

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری STES



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی



مقاله نویسی علوم انسانی



اصول تنظیم قراردادها



آموزش مهارت های کاربردی در تدوین و چاپ مقاله

شبیه سازی روش اندازه گیری ضخامت لایه نشانی طلا بر روی سطح نیکل با استفاده از پس

پراکندگی پرتو الکترونی توسط کد MCNP

شیرانی، بابک؛ محمدیان کهل، مجتبی

گروه مهندسی هسته‌ای، دانشکده علوم و فناوری های نوین، دانشگاه اصفهان، خیابان هزار جریب، اصفهان

چکیده

یکی از روش های اندازه گیری ضخامت لایه های نازک، استفاده از پس پراکندگی پرتو بتا است. این روش به دلیل سرعت اندازه گیری بالا و دقت قابل قبول، مورد توجه قرار گرفته است. در این تحقیق یک سیستم جهت اندازه گیری ضخامت لایه طلا بر روی دیسکی از جنس نیکل، توسط نرم افزار MCNP طراحی شد. با توجه به اینکه ترابرد الکترون ها در کدهای مونت کارلو به دلیل تعداد زیاد اندرکنش های الکترون و تغییر مسیرهای فراوان در حین ترابرد درون ماده، با خطای زیادی همراه است، در نسخه های جدیدتر کد MCNP امکانی برای کاهش این خطا قرار داده شده است. در این تحقیق، روشی برای کاهش خطای حاصل از محاسبه توسط تقسیم گام ها به زیر گام ها ارائه شده و در نهایت محدوده ضخامت قابل اندازه گیری با این سیستم مشخص شد. نتایج شبیه سازی نشان می دهند که اندازه گیری ضخامت طلا در محدوده ۰/۲-۸ میکرومتر با دقت اندازه گیری بالای ۹۸ درصد با استفاده از این روش امکان پذیر است.

Simulation of the beta scattering-based method for measurement of the gold thickness coated on the nickel substrate using MCNP code

Shirani, Babak; Mohammadian-Kohol, Mojtaba

Department of Nuclear Engineering, Faculty of advanced Sciences and Technologies, University of Isfahan, Hezar jarib street, Isfahan

Abstract

Beta backscattering method is one of the commonest methods for measurement of thin layers' thickness. This method has been taken into consideration due to its high speed of measurement and acceptable accuracy. In this research, a system for measuring the thickness of the gold layer on the disk of nickel was developed by the MCNP software. as we know, the transport of electrons in Monte Carlo codes results to large errors due to the large number of electron interactions and changing in direction through the material; however; newer versions of MCNP code make it possible to reduce this error. In this paper, a method was developed to reduce the calculation error by dividing the steps to sub-steps, and the measureable range of thickness was determined. Simulation results prove the feasibility of the measurement of gold thickness in the range of 0.2-8 micrometer with an accuracy of more than 98%.

PACS No. 28,29,89

ضخامت ماده است و با افزایش ضخامت تا جایی که ضخامت ماده به ضخامت اشباع می رسد می توان از این روش استفاده کرد. وابسته بودن پراکندگی پرتو بتا به عدد اتمی و ضخامت پوشش، اندازه گیری ضخامت مواد تشکیل شده از لایه های گوناگون را

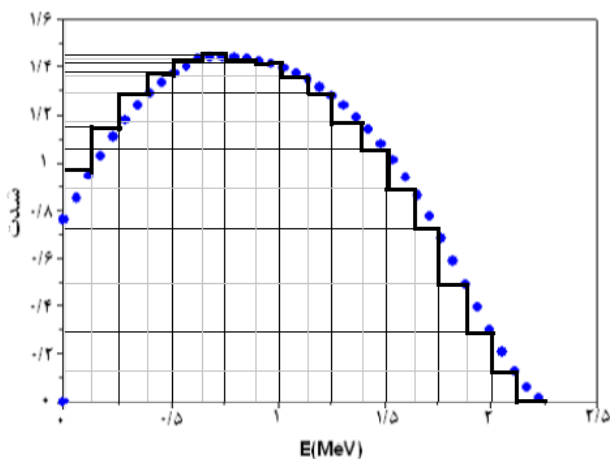
مقدمه

روش بازتابش پرتو بتا توسط ایزوتوپها، برای اندازه گیری ضخامت لایه های نازک کاربرد دارد. در این روش هنگام پس پراکندگی پرتو بتا، شدت ذرات پس پراکنده شده متناسب با

