





دانشگاه کاشان
دانشکده فیزیک

پایان نامه

جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد
در رشته فیزیک هسته‌ای

عنوان:

شبیه سازی شیوه ای جدید برای تخمین عمق ساختار
ستونی به روش آنالیز با باریکه یونی

استاد راهنما:

دکتر محمد ترکیهای اصفهانی

به وسیله:

خدیجه حلفی

بهمن ۹۰

این پایان نامه ناخیز تقدیم به ساحت امام زمان (عج)

ما معتقدیم عشق سر خواهد زد بر پشت ستم کسی تیر خواهد زد

سو کند به هر چه سارده آیه نور سو کند به زخمهای سرشار غرور

آخر شب ما سحر میگرد مهدی به میان شیعه بر میگرد

بهر فرج و ظهور مهدی صلوات

و تقدیم به:

مادر عزیزم

که خیال سبز شدن را در روح من پروراند
و خود باران شد تا کوی رشنی وجودم را سیراب کند.

و پدر مهربانم

که امر پویدن را در ذهن من تجلی داد
و شوق آموختن را در دونم جاری ساخت.

تشکر و قدردانی

سر بر آستان جلال پروردگار بی همتا می‌سایم که دگر بار توفیق اندوختن دانشی هرچند اندک را به من عطا فرمود. اعتراف می‌کنم که نه زبان شکر تو را دارم و نه توان تشکر از بندگان تو... .

در اینجا بر خود لازم می‌دانم از تمامی اساتید بزرگوار به ویژه اساتید دوره کارشناسی ارشد که در طول تحصیل مرا در کسب علم و معرفت و فضائل اخلاقی یاری نموده‌اند تقدیر و تشکر نمایم.

از استاد گرانقدر و بزرگوارم جناب آقای دکتر محمد ترکیهای اصفهانی که مسئولیت راهنمایی و مشاوره اینجانب را در انجام تحقیق، پژوهش و نگارش این پایان نامه تقبل نموده‌اند نهایت تشکر و سپاسگزاری را دارم.

بر خود لازم می‌دانم تا به رسم ادب از اساتید بزرگوار آقای دکتر احمد رضانی مقدم و نیز آقای دکتر سید احسان روزمه که قبول زحمت نموده و پایان نامه اینجانب را مطالعه فرمودند نهایت تشکر و قدردانی را داشته باشم.

در پایان از آقای دکتر فتحی تبار که به عنوان نماینده تحصیلات تکمیلی قبول زحمت نموده‌اند، سپاسگزاری می‌نمایم.

چکیده

کمتر تحقیقات آزمایشگاهی وجود دارد که وابسته به تعیین مشخصه مواد مورد استفاده در طول آزمایش نباشد. نوع و میزان ترکیبات موجود در یک نمونه، نحوه توزیع عناصر، زبری، ناخالصی، ناراستایی بلوری و یا هر خاصیت دیگر مورد نظر پژوهشگر، به عنوان یک مشخصه مورد مطالعه قرار می‌گیرد. با توجه به توانایی روش‌های آنالیز با باریکه یونی برای بدست آوردن اطلاعات عمق نمونه‌ها، در این تحقیق یک روش جدید برای تعیین عمق ستون‌های ساختار ستونی به روش شبه کانالی مطرح شد و به صورت مونت کارلو شبیه‌سازی گردید. امکان تغییر شرایط نمونه (قطر و فاصله بین ستون‌ها، عمق ستون‌ها، نوع عناصر و ...) و همچنین تغییر شرایط آزمایش (زاویه یون فرودی، تعداد ذرات فرودی، انرژی ذرات فرودی و...) در این برنامه گنجانده شده است. این روش سریع، غیر مخرب و کم هزینه‌تر نسبت به سایر روش‌های آنالیز کننده دیگر جهت یافتن پارامترهای ساختار می‌باشد. روند شبیه‌سازی به این صورت می‌باشد که با انتخاب یک عمق پراکندگی برای یون‌های پس پراکنده در محدوده صفر تا ماکزیمم عمق نفوذ یون‌های فرودی، مسیر حرکت یون را در طی ورود و خروج آن به نمونه دنبال کرده و افت انرژی متناظر با عمق نفوذ یون را محاسبه می‌کنیم. در نهایت طیف انرژی نهایی ذرات رسیده به آشکارساز بدست می‌آید. در این شبیه‌سازی برای جلوگیری از زیاد شدن زمان شبیه‌سازی از فرآیندهای همزمان مانند برهم کنش‌های هسته‌ای و یون پس زده صرف نظر کرده‌ایم و تنها سطح مقطع پراکندگی یون‌های پس پراکنده رادرفوردی را مد نظر داشته‌ایم. سرانجام با توجه به داده‌هایی که از شبیه‌سازی بدست آمدن توانستیم زاویه متناسب با عمق ستون‌ها را تعیین کنیم.

