راهنما	دانشیار	
۲	دکتر مهدی فرشچی	استاد راهنما	استادیار	
۳	دکتر قاسم فروزانی	استاد مشاور	دانشیار	
۴	مهندس مهران طاهری	استاد مشاور	-	
۵	دکتر داود رئوفی	داور داخلی/خارجی	استادیار	
۶	دکتر صفدر حبیبی	داور داخلی/خارجی	استادیار	
۷	دکتر فرهاد آلیانی	* مسئول تحصیلات تکمیلی دانشکده	دانشیار	

تقدم به:

همرم

به پاس صبر و مهر و نوازش و فرشته گندم

آرزو

ریاسن کرمان پروردگای کتارا کعبه تی مان بنژید و به طیرق علم و دانش رهبر و خان شد و پیشوایین ری رحروان علم و دانش متی سرمان نر و دو خوشیینه ری

از علم و معرفت لاروزمان ساخت.

در آغاز ارتقا ید بزرگوارم جناب آقای دکتر بابک ژاله و دکتر مهدی شیرین به خاطر زحمت این هدیه نشان نیامت ریاس و قدر دانی لار دارم.



دانشگاه بوعلی سینا
مشخصات رساله/پایان نامه تحصیلی

عنوان:

بررسی مورفولوژی ردپاهای ذرات آلفا در آشکارساز ردپای هسته‌ای پلیمری حالت جامد با استفاده از میکروسکوپ نیروی اتمی

نام نویسنده: مه‌آباد مظه‌ری

نام استاد/اساتید راهنما: دکتر بابک ژاله، دکتر مهدی فرشچی

نام استاد/اساتید مشاور: دکتر قاسم فروزانی، مهندس مهران طاهری

دانشکده : علوم پایه

گروه آموزشی: فیزیک

رشته تحصیلی: فیزیک

گرایش تحصیلی: حالت جامد

مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد

تاریخ تصویب پروپوزال: ۱۳۸۹/۱۲/۱۶

تاریخ دفاع: ۱۳۹۱/۳/۶

تعداد صفحات: ۹۷

چکیده:

ذرات باردار پرنرژی فرودی بر سطح آشکارساز پلیمری در مسیر عبورشان ردپای نهان تولید می‌کنند. فرآیند خوردش شیمیایی به مشاهده ردپاها کمک می‌کند. یکی از کارهای چالش برانگیز در استفاده از آشکارسازهای ردپای هسته‌ای اندازه‌گیری قطر ردپاهای به خصوص کم عمق ناشی از خوردش‌های با زمان کوتاه است. در این پایان‌نامه ابتدا ردپاها توسط پرتو دهی آشکارساز CR-39، با پرتوهای آلفا تهیه می‌شوند، سپس آشکارسازهای پرتو دهی شده در محلول KOH ۹ N به مدت ۱ ساعت در دمای $70^{\circ}C$ خوردش می‌شوند و نهایتاً قطر ردپاها توسط میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM) اندازه‌گیری می‌شوند.

واژه‌های کلیدی: ردپا، CR-39، خوردش شیمیایی، ذرات آلفا، میکروسکوپ نیروی اتمی

فهرست جداول

- جدول 1-1- برخی از ویژگی های منابع مشهور رادیو ایزوتوپ ذرات آلفا 13
- جدول 2-1- خلاصه های از مواد به کار رفته در آشکارسازی اثر ردپا..... 22
- جدول 3-1- فاصله و زمان لازم برای شار-زمان $2000 \alpha/cm^2$ و انرژی متناظر با هر فاصله در دمای $^{\circ}C$ 27