آشکارساز در نظر گرفته شد. در کد MCNP، تالی F1 جریان عبوری از سطح را نشان می دهد. برای سادگی محاسبات، حجم درون آشکارساز خلا در نظر گرفته شد و بنابراین هر ذره بتا که وارد سلول آشکارساز می شود، از سطح خارج می شود. در این صورت در محاسبه تالی F1 هر ذره دو بار شمارش می شود. به همین دلیل برای تعیین تعداد ذرات بتای وارد شده به آشکارساز، باید مقدار تالی F1 بر ۲ تقسیم شود.

همچنین در این هندسه از یک حفاظ از جنس پلی اتیلن به منظور جلوگیری از ورود مستقیم پرتوهای بتای چشمه به داخل آشکارساز استفاده شده است.

در این بررسی از چشمه بتازای استرانسیوم ^{90}Sr (۹۰) استفاده شد. این ایزوتوپ دارای نیمه عمر ۲۸/۱ سال و از قوی ترین و پویاترین گسیلنده های تابش بتا است. هسته های ایزوتوپ ^{90}Sr در هنگام واپاشی بتا به دختر هسته ^{90}Y تبدیل می شوند و همین طور این دختر هسته، بتا زا است که در مجموع طیف انرژی چشمه ترکیبی $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ به صورت شکل ۲ است. اطلاعات این طیف، از نرم افزار JANIS استخراج شده اند [۲].



شکل ۲: طیف انرژی بناهای گسیل شده در واپاشی $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$

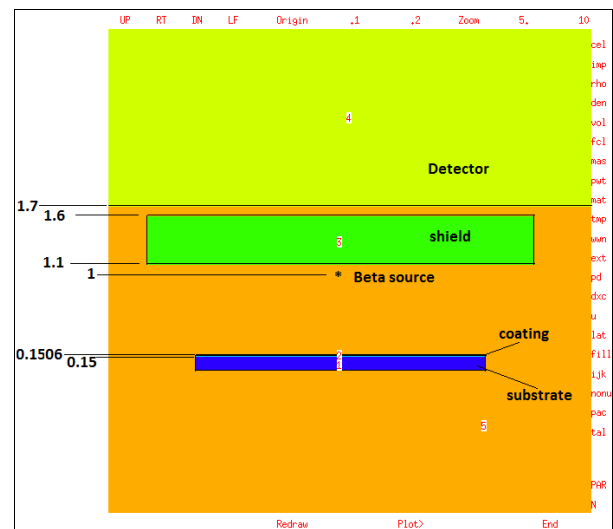
برای وارد کردن طیف انرژی این چشمه در نرم افزار MCNP، طیف شکل ۲ به ۱۸ بازه تقسیم بندی شد. این ۱۸ بازه در جدول ۱ نشان داده شده اند.