کلمات کلیدی: (۱) آنالیز با باریکه یونی (۲) پراکندگی رادرفوردی (۳) کانال‌زنی (۴) شبیه‌سازی

(۵) ساختار ستونی

فهرست

عنوان	صفحه
فصل ۱ مقدمه‌ای بر آنالیز با باریکه یونی و کدهای محاسباتی	۱
۱-۱- مقدمه	۲
۱-۲- طیف سنجی پس پراکندگی رادرفورد (RBS)	۷
۱-۳- طیف سنجی به روش پس‌زنی کشسان (ERDA)	۹
۱-۴- طیف سنجی به روش گسیل پرتوی ایکس در اثر تابش پروتون (PIXE)	۱۰
۱-۵- طیف سنجی به روش برهم‌کنش هسته‌ای (NRA)	۱۲
۱-۶- کانال زنی	۱۳
۱-۷- پدیده شبه کانالی	۱۸
۱-۸- کدهای محاسباتی	۱۹
۱-۸-۱- تاریخچه کامپیوتری تجزیه و تحلیل داده‌ها در روش باریکه یونی	۲۲
۱-۸-۱-۱- دسته A	۲۳
۱-۸-۱-۲- دسته B	۲۶
۱-۸-۱-۳- دسته C	۲۶
۱-۸-۱-۴- دسته D	۲۸
۱-۸-۱-۵- دسته E	۲۹
۱-۹- پایگاه داده‌های بنیادی	۳۱
۱-۱۰- وضعیت پایه شبیه‌سازی	۳۳
۱-۱۱- اندازه‌گیری اثرات سیستم	۳۵
۱-۱۲- استخراج مشخصات	۳۷
فصل ۲ آنالیز به روش پس پراکندگی رادرفورد	۳۹

۴۰	۱-۲- مقدمه
۴۰	۲-۲- مفاهیم پایه‌ای درباره یون پراکنده شده
۴۱	۱-۲-۲- هندسه پراکندگی
۴۳	۲-۲-۲- توان توقف
۴۴	۱-۲-۲-۲- توان توقف در ترکیبات
۴۴	۳-۲-۲- تعیین جرم در فیلم های نازک
۴۷	۴-۲-۲- هدف ضخیم چند عنصری
۴۸	۵-۲-۲- نمایه عمقی
۵۰	۶-۲- حساسیت
۵۱	۷-۲- توان تفکیک عمق
۵۱	۸-۲- ناهمگونی‌های جانبی
۵۳	۹-۲- سطوح ناهموار(زبر)
۵۴	۱۰-۲- فصل مشترک ناهموار
۵۶	۱۱-۲- لایه‌های ناپیوسته
۵۷	۱۲-۲- تهی جاها و حفره‌ها
۵۹	۱۳-۲- نرم افزارهای مربوط به پس پراکندگی رادرفوردی
۶۰	فصل ۳ شبیه سازی
۶۱	۱-۳- مقدمه
۶۳	۲-۳- بررسی مسئله تخلخل در آنالیز با باریکه یونی
۶۴	۴-۳- سیلیکان و اکسید آلومینیوم متخلخل
۶۷	۵-۳- شبیه‌سازی
۷۰	۶-۳- روند برنامه نویسی
۷۷	۷-۳- ذکر یک مثال