فهرست شکل ها

- شکل ۱-۱- طیف انرژی واپاشی آلفا برای ^{238}Pu ۱۲
- شکل ۲-۱- برش محوری از ردپای نهان در یک بلور (Hansen et al. 1983) .. ۲۰
- شکل ۳-۱- طرحواره ای از قطع زنجیره های پلیمری که به علت عبور ذره باردار سنگین ایجاد شده است. ۲۰
- شکل ۴-۱- طرحواره ای از خوردش شیمیایی ۲۹
- شکل ۵-۱- طرحواره ای از خوردش الکتروشیمیایی ۳۰
- شکل ۶-۱- (a) ردپاهای یونی در CR-39 ۳۱
- شکل ۷-۱- طرح یک ردپا در آشکارساز ردپای هسته ای ۳۲
- شکل ۸-۱- ردپای ذرات آلفای خوردش شده در آشکارساز CR-39 با محلول ۶ نرمال NaOH و دمای 70°C ، ۶ ساعت خوردش. ۳۲
- شکل ۹-۱- هندسه ردپا در شرایط با زوایای مختلف ۳۵
- شکل ۱۰-۱- هندسه یک ردپا برای یک ذره باردار که بطور عمودی وارد آشکارساز ردپای هسته ای می شود. ۳۶
- شکل ۱۱-۱- هندسه ردپا برای ذره های که بطور مایل وارد آشکارساز ردپای هسته ای می شود. ۴۰
- شکل ۱۲-۱- ساختار مونومر CR-39 ۴۱
- شکل ۱-۲- تصویری از میکروسکوپ نیروی اتمی ۴۸
- شکل ۲-۲- منحنی نیروی وارد بر سوزن بر حسب فاصله سوزن از سطح. ۴۹
- شکل ۳-۲- اندازه گیری تغییرات بازو با استفاده از پرتوی لیزر ۵۰
- شکل ۴-۲- طرحواره حلقه باز خوردی میکروسکوپ نیروی اتمی ۵۲
- شکل ۵-۲- تصویر طرحواری از پیزوالکتریک. ۵۳
- شکل ۶-۲- طرحواره آشکارسازی بازو ۵۴
- شکل ۷-۲- نمونه ای از بازوهای الف) بازو مثلثی ب) تخت گونه ۵۵
- شکل ۸-۲- انواع شکل های سوزن شامل نوک کروی، نوک تخت، نوک T شکل و نوک تیز. ۵۶
- شکل ۹-۲- سمت چپ: نمایش طرحواره بزرگی تغییرات نیروی بین سوزن و سطح در فواصل مختلف سوزن از سطح سمت راست: انحراف بازو حین رفت و برگشت در نواحی مختلف فاصله از سطح (نیروی جاذبه یا دافعه). ۵۸

- شکل ۲-۱۰- نمودار نیرو برحسب فاصله که مدهای مختلفی در آن قرار دارند..... ۵۹
- شکل ۲-۱۱- طرحواره ای مد تماسی..... ۶۰
- شکل ۲-۱۲- دامنه نوسانات بازو در مد شبه تماسی..... ۶۱
- شکل ۳-۱- طیف FTIR فیلمهای CR-39 با ضخامت های متفاوت [۶۳]..... ۶۹
- شکل ۳-۲- طرحواره ای از آرایه پرتو دهی آشکارساز..... ۷۱
- شکل ۳-۳- طرحواره ای از طیف سنج آلفا..... ۷۲
- شکل ۳-۴- طیف سنج استفاده شده در این پروژه..... ۷۳
- شکل ۳-۵- زمان لازم برای پرتو دهی در فاصله متناظر و شار-زمان $2000 \text{ } \alpha/\text{cm}^2$ ۷۴
- شکل ۳-۶- انرژی ذرات آلفا برحسب فاصله از آشکارساز سد سطحی در هوا و در دمای 27°C ۷۴
- شکل ۳-۷- طیف ذرات آلفای مربوط به چشمه ^{241}Am در خلأ..... ۷۶
- شکل ۳-۸- طیف ذرات آلفا در هوا، فاصله آشکارساز سد سطحی و چشمه ^{241}Am ، 19 mm ۷۶
- شکل ۳-۹- تغییرات قطر متوسط ردپاها نسبت به انرژی ذرات آلفا در شرایط دمایی 60°C و غلظت و زمان خورش متغیر..... ۷۸
- شکل ۳-۱۰- قطر میانگین ردپاها در انرژی های مختلف برای آشکارساز CR-39..... ۷۹
- شکل ۳-۱۱- میکروتصاویر سه بعدی AFM در اندازه $10 \text{ } \mu\text{m} \times 10 \text{ } \mu\text{m}$ و 512×512 Pixel. (الف) انرژی ذرات آلفا 1 MeV (ب) انرژی ذرات آلفا 2 MeV (ج) انرژی ذرات آلفا 3 MeV (د) انرژی ذرات آلفا 4 MeV . (محل یکی از ردپاهای ذرات آلفا به طور نمونه در شکل با علامت پیکان مشخص شده است)..... ۸۵
- شکل ۳-۱۳- تغییر میانگین ناهمواری سطح با تغییر انرژی در CR-39..... ۸۷