در مورد الکترون و ذرات باردار، بدلیل اینکه نیروی غالب نیروی کولنی با برد بلند می باشد انتقال انرژی کمی در هر برخورد داریم؛

امکان پذیر می سازد. شدت پرتو بازتاب شده از یک سطح با افزایش ضخامت سطح افزایش یافته تا اینکه با افزایش ضخامت مقدار بازتاب ثابت خواهد بود و تغییر نخواهد کرد و اگر بر روی همین سطح لایه نازکی از ماده با عدد اتمی دو تا چهار برابر بر روی سطح اولیه نشانده شود مقدار بازتاب پرتو دوباره به طور پیوسته با افزایش لایه نازک افزایش خواهد یافت. برای ضخامت های نازک از چشمه های پرتو بتای نرم کم انرژی استفاده می شود. پر کاربردترین چشمه ها در این زمینه شامل ایزوتوپ های ^{14}C , ^{90}Sr , ^{204}Tl , ^{147}Pm می باشد. روش اندازه گیری ضخامت لایه نازک در مقایسه با سایر روش ها سرعت بالایی دارد و تقریباً به طور آبی انجام می شود. از طرف دیگر این روش محدودیت هایی از جنبه عدد اتمی ماده مورد اندازه گیری دارد. [۱].

روش محاسبات

در این تحقیق، محاسبات برای اندازه گیری ضخامت پوشش نازکی از طلا که بر روی سطحی به شکل دیسک از جنس نیکل به شعاع ۱/۵ سانتی متر و ضخامت ۱/۵ میلی متر نشانده شده، انجام شده است. توسط نرم افزار MCNP هندسه سیستم به صورت شکل ۱ در نظر گرفته شد. آشکارساز مورد استفاده برای ذرات بتا، گایگر-مولر دیواره نازک است.



شکل ۱: هندسه طراحی شده برای سیستم

با توجه به اینکه بازدهی آشکارسازی ذرات بتا توسط این آشکارساز تقریباً برابر صد در صد است، در این محاسبات، شمارش ذرات بتا برابر با تعداد ذرات بتای رسیده به سطح

مناسب m از جدول استاندارد با کد ۸۵ در فایل خروجی MCNP استفاده می شود. مقدار پارامتر Drange که برابر با اندازه یک گام انرژی است، با واحد gr/cm^2 نمایش داده می شود. با تقسیم Drange بر m ، اندازه یک زیر گام با همان واحد به دست می آید و اگر بر چگالی تقسیم شود، طول زیر گام با واحد سانتی متر بدست می آید که این مقدار با کوچکترین ابعاد ماده بایستی قابل مقایسه باشد و همچنین بر اساس یک قانون تجربی الکترون حداقل بایستی تعداد ۱۰ زیر گام را در ماده طی کند.

نتایج

در شبیه سازی چشمه الکترونی توسط کد MCNP، مقدار پیش فرض Estep برای ماده طلا برابر با ۱۳ است و مقدار DRANGE هم برابر با $10^{-2} \times 1/216$ است که در جدول شماره ۸۵ نمایش داده شده است. بنابراین هر زیر گام برابر با $4/8$ میکرومتر بدست می آید.

در این محاسبات برای کاهش خطا مقدار Estep از مقدار پیش فرض یعنی ۱۳ تا ۷۸۰ افزایش داده شد. نتایج محاسبات در جدول ۲ و شکل ۳ نشان داده شده اند.

جدول ۲: نتایج حاصل از شبیه سازی توسط کد MCNP

| ضخامت لایه (میکرو متر) | شمارش (F ₁ /2) | خطای آماری MCNP | Estep | NPS |
|---------------------------|------------------------------|--------------------|-------|--------|
| ۲۵ | 4.18222E-03 | ۰/۰۱۶۳ | ۱۳ | 9.E+05 |
| ۲۰ | 4.18222E-03 | ۰/۰۱۶۳ | ۱۳ | 9.E+05 |
| ۱۸ | 4.17445E-03 | ۰/۰۱۶۳ | ۱۳ | 9.E+05 |
| ۱۰ | 4.17222E-03 | ۰/۰۱۶۳ | ۱۳ | 9.E+05 |
| ۸ | 4.14889E-03 | ۰/۰۱۶۳ | ۱۳ | 9.E+05 |
| ۶ | 4.01889E-03 | ۰/۰۱۶۶ | ۱۳ | 9.E+05 |
| ۴ | 3.98222E-03 | ۰/۰۱۶۷ | ۲۰ | 9.E+05 |
| ۲ | 3.82778E-03 | ۰/۰۱۷ | ۱۵۶ | 9.E+05 |
| ۰/۸ | 3.63667E-03 | ۰/۰۱۷۵ | ۷۸۰ | 9.E+05 |
| ۰/۶ | 3.46889E-03 | ۰/۰۱۷۹ | ۷۸۰ | 9.E+05 |
| ۰/۴ | 3.35111E-03 | ۰/۰۱۸۲ | ۷۸۰ | 9.E+05 |
| ۰/۲ | 3.15778E-03 | ۰/۰۱۸۷ | ۷۸۰ | 9.E+05 |
| ۰/۰۸ | 3.26778E-03 | ۰/۰۱۸۴ | ۷۸۰ | 9.E+05 |