۷۹.....	فصل ۴ نتایج و پیشنهادات
۸۰.....	۴-۱- نتایج بدست آمده.....
۹۹.....	۴-۳- نتیجه گیری.....
۱۰۰.....	۴-۴- پیشنهادات.....
۱۰۱	فهرست مراجع

فهرست شکل‌ها

عنوان	صفحه
شکل ۱-۱- طرحی از روش‌های تجزیه و تحلیلی با باریکه یونی.....	۳
شکل ۱-۲- طرحی از برهمکنش‌های انرژی بالا و پایین را نشان می‌دهد.....	۶
شکل ۱-۳- در اینجا نمایی از پراکندگی رادرفوردی مشاهده می‌شود.....	۸
شکل ۱-۴- نمایی از پراکندگی کشسان مشاهده می‌شود.....	۱۰
شکل ۱-۵- نمایی از گسیل پرتوی ایکس در این تصویر مشاهده می‌شود.....	۱۱
شکل ۱-۶- نمایی از برهم کنش هسته‌ای مشاهده می‌شود.....	۱۲
شکل ۱-۷- کانال زنی در بلوری که صفحات اتمی آن در مقابل باریکه فرودی قرار گرفته است در مقایسه با بلوری که در راستای فرود باریکه قرار نگرفته است دیده می‌شود.....	۱۴
شکل ۱-۸- آزمایش کلی کانال زنی یون، خروج از کانال و پراکندگی مستقیم χS در (a) یک کریستال کامل و (b) یک بلور با وجود نواقص. طیف‌های مربوط به بخش‌های کتره‌ای و هم تراز نیز نشان داده شده‌اند.....	۱۶
شکل ۲-۱- طرح کلی پارامترهای مورد استفاده در روش RBS.....	۴۱
شکل ۲-۲- یک طیف انرژی شبیه‌سازی شده ی RBS که با استفاده از یون‌های ۲ مگا الکترون ولتی He^+ از یک هدف نازک Si که شامل 3×10^{15} اتم در هر سانتی متر مربع می‌باشد، بدست آمده است [۶۵].....	۴۵
شکل ۲-۳- یک طیف انرژی شبیه‌سازی شده ی RBS که با استفاده از یون‌های ۲ مگا الکترون ولتی He^+ از یک هدف شامل تعداد مساوی از اتم‌های سیلیکون و تنگستن به دست آمده است [۶۶].....	۴۶

شکل ۲-۴- طیف RBS حاصل از برخورد یون‌های $He +$ با انرژی ۲ مگا الکترون ولت به یک هدف سرامیکی شیشه ای حاوی ترکیبات مختلف عنصری [۶۷]..... ۴۸

شکل ۲-۵- طیف شبیه‌سازی شده RBS که از یک هدف شامل لایه ضخیم 2000 \AA از W بر روی بستر Si با استفاده از یون‌های ۲ مگا الکترون ولت $He +$ به دست آمده است [۶۸]..... ۴۹

شکل ۲-۶- طیف شبیه‌سازی شده RBS که از (a) یک هدف متشکل از فاز مخلوطی از ستون های Au در داخل ماتریس Si و (b) لایه یکنواخت مخلوط همگنی از ترکیب $Au_{20}Si_{80}$ با استفاده از یون‌های ۲ مگا الکترون ولت $He +$ به دست آمده است [۶۹]..... ۵۲

شکل ۲-۷- پوشش ناهموار نمونه در (a) و نحوه دیدن این ناهمواری توسط باریکه فرودی در (b) و طیف حاصل از تجزیه و تحلیل نمونه در (c) نشان داده شده است. همواره این طیف دارای یک لبه تیز مطابق با سطح بیرونی می‌باشد [۷۰]..... ۵۴

شکل ۲-۸- پاسخ طیف RBS : (a) به فصل مشترک ناهموار (b) لایه و زیر لایه ناهموار در این شکل مشاهده می‌شود [۷۱]..... ۵۵

شکل ۲-۹- پاسخ RBS به حفره هایی که $X\%$ از سطح لایه A را تشکیل می‌دهند بواسطه باریکه یونی که تا حدودی در معرض سطح زیر لایه قرار دارد [۷۲]..... ۵۶