فهرست مطالب

1	مقدمه
11	1-1- فیزیک برهمکنش ذرات باردار سنگین با ماده
11	2-1- واپاشی آلفا
13	3-1- برهمکنش ذرات آلفا با آشکارسازهای ردپای هسته ای
16	4-1- آشکارسازهای ردپای هسته‌ای
22	5-1- مکانیسم شکل گیری ردپا
22	1-5-1- اتلاف انرژی کل (dE/dX)
24	2-5-1- اتلاف یونیزاسیون اولیه (J)
25	3-5-1- اتلاف انرژی باقیمانده (REL)
26	6-1- سازوکار تخریب پرتوشیمیایی
27	1-6-1- ویژگی های خوردش ردپای ذرات باردار در پلیمر
29	2-6-1- روشهای مشاهده و آشکارسازی ردپا
31	7-1- سرعت خوردش کپ های
33	1-7-1- روش تغییر ضخامت
34	3-7-1- روش تغییر در جرم آشکارساز
34	8-1- زاویه بحرانی خوردش (θ_c) و راندمان ثبت (η)
36	9-1- هندسه ردپا در برخورد های عمودی
38	10-1- هندسه ردپا در برخوردهای مایل
40	11-1- فرآیند شیمیایی خوردش در پلیمرها
41	1-11-1- فرآیند شیمیایی خوردش در پلی آلیل دی گلیکول کربنات (CR-39)
47	1-2- میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM)
51	1-1-2- حلقه باز خوردی
52	2-1-2- روبشگر پیزوالکتریک

53	3-1-2- آشکارسازی و جهت گیری بازو
54	4-1-2- هندسه بازو
55	5-1-2- سوزن ها
57	6-1-2- نحوه برهمکنش سوزن با سطح
58	2-2- مدهای مختلف میکروسکوپ نیروی اتمی
59	1-2-2- مد تماسی
60	2-2-2- مد غیرتماسی
61	3-2-2- مد شبه تماسی
63	3-2- کاربردهای AFM
63	1-3-2- مطالعه فرآیندهای اصطکاکی و تحول ادوات تحت اصطکاک در ابعاد نانومتر
64	2-3-2- متالورژی و خوردگی ادوات
64	3-3-2- غشاها و فیلترها
65	4-3-2- کاربرد AFM در آشکارسازهای ردپای هسته‌های
69	1-3- مقدمه
69	2-3- روش آزمایش مربوط به پرتودهی CR-39 با ذرات آلفا
69	1-2-3- آماده سازی آشکارساز ردپای هسته‌های CR-39
70	2-2-3- پرتودهی با ذرات آلفا
77	3-2-3- بهینه سازی خورش CR-39 و تولید ردپاهای ذرات آلفای زیرمیکرونی
	4-2-3- معایب استفاده از میکروسکوپ های نوری و الکترونی SEM و TEM در مقایسه با AFM در بررسی مورفولوژی CR-39 خورش شده
80	
83	3-3- مطالعه سطح نمونه های پردازش شده با میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM)
87	نتیجه گیری

مقدمه

دی. ای. یانگ¹ اولین کسی بود که ردپاها را در بلورهای LiF مشاهده کرد [1]. پس از او سیلک و بارنز ردپاهای ذرات باردار سنگین را در میکا با استفاده از میکروسکوپ الکترونی عبوری به طور مستقیم مشاهده کردند [2]. پیشگامان علم آشکارسازهای ردپاهای هسته‌ای، پرایس²، والکر³ و فلیشر⁴ پیشرفت‌های گسترده‌ای در زمینه مشاهده ردپاهای هسته‌ای در بلورها، پلاستیک‌ها و شیشه‌های دی الکتریک جامد داشتند [3].