این محاسبات برای ضخامت های ۰/۲ تا ۲۰ میکرومتر طلا انجام شده اند. نتایج نشان می دهند که با انتخاب صحیح مقدار ESTEP

پس با تعداد بسیار زیادی اندرکنش در مقایسه با نوترون و فوتون مواجه خواهیم بود.

جدول ۱: بازه های انرژی در نظر گرفته شده در طیف $^{90}Sr/^{90}Y$ و شدت نسبی گسیل الکترون در هر بازه

| شدت نسبی | بازه انرژی | شدت نسبی | بازه انرژی | شدت نسبی | بازه انرژی |
|----------|------------|----------|------------|----------|-------------|
| ۱/۰۷ | ۱/۳۸-۱/۵ | ۱/۴۵ | ۰/۶۳-۰/۷۵ | ۰ | ۰-۰/۰۰۹۲ |
| ۰/۹ | ۱/۵-۱/۶۳ | ۱/۴۲ | ۰/۷۵-۰/۸۷۵ | ۰/۹۸ | ۰/۰۰۹۲-۰/۱۳ |
| ۰/۷۳ | ۱/۶۳-۱/۸ | ۱/۴۱ | ۰/۸۷۵-۱ | ۱/۱۶ | ۰/۱۳-۰/۲۵ |
| ۰/۵ | ۱/۸-۱/۸۷۵ | ۱/۴ | ۱-۱/۱۳ | ۱/۲۹ | ۰/۲۵-۰/۳۸ |
| ۰/۲۹ | ۱/۸۷۵-۲ | ۱/۲۹ | ۱/۱۳-۱/۳ | ۱/۳۸ | ۰/۳۸-۰/۵ |
| ۰/۱۳ | ۲-۲/۱۲۵ | ۱/۲ | ۱/۳-۱/۳۸ | ۱/۴۲ | ۰/۵-۰/۶۳ |

به همین دلیل، ترابرد الکترون و ذرات باردار تفاوت زیادی با ترابرد نوترون و فوتون دارند. ذرات خنثی، بین دو برخورد متوالی، یک مسیر آزاد را طی می کنند و بدین ترتیب تعداد کمی برخورد با هسته اتم هدف دارند. این تفاوت باعث غیر ممکن شدن شبیه سازی ترابرد الکترون با روش های مونت کارلوی معمولی می شود و در محاسبات دچار خطا می شویم [۳].

روش کاهش خطا

در روش مورد استفاده، اثر تعداد زیادی برخورد را در یک گام لحاظ می کنیم. بدین ترتیب که مسیر الکترون به تعداد زیادی گام کوچکتر تقسیم می شود. در این روش بایستی طول گام ها به اندازه کافی بلند باشد تا تعداد زیادی برخورد را شامل شود و همچنین بایستی به اندازه کافی کوتاه باشد که میانگین افت انرژی در هر گام، کوچک شود.

برای اعمال روش مذکور در نرم افزار MCNP گام های مکانی حرکت الکترون توسط گام های تغییر انرژی، تعیین می شوند. هر گام اصلی به تعدادی زیر گام^۱ تقسیم می شود.