شکل ۲-۱۰- پاسخ RBS به مهره‌های Cu که به شکل لایه‌های ناپیوسته بر روی بخشی از سطح صاف زیر لایه SiO_2 قرار گرفته‌اند [۷۳]..... ۵۷

شکل ۲-۱۱- (a) تاویل یکنواختی که توسط فیلم A پوشش داده شده است هیچ تاثیری بروی نمایه RBS نخواهد داشت. (b). حفره‌ها و تهی جاهایی از این دست که دلالت بر طیف RBS فصل مشترک ناهموار A-B می‌باشد [۷۴]..... ۵۸

شکل ۳-۱- شماتیک کلی RBS..... ۶۲

شکل ۳-۲- در این تصاویر نمونه‌ای از سیلیکان متخلخل در اندازه‌های متفاوت دیده می‌شود. ۶۵

- شکل ۳-۳- ساختار غشای آلومینای نانو ساختار..... ۶۶
- شکل ۳-۴- طرحی از ساختار فرضی بکار رفته در شبیه‌سازی؛ DI فاصله متوسط بین حفره‌ها، D قطر حفره‌ها، L طول کانال و TEC زاویه دید کانال می‌باشد..... ۶۹
- شکل ۳-۵- در این جا مسیر ورودی یون فرودی به درون نمونه برای حالات مختلف نشان داده شده است..... ۶۹
- شکل ۳-۶- در این جا مسیر خروج یون فرودی از نمونه برای حالات متناظر با شکل (۳-۶) نشان داده شده است..... ۷۰
- شکل ۳-۷- در هر گامی که یون درون حجم فشرده طی میکند با توجه به توان توقف مقداری از انرژی خود را از دست می‌دهد..... ۷۱
- شکل ۳-۸- نمایی از صفحه اصلی پایگاه داده بنیادی (Srim(2011 که در آن یون فرودی (He) و هدف (Si) مورد نظر جهت بدست آوردن توان توقف انتخاب می‌شوند..... ۷۲
- شکل ۳-۹- در این تصویر به وضوح فضاهای خالی طی شده درون ستون‌ها در مسیر ورود و خروج دیده می‌شود..... ۷۴
- شکل ۳-۱۰- مقدار نفوذ یک یون در یک مسیر ورود و خروج ($R_{in}=X_1+X_2+X_3$, $R_{out}=X_4+X_5$) نشان داده شده می‌شود..... ۷۵
- شکل ۳-۱۱- نفوذ یون به درون نمونه از ناحیه کانال..... ۷۶
- شکل ۳-۱۲- نفوذ یون درون نمونه از ناحیه بین ستون‌ها..... ۷۶
- شکل ۳-۱۳- طیف RBS مربوط به باریکه + He تحت زاویه پراکندگی ۱۶۵ درجه در برخورد به Si..... ۷۸
- شکل ۴-۱- منحنی‌های مربوط به تعداد ذرات رسیده به آشکارساز برحسب انرژی در زوایای مختلف..... ۸۰

شکل ۴-۲- منحنی‌های مربوط به تعداد ذرات رسیده به آشکارساز برحسب انرژی در زوایای مختلف در برخورد رادرفوردی (He-Si)..... ۸۴

شکل ۴-۳- منحنی تعداد ذرات آشکار شده در کانال انرژی (E=775(Kev), L=۱۰۰۰nm) و (P=۰.۲)..... ۸۶

شکل ۴-۵- منحنی تعداد ذرات آشکار شده در کانال انرژی (E=770(Kev), L=۵۰۰nm) و (P=۰.۲)..... ۸۸

شکل ۴-۶- منحنی تعداد ذرات آشکار شده در بازه‌ای از کانال‌های انرژی، (L=۵۰۰nm) و (P=۰.۲)..... ۸۸

شکل ۴-۷- منحنی تعداد ذرات آشکار شده در کانال انرژی (E=۷۷۰(Kev), L=۱۰۰۰nm) و (P=۰.۵)..... ۸۹

شکل ۴-۸- منحنی تعداد ذرات آشکار شده در بازه‌ای از کانال‌های انرژی، (L=۱۰۰۰nm) و (P=۰.۵)..... ۹۰