هم‌اکنون نزدیک به پنجاه سال از زمانی که دی. ای. یانگ اولین ردپاها را در فلورئورید لیتیم و خورش ردپاها را با استفاده از یک واکنشگر شیمیایی برای ثبت حفره‌های کم عمق کشف کرد، می‌گذرد. از آن زمان عبور ذرات هسته‌ای با استفاده از خورش ردپا با جهت‌گیری خاص در بیش از 150 عایق جامد شامل کانی‌ها، شیشه‌ها و پلاستیک‌ها، مشخص شده است که اصطلاحاً به آنها آشکارسازهای ردپای هسته‌ای می‌گویند که ابزاری بسیار سودمند در علوم و تکنولوژی هسته‌ای به شمار می‌رود. همه مواد پلاستیکی قادر به ثبت ذرات نیستند، به جز آنهایی که نسبت به شیشه‌ها و کانیها حساسیت بیشتر و ویژگی‌های خورشی مناسبی را دارا می‌باشند. یکی از ویژگی‌های تمامی آشکارسازهای ردپای هسته‌ای قابلیت انتخابی بالای آنها در ثبت تابش‌ها می‌باشد. آنها نسبت به نور، پرتوهای ایکس و الکترون‌ها حساس نیستند اما ردپاهای ذرات هسته‌ای با مقدار یونش بیشتر از حد آستانه را ثبت می‌کنند. آهنگ یونش با بار هسته ذره و به طور معکوس با سرعت نسبی آن متناسب است. از این رو مقدار آستانه Z/β برای لگزان حدود 57 و برای نیترا ت سلولز 30 می‌باشد [4].

¹ D.A. Young

² Price

³ Walker

⁴ Fleischer

در 1978 کارت، رایت، شیرک و پرایس، در دانشگاه کالیفرنیا در بریکلی، پلاستیکی حساس به دما را کشف کردند که نام تجاری آن CR-39 می‌باشد. پلی آلایل دی گلیکول کربنات، یک آشکارساز ردپای هسته‌ای حالت جامد است، CR حروف اول Colombia Resin می‌باشد [5].

CR-39 ردپاهای هسته‌ای با $Z/\beta > 6$ را ثبت می‌کند. بدین معنی که همه ذرات آلفای طبیعی و پروتون‌های تا انرژی 18 MeV را ثبت می‌کند. به دلیل این ویژگی‌هاست که CR-39 رشد بسیار سریعی در همه زمینه‌های علوم از جمله پزشکی و محافظت اشعه دارد. CR-39 همچنین کاربردهای گسترده‌ای در ساخت شیشه‌های عینک و لنزهای اپتیکی دارد [4].

به دلیل ویژگی‌های منحصربه‌فرد آشکارسازهای ردپای هسته‌ای مانند وزن کم آن‌ها، سادگی و قابلیت انعطاف آن‌ها و توانایی آن‌ها در آشکار کردن ذرات باردار سریع، در زمینه‌های خاصی از فیزیک، مزیت‌های بیشتری نسبت به سایر آشکارسازها دارند [6].

Dt. Bartlett و همکارانش در سال 1986 از آشکارساز CR-39 برای دوزیمتری در معادن استفاده کردند. تعداد ردپاهای ذرات آلفای ثبت شده متناسب با غلظت گاز رادون می‌باشد [7].