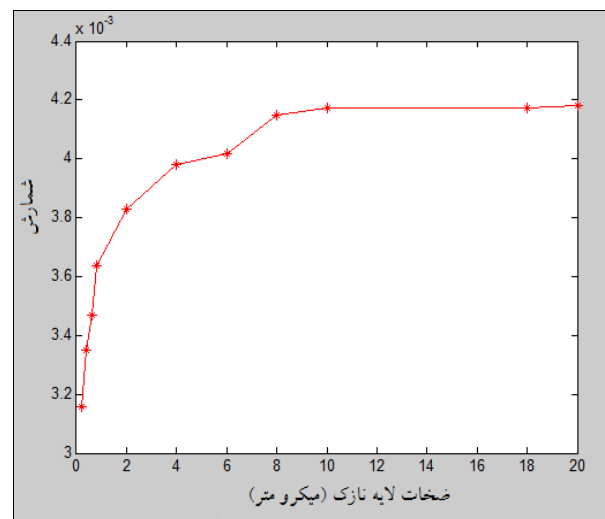
در بعضی مسائل به دلیل کوچکی هندسه، تعداد کافی زیر گام برای رسیدن به دقت محاسبه کافی را نمی توان جای داد. در چنین مواقعی لازم است که تعداد زیر گام ها افزایش یابند. در نرم افزار MCNP به کمک کارت Estep برای الکترون می توان مقدار پارامتر m یعنی زیر گام ها را افزایش داد. برای انتخاب مقدار

^۱ Sub step

مرجع‌ها

- [۱] G. Foldiak, *Industrial Application of Radioisotopes*. Budapest. Hungary: Institute of Isotopes of the Hungarian, Academy of Sciences, (1986) pp. 126-129.
- [۲] www.oecd-nea.org/janis
- [۳] <https://mcnp.lanl.gov>

می‌توان ضخامت‌های بسیار نازک را نیز با دقت مناسبی شبیه سازی نمود.



شکل ۳: نمودار شمارش بر حسب ضخامت لایه طلا

در ضخامت‌های بیشتر از ۱۰ میکرومتر، شمارش ذرات بتا تغییرات قابل توجهی ندارند و تقریباً به حالت اشباع رسیده است. از طرف دیگر همانطور که مشاهده می‌شود، در ضخامت ۰/۰۸ میکرومتر، شمارش افزایش می‌یابد که این روند، وجود خطا در شبیه سازی را نشان می‌دهد. بنابراین حتی با انتخاب مقدار بسیار بزرگ ۷۸۰ برای ESTEP نتایج شبیه سازی برای ضخامت‌های کمتر از ۰/۲ میکرومتر قابل قبول نیستند.

نتیجه گیری

برای اندازه گیری ضخامت لایه نازک طلا بر روی سطح نیکل، روش اندازه گیری پس پراکندگی پرتو بتا توسط طلا در کد MCNP پیاده سازی شد.

سیستم شبیه سازی شده برای محدوده ضخامت ۰/۲ تا ۸ میکرومتر قابل استفاده است. با توجه به نتایج شمارش‌های بدست آمده در جدول ۲، با بکار بردن یک چشمه بتای ⁹⁰SR با اکتیویته ۲/mCi می‌توان در این محدوده، اندازه گیری را با دقت بالای ۹۸ درصد انجام داد. زمان اندازه گیری ضخامت در این روش برای رسیدن به دقت مذکور، کمتر از یک ثانیه است. در صورتی که از یک چشمه ضعیف‌تر استفاده شود، به همان نسبت، زمان اندازه گیری افزایش خواهد یافت.

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری STES



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی



مقاله نویسی علوم انسانی



اصول تنظیم قراردادها



آموزش مهارت های کاربردی در تدوین و چاپ مقاله