شکل ۴-۹- منحنی تعداد ذرات آشکار شده در بازه‌ای از کانال‌های انرژی در زوایای کوچکتر، (L=۱۰۰۰nm و P=۰.۵)..... ۹۲

شکل ۴-۱۰- منحنی تعداد ذرات آشکار شده در بازه‌ای از کانال‌های انرژی، (L=۲۰۰۰nm) و (P=۰.۵)..... ۹۳

شکل ۴-۱۱- منحنی تعداد ذرات آشکار شده در بازه‌ای از کانال‌های انرژی در زوایای کوچکتر، (L=۱۰۰۰nm و P=۰.۵)..... ۹۴

شکل ۴-۱۲- منحنی تعداد ذرات آشکار شده در بازه‌ای از کانال‌های انرژی، (L=۵۰۰nm) و (P=۰.۲) برای نمونه با طول ستون‌های غیر یکنواخت..... ۹۷

فهرست جدول‌ها

عنوان	صفحه
جدول ۱-۱- اطلاعات عمومی درباره برنامه‌های تجزیه و تحلیل کننده.....	۲۱
جدول ۱-۲- وضعیت فعلی برنامه‌های آنالیز کننده.....	۲۵
جدول ۱-۳- جدول مربوط به پایگاه داده‌های بنیادی.....	۳۲
جدول ۱-۴- معرفی ساختارهای ستونی بررسی شده با عمق یکنواخت.....	۸۳
جدول ۲-۴- بازه‌ای از انرژی‌ها و تعداد ذرات برگشتی در برخورد پس پراکندگی رادرفورد He-Si ($L=1000\text{nm}$ و $P=20\%$) نمونه با ستون‌هایی با عمق یکنواخت.....	۸۵
جدول ۳-۴- بازه‌ای از انرژی‌ها و تعداد ذرات برگشتی در برخورد پس پراکندگی رادرفورد He-Si ($L=500\text{nm}$ و $P=20\%$).....	۸۷
جدول ۴-۴- بازه‌ای از انرژی‌ها و تعداد ذرات برگشتی در برخورد پس پراکندگی رادرفورد He-Si ($L=1000\text{nm}$ و $P=50\%$).....	۹۰
جدول ۵-۴- بازه‌ای از انرژی‌ها و تعداد ذرات برگشتی در برخورد پس پراکندگی رادرفورد He-Si در زوایای کوچکتر ($L=1000\text{nm}$ و $P=50\%$).....	۹۱
جدول ۶-۴- بازه‌ای از انرژی‌ها و تعداد ذرات برگشتی در برخورد پس پراکندگی رادرفورد He-Si ($L=2000\text{nm}$ و $P=50\%$).....	۹۳
جدول ۷-۴- بازه‌ای از انرژی‌ها و تعداد ذرات برگشتی در برخورد پس پراکندگی رادرفورد He-Si در زوایای کوچکتر ($L=2000\text{nm}$ و $P=50\%$).....	۹۴
جدول ۸-۴- زوایای مربوط به کمترین تعداد ذرات رسیده به آشکارساز در نمونه‌هایی با تخلخل متفاوت ولی طول ستون‌های یکنواخت.....	۹۵

جدول ۴-۹- محدوده زاویه‌ای دید ستون‌ها برای نمونه‌های متخلخل با عمق‌های غیر

یکنواخت. ۹۶.....

جدول ۴-۱۰- بازه‌ای از انرژی‌ها و تعداد ذرات برگشتی در برخورد پس پراکندگی رادرفورد

۹۷..... (He-Si) $L=50.0\text{nm}$ و $P=20\%$ نمونه با عمق غیر یکنواخت.

جدول ۴-۱۱- نتایج بدست آمده برای نمونه‌هایی با تخلخل متفاوت و عمق‌های غیر یکنواخت.

۹۸.....