A. Waheed و همکارانش در 1988 از CR-39 برای دوزیمتری ذرات آلفای محیطی استفاده کردند و یک روش ساده برای محاسبه احتمال توزیع ثبت ذرات بدست آوردند. سپس نتایج ثبت ذرات آلفا در CR-39 را با محاسبات خود مقایسه کردند و یک مقدار ماکسیمم $4.95 \times 10^3 / \text{cm}^2 \text{ hour}$ سرعت ثبت ذرات برای CR-39 بدست آوردند و تخمین زدند که 1 track/cm^2 در CR-39 معادل با $1.14 \times 10^{10} / \text{m}^3$ فروپاشی ذرات آلفا در جو می‌باشد [8].

M. Fromm و همکارانش در 1991، محاسباتی را برای ارتباط پارامترهای هندسی ردپا، انرژی و ذرات باردار بیان کردند. شکل ردپای ذرات آلفا در طول خورش شیمیایی مورد مطالعه قرار گرفت و نیز شبیه سازی تحول ردپا با احتساب شرایط خورش شیمیایی و انرژی و زاویه فرود انجام گرفت [9].

G. jonsson و R. Hellborg در سال 1991 آشکارسازهای CR-39 را در معرض تابش آلفا در محدوده انرژی 1/3 MeV تا 5/5 MeV و زاویه از 0 تا 85 درجه قرار دادند. پاسخ آشکارسازها به انرژی و تکانه ذرات مورد بررسی قرار گرفت و دستاورد آن آشکارسازی رادون مورد بحث قرار گرفت [10].

M. Balcazar و همکارانش در 1991 سطح ورقه‌های آشکارساز CR-39 را که تحت خورش الکتروشمایی قرار گرفتند، با استفاده از یک سیستم الکترونیکی اپتیکی مورد مطالعه قرار دادند [11].

Al-Jarallah و Abu-Jarad، در 1993 نمونه‌های CR-39 را تحت تابش عمودی ذرات آلفا با محدوده‌های انرژی 5 MeV تا 8 MeV قرار دادند. بیشترین حساسیت برای انرژی‌های بالاتر و با افزایش زمان خورش مشاهده شد. راندمان آشکارسازی پروتون‌ها برای تمامی انرژی‌های فرودی 100% بدست آمد [12].

R. Barillon، M. Fromm و A. Chambaudet در 1995، روشی را برای تعیین پاسخ آشکارساز به ذرات آلفا در انرژی‌های مختلف توصیف کردند. آنها نشان دادند که برای هر انرژی فرودی، یک زاویه خاصی وجود دارد که برای زوایای بزرگتر از آن زاویه، ذرات آلفا یک ردپای خورش‌پذیر قابل مشاهده را ایجاد نمی‌کنند. این زاویه همچنین بستگی به خورش و شرایط مشاهده آشکارساز دارد. تغییرات زاویه بحرانی با انرژی ذرات فرودی، برای تعیین راندمان ثبت آشکارساز CR-39 مورد مطالعه قرار گرفت [13].

B. Dorschel، H. Hartmann و K. Kadner در 1996، تغییرات سرعت‌های خورش در امتداد مسیر ذرات آلفا در CR-39 را مورد مطالعه قرار دادند. از آنجا که شبیه‌سازی فرآیندهای شکل‌گیری ردپا در

آشکارسازهای ردپای هسته‌ای خورش شده نیاز به فرمول‌بندی معیارهای ثبت ردپا، که براساس نسبت سرعت خورش کپه‌ای به سرعت خورش استوار است، دارد. سرعت خورش کپه‌ای با دقت کافی به‌وسیله تکنیک‌های نسبتاً ساده اندازه‌گیری شد. به‌دلیل اینکه اتلاف انرژی در انتهای برد ذرات آلفا شدیداً افزایش می‌یابد، روش تغییر قطر ردپا برای آشکارسازهای با ضخامت بیشتر با فرض اینکه سرعت خورش در امتداد مسیر ذره ثابت است، قابل استفاده نمی‌باشد. بنابراین سرعت خورش ردپا به‌عنوان تابعی از عمق آشکارساز و ارتباط آن با انرژی ذره به‌طور مستقیم اندازه‌گیری شد [14].