فصل ۱

مقدمه‌ای بر آنالیز با باریکه

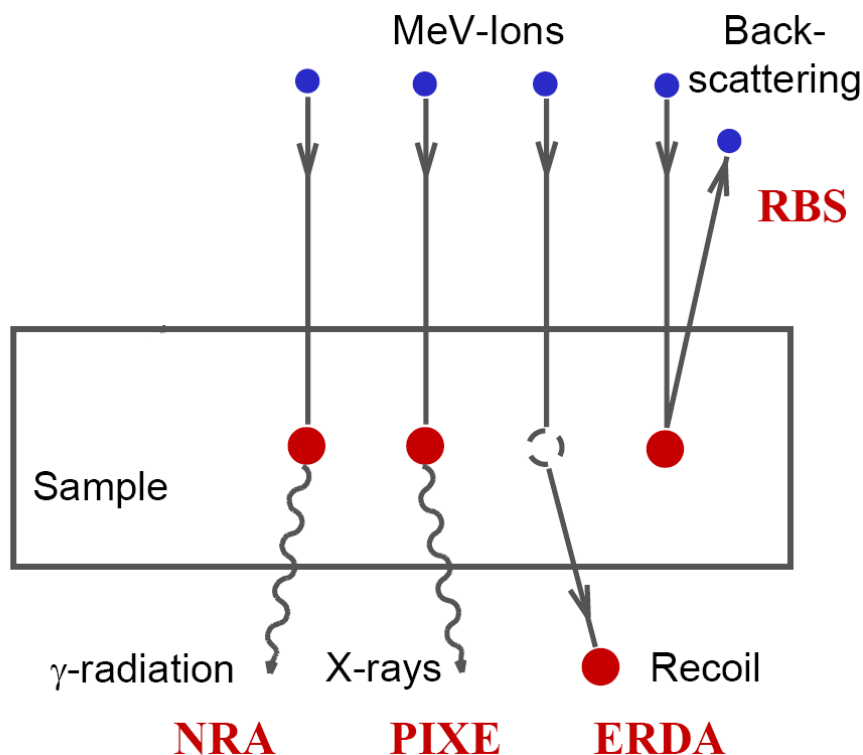
یونی و کدهای محاسباتی

۱-۱- مقدمه

کمتر تحقیقات آزمایشگاهی وجود دارد که وابسته به تعیین مشخصه مواد مورد استفاده در طول آزمایش نباشد. نوع و میزان ترکیبات موجود در یک نمونه، نحوه توزیع عناصر، زبری، ناخالصی، ناراستایی بلوری و یا هر خاصیت دیگر مورد نظر پژوهشگر به عنوان یک مشخصه مورد مطالعه قرار می‌گیرد. برای اندازه‌گیری هر کمیت باید ابزاری را به کار برد که اولاً دقت لازم را داشته باشد و ثانیاً کمترین هزینه زمانی - مالی را در برگیرد [۱].

تجزیه و تحلیل با باریکه یونی چند مگا الکترون ولتی یک روش مشخص کننده پارامترها و خصوصیات در فیلم نازک می‌باشد که ۵۰ سال پیش اختراع شده است و در حال حاضر بدلیل امتیازهای مهم آن نسبت به سایر روش‌های اندازه‌گیری، استفاده‌های فراوانی پیدا کرده است [۲]. هر چند که پرتو مثبت توسط تامسون^۱ در یک قرن پیش از آن کشف شده بود و برهم‌کنش‌های یون با ماده نظیر پراکندگی رادرفورد (۱۹۱۳)، کانال زنی یونی (۱۹۱۱)، تابش پرتو ایکس از یون القایی (پیکسی-۱۹۱۲)، برهم‌کنش‌های هسته‌ای (۱۹۱۹) و تجزیه و تحلیل یون‌های پس زده در چند دهه قبل از آن شناخته شده بودند شکل (۱-۱).

^۱ Thomson



شکل ۱-۱- طرحی از روش‌های تجزیه و تحلیلی با باریکه یونی.

در سال ۱۹۵۰ اولین گزارش تجزیه و تحلیل با باریکه یونی تحت عنوان تجزیه و تحلیل شیمیایی با پراکندگی رادرفوردی انتشار یافت و تا پایان سال ۱۹۷۰ تمامی روش‌های دیگر تجزیه و تحلیل مواد بر پایه باریکه یونی نیز پایه ریزی شدند [۲].