M. El Hofy و H. Elsamman در 1998 یک روش اپتیکی برای اسپکتروسکوپی ذرات آلفا به‌وسیله اندازه‌گیری چگالی اپتیکی نمونه‌های CR-39 خورش شده، که تحت تابش ذرات آلفا با انرژی‌های مختلف قرار گرفتند، ایجاد کردند. ارتباط بین چگالی اپتیکی هر ردپا، انرژی آلفا و شرایط خورش با استفاده از یک آزمایش ساده مورد مطالعه قرار گرفت. یک فرمول ساده برای محاسبه قدرت بازدارنده¹ ذرات آلفا، در آشکارساز CR-39 پیشنهاد شد [15].

H. Khayrat و S. A. Durrani در 1999، تغییرات قطر ردپای ذرات آلفا در CR-39 به‌عنوان تابعی از انرژی باقیمانده و شرایط خورش بررسی کردند. اغلب برای اسپکترومتری انرژی، پیشنهاد می‌شود که قطر ردپا را در آشکارسازهای خورش‌شده مورد بررسی قرار دهند. برای بررسی این قضیه، ارتباط بین قطر ردپا و انرژی ذرات آلفا در گستره 1 MeV تا 5/5 MeV تابش شده بر CR-39 مورد مطالعه قرار گرفت [16].

در سال 2002 F. Malik، سرعت خورش کپه‌ای را برای آشکارساز CR-39 با روش تغییر ضخامت مطالعه کرد. سپس مقادیر بدست آمده با این روش با روش تغییر جرم و تغییر ضخامت بررسی شد. به این نتیجه رسید که روش تغییر ضخامت در تعیین سرعت خورش کپه‌ای، که در مورد تعداد بیشماری از نمونه‌های CR-39 به‌کار رفت، به خوبی روش‌های دیگر قابل استفاده می‌باشد [17].

¹ Stopping Power

در سال 2005، N. F. Santos و همکارانش ابزاری برای تعیین راندمان ثبت ذرات آلفا ارائه دادند. آن‌ها از یک موازی‌ساز¹ برای مشخص کردن زاویه فرود ذرات آلفا استفاده کردند. به طوری که تعداد کل ذرات آلفای گسیل شده قابل تعیین باشد. بدین ترتیب زاویه فرود بحرانی و ماکسیمم زاویه‌ای که منجر به حفره‌های دایره‌ای شکل می‌شود را بدست آوردند [18].

آخرین تحقیقات که بر روی CR-39 صورت گرفته است، بررسی تغییرات انرژی سطح CR-39 ناشی از تابش با ذرات آلفا می‌باشد. در سال 2008، Yu, K. N و Li, W. Y، به‌طور موفقیت‌آمیزی تغییرات مولفه قطبی²، γ_s^p ، به مولفه متفرق‌کننده³، γ_s^d ، را با تابش‌دهی آشکارساز ردپای هسته‌ای حالت جامد CR-39 با ذرات آلفا، با انرژی 3 MeV، بررسی کردند. زوایای تماس را برای آب مقطر، گلیسرین و اتیلن گلیکول بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که γ_s^p / γ_s^d به‌طور محسوسی با شارش ذرات آلفا تغییر می‌کند [19].

همچنین در سال 2008 E. Baradacs نشان داد که پلی آلایل دی گلیکول کربنات، ماده‌ای مناسب با مقاومت زیاد در برابر ثبت ذرات آلفا می‌باشد، که در اغلب موارد برای آشکارسازی ذرات آلفا با تابش عمودی به کار می‌رود. همچنین تأثیر خلأ و تابش CO₂ بر آشکارسازی CR-39 را بررسی کردند [20].

در سال 2008، Brahimی و همکارانش تأثیر تابش گاما بر روی سرعت خورش آشکارساز CR-39 را بررسی کردند. بدین ترتیب که نمونه‌ها را تحت خورش شیمیایی با محلول PEW، با غلظت‌های مختلف قرار دادند. نتایج نشان داد که تأثیر تابش‌های گاما بر ویژگی‌های خورش ردپا، هنگامی که غلظت اتانول در محلول خورش افزایش می‌یابد، مشخص‌تر است [21].

¹ Collimator

² Polar Component

³ Dispersive Component

به طور کلی تحقیقات انجام شده در رابطه با گسترش ردپا شامل موارد زیر می باشد:

(الف) اصول اساسی ردپا (فیزیک و شیمی ردپا)، (ب) گسترش روش ها و ابزارهای هسته ای (رادیمتری ردپای خورش شده برای یون ها، نوترون ها و تابش های کیهانی، ابزارهای نمایش رادون، رادیوگرافی و...)، (ج) علوم طبیعی (فیزیک انرژی بالا، فیزیک هسته ای و علوم زمین)، (د) در زیست پزشکی (حافظت اشعه، درمان سرطان)، (ه) علوم فنی (مواد، نانو تکنولوژی و تکنولوژی هسته ای) که هر سال حدود 350 مقاله در این زمینه ها به چاپ می رسد، که اکثر آن در زمینه تکنولوژی ردپای یونی (لایه های نازک، نانو تکنولوژی مدرن شامل نمونه های بیولوژیکی و شبه بیولوژیکی) می باشد.

آشکارساز مورد نظر ما برای ایجاد ردپا CR-39 می باشد که محدوده دینامیکی وسیعی برای آشکارسازی ذرات باردار در گستره وسیعی از مقادیر عدد اتمی، از پروتون های کم انرژی تا یون های اورانیوم نسبیتی را در بر می گیرد. برای ثبت یون های سنگین در محدوده وسیعی از اندازه حرکت، آشکارسازهای ردپای هسته ای مزایای زیادی نسبت به سایر آشکارسازها دارند، یک آشکارساز ردپای هسته ای CR-39 می تواند هسته هایی با محدوده بار تا $Z = 5e$ و حتی در ناحیه انرژی های نسبیتی را در بر گیرد. این آشکارساز قابلیت تفکیک فوق العاده ای در ثبت ذرات دارد [22].

اما باید به این نکته توجه داشت که ویژگی های آشکارسازی ذرات در CR-39 شدیداً بستگی به شرایط خورش شیمیایی و نحوه اندازه گیری ها دارد. برای فهم ارتباط پاسخ آشکارساز و انرژی ذرات باردار می بایست فرآیند ثبت ذرات در آشکارساز به طور کامل مشخص شود. دینامیک شکل گیری ردپا بسیار پیچیده است و بستگی به بار و انرژی ذرات فرودی دارد. بنتون¹، مدل REL^2 را برای توضیح چگونگی شکل گیری هسته ردپای یون های سنگین پر انرژی و کم انرژی ارائه کرد. او از انرژی اشعه دلتا استفاده کرد که در بخش خارجی ردپا در فرایند خورش و در نتیجه شکل گیری ردپا شرکت نمی کند [23].

¹ Benton

² Restricted Energy Loss

آشکارسازهای ردپای هسته‌ای حالت جامد مانند CR-39، لگزان، ماکروفول، LR-115 و غیره به‌طور گسترده‌ای در زمینه‌های مختلف علم و صنعت مانند فیزیک هسته‌ای، اندازه‌گیری نوترون، اندازه‌گیری رادون، پیش‌بینی زمین لرزه، فیزیک تشعشعات فضا، رادیوگرافی، تحقیق در زمینه شکافت و کاربردهای اپتیکی به کار می‌روند. این آشکارسازها از فرآیندهای شیمیایی و فیزیکی بسیار متنوعی متأثر می‌شوند. فرآیندهای صنعتی، شرایط محیطی از قبیل دما، نور، رطوبت و حضور یا عدم حضور یک گاز یا محلولی خاص در محیط، پرتودهی با نور فرابنفش، اشعه گاما، پردازش با لیزر، تابش ذرات باردار و غیره در حساسیت و پاسخدهی آشکارسازهای هسته‌ای حالت جامد (SSNTD) تأثیر می‌گذارند [24].