تجزیه و تحلیل مواد با استفاده از باریکه یونی روشی سریع، غیر مخرب، بس عنصری و حساس است که علاوه بر تجزیه و تحلیل عنصری قادر است غلظت و نمایه عمقی توزیع عناصر مختلف در نمونه‌ها را تعیین کند. یکی از اصلی‌ترین کاربردهای تجزیه و تحلیل با اشعه یونی بدست آوردن اطلاعاتی در مورد عدد اتمی، نوع توزیع و آرایش ساختاری اتم‌های حاضر در نمونه می‌باشد که از انتشار محصولات تولید شده از برهم‌کنش‌های اصلی بدست می‌آید.

روش‌های تجزیه و تحلیل با باریکه یونی بسیار متنوع است و برای موارد مختلف به کار می‌روند. این روش‌ها به طور عادی قادر به اندازه‌گیری نمایه چگالی عناصر در لایه‌های نازک در

محدوده نانومتر و میکرومتر می‌باشند. ضخامت لایه‌های نازک با توجه به تنوع وسیع در تکنولوژی مدرن از جمله در نیمه رساناها، حسگرها، آهنرباها، پوشش‌های صنعتی و... دارای اهمیت فراوانی می‌باشند [۲].

با توجه به دو اثر، کاهش انرژی متناسب با عمق و بهره‌ی انرژی متناسب با غلظت ذرات در هر عمق، توزیع عناصر نمونه در عمق را با بررسی طیف انرژی ذرات بدست آمده از واکنش ذرات فرودی با عناصر نمونه می‌توان استخراج کرد [۲]. میزان انرژی از دست رفته ذرات برگشتی شامل اطلاعات مربوط به عمق می‌باشد، بنابراین اندازه‌گیری شکل طیف انرژی ناشی از یون‌های پراکنده شده اطلاعاتی در مورد چگالی نمایه^۱ به ما می‌دهد [۳].

برهم‌کنش‌های یون-اتم به پارامترهای زیادی از جمله سرعت یون، انرژی یون، اندازه یون و اتم، عدد اتمی و جرم یون و اتم و همچنین پارامتر برخورد بستگی دارد [۴].

در حالت کلی می‌توان تجزیه و تحلیل با باریکه یونی را در دو دسته انرژی پایین^۲ و انرژی بالا^۳ قرار داد. با توجه به میزان نفوذ یون پر انرژی در ماده، خواص سطح را بیشتر با یون انرژی پایین بررسی می‌کنند و اطلاعات مربوط به عمق نمونه را با انرژی بالا مورد مطالعه قرار می‌دهند، البته بجز انرژی فرودی پارامترهای دیگر از قبیل نوع یون فرودی و یا اندازه آن نیز مورد توجه می‌باشد که معمولاً برای انرژی بالا در حد چند مگا الکترون ولت، از یون‌های سبک نظیر He^+ و H استفاده می‌شود (شکل ۱-۲) [۱].

به طور تاریخی آزمایش‌های IBA^۴ متمایل به دو بخش می‌باشند: در یک طرف روش‌های هسته‌ای (ERD^۶، NRA^۵، RBS^۷) و در یک طرف دیگر روش‌های اتمی

¹ Profile

² Low energy

³ High energy

⁴ Ion beam analysis

⁵ Elastic Reaction Detection

⁶ Nuclear Reaction Analysis

⁷ Rutherford Backscattering Spectrometry

(PIXE)^۱ قرار دارند[۲]. در ایران نیز در پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای قادر به انجام چنین آزمایش‌هایی می‌باشیم. با استفاده از شتاب دهنده واندوگراف که قادر به تولید پرتوهای پروتون، هلیوم و دوترون با انرژی تا ۳ میلیون الکترون ولت می‌باشد، آزمایش‌های زیر قابل انجام می‌باشند[۵]:

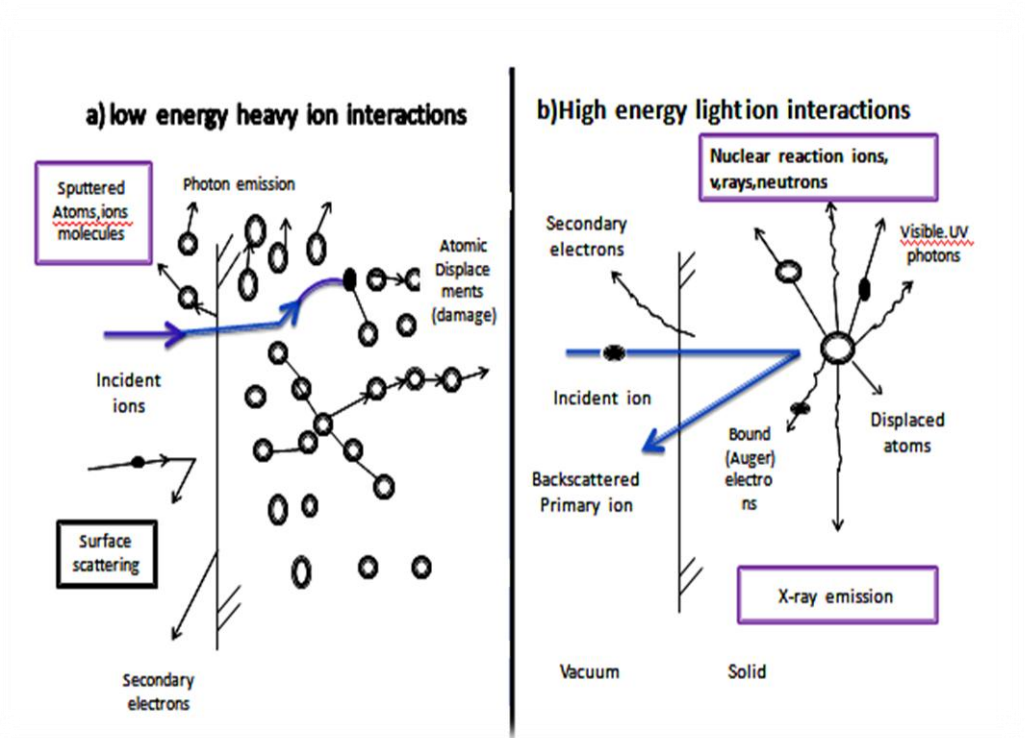
۱. تجزیه و تحلیل به روش پیکسی PIXE.
۲. تجزیه و تحلیل به روش میکروپیکسی Micro beam.
۳. تجزیه و تحلیل به روش پس‌پراکندگی رادرفورد RBS.
۴. تجزیه و تحلیل به روش کانال زنی یونی RBS-C.
۵. تجزیه و تحلیل به روش واکنش‌های هسته‌ای NRA.
۶. تجزیه و تحلیل به روش آشکارسازی ذرات پس زده از برخورد کشسان در زاویه خراشان ERD.
۷. طیف سنجی پرتوی گاما γ -Spectrometry.

می‌توان به برخی از مزایای تجزیه و تحلیل مواد با باریکه یونی به صورت زیر اشاره کرد:

۱. غیر مخرب بودن^۲
۲. سریع بودن زمان تجزیه و تحلیل (کوتاه بودن زمان تجزیه و تحلیل).
۳. بس عنصری (یعنی تجزیه و تحلیل کردن همزمان چندین عنصر).
۴. نمونه‌سازی خاصی برای این تجزیه و تحلیل لازم نیست.
۵. مقادیر بسیار کمی از جرم نمونه کافی است.
۶. امکان تجزیه و تحلیل ناحیه بسیار کوچکی از نمونه مقدور است.

^۱ Poroton Induced X-ray Emission

^۲ Undestructive



شکل ۱-۲- طرحی از برهم کنش های انرژی بالا و پایین را نشان می دهد.

برخی از کاربردهای تجزیه و تحلیل با باریکه یونی عبارتند از [۶]:

۱. استفاده در میکروالکترونیک.
۲. کاربرد در میراث فرهنگی (یا همان باستان شناسی).
۳. کاربردهایی در پزشکی قانونی و جرم شناسی.
۴. بررسی ساختار مواد.
۵. کاربردهای زیستی (تجزیه و تحلیل عنصری و مولکولی سلول ها و بیو مواد).
۶. هشدار دهنده های محیطی [۲].