Archive of SID

بررسی وابستگی بازده کندوپاش به زوایای متفاوت برخورد یون‌های آرگون به یک لایه کربنی

کاظمی‌نژاد، مینا ؛ قلمبردزفولی، عبدالمحمد ؛ کاظمی‌نژاد، ایرج

گروه فیزیک، دانشگاه شهید چمران، اهواز

چکیده

در این پژوهش، یک هدف کربنی، تحت تابش پرتو یون آرگون در زاویه‌های متفاوت، قرار گرفته است. بازده کندوپاش سطح، توزیع و عمق نفوذ باریکه‌ی آرگون در هدف موردنظر تعیین و مورد بررسی قرار گرفته است. نرم‌افزار *SRIM- TRIM 2008* برای محاسبه‌ی پارامترهای توزیع و مدل سازی نفوذ یون‌ها در هدف استفاده شده‌است. نتایج نشان می دهد با افزودن زاویه اندرکنش پرتو، از میزان عمق نفوذ کاسته می‌شود و هم‌چنین یون‌های آرگون توزیعی سطحی خواهند داشت؛ علاوه بر این، نتایج نشان‌گر افزایش بازده کندوپاش با افزایش زاویه‌ی برخورد می‌باشد.

Investigation of sputtering efficiency of incident Argon ions to Carbon layer at different beam angles

Kazeminezhad, Mina; Ghalambor Dezfooli, Abdol Mohammad; Kazeminezhad, Iraj

Department of Physics, Shahid Chamran University, Ahvaz

Abstract

In this research, a carbon target has been incident by Argon ion beams under various angles. Surface sputtering efficiency, distribution, and penetration depth of argon beam have been determined and studied. SRIM-TRIM 2008 software has been used for calculating the distribution parameters and modeling of the ions penetration. The results show that by increasing the angle of incident beam, the penetration depth decreases and Argon ions have the surface distribution. In addition, the results show that the sputtering efficiency increases when the incident angle increases.

PACS No: 68.47.-b

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

پیشرفت تکنیک‌های مبنی بر پرتو یونی برای تعدیل و آنالیز سطح جامدات در دهه‌های گذشته تنها، امکان درک فرآیندهای بنیادی که در طول تابش رخ می‌دهند را میسر ساخته بود. در نتیجه‌ی پیچیدگی و هم‌زمانی این فرآیندها، شبیه‌سازی‌های کامپیوتری نقش عظیمی را در این توسعه بازی کرده‌اند. از همان ابتدا مدل‌سازی اندرکنش‌های یون- اتم و اتم- اتم از کارهای مهیج فیزیک آنالیز عددی بود که نیازمند کامپیوترهای پرتوان بودند [۱].

طیف‌سنجی جرمی یون ثانویه (SIMS) یک روش برای ارزیابی نمایه آلاینده و ردّ آلودگی سطوح، فیلم‌های نازک، فیلم‌های ضخیم، ساختارهای چند لایه‌ای و فصل مشترک‌ها می‌باشد [۲] که در آن از یون‌های اولیه باردار استفاده کرده و آن‌ها را روی نمونه متمرکز می‌کنند تا اتم‌ها و مولکول‌هایی که حاوی خصوصیات بالاترین لایه‌های اتمی ماده هستند را از سطح جدا نموده و به خلأ انتقال دهند. برای این منظور از پدیده کندوپاش استفاده می‌شود [۳].

نمونه مورد تحقیق، در اتاقک خلاء با باریکه‌ای از یون‌های اولیه‌ی با انرژی‌های چند کیلوالکترون‌ولت، در زاویه‌های برخورد مختلف، معمولاً در محدوده خط عمود بر سطح تا ۶۰ درجه نسبت به این خط، بمباران می‌شود [۲]. در نتیجه‌ی اصابت یون، ذرات هدف به بیرون کندوپاش شده و عموماً کسر کوچکی از آن‌ها یونیزه می‌گردند. این یون‌ها می‌توانند از فضای هدف، استخراج و به درون آنالیزور جرمی، جایی‌که آن‌ها طبق نسبت جرم به بارشان جدا می‌گردند، فرستاده شوند و بنابراین ترکیب سطح، آنالیز عمق و تصویری را به دست می‌دهد که سه بعد آنالیز ترکیب عنصری را در بر می‌گیرد [۴].

میزان بازده در فرآیند کندوپاش به صورت زیر به انرژی ذرات فرودی E، انرژی بستگی ماده هدف E_B و زاویه‌ی برخورد از خط عمود بر سطح (۰ تا ۸۹.۹ درجه) وابسته است:

$$S(E,\theta) = C\,\frac{E}{E_B}\,\alpha(M_1,M_2)\,\frac{1}{\cos\theta} \qquad (۱)$$

که C مقداری ثابت و α فاکتور تصحیح $0 < \alpha < 1$ وابسته به جرم‌ها می‌باشد [۵].

روش مطالعه

در این مقاله، اثر زاویه برخورد یون آرگون با انرژی ثابت به هدف کربنی بر بازده کندوپاش، عمق نفوذ و توزیع باریکه با استفاده از کد محاسباتی SRIM_TRIM 2008 [۶] مطالعه و بررسی خواهد شد. اساس این نرم افزار شبیه سازی‌های مونت کارلو MC، طبق تقریب برخورد دوتایی BCA می‌باشد [۷]. مدل BCA، تقریب برخوردهای اتمی در جامدات به‌وسیله‌ی یک سری اندرکنش دوتایی است تا اندرکنش‌های میان ذرات فرودی و اجزاء سازنده‌ی جسم را به‌طور کامل شبیه‌سازی نماید. اولین شبیه‌سازی کامپیوتری در رابطه با پرتودهی به جامدات به قبل از ۱۹۵۷ با نشریه‌ای از Alder و Wainwright برمی‌گردد که روی حرکت اتم در یک کریستال کوچک انجام گرفت و Vineyard و همکارانش آسیب ناشی از پرتودهی را مدل‌سازی نمودند [۱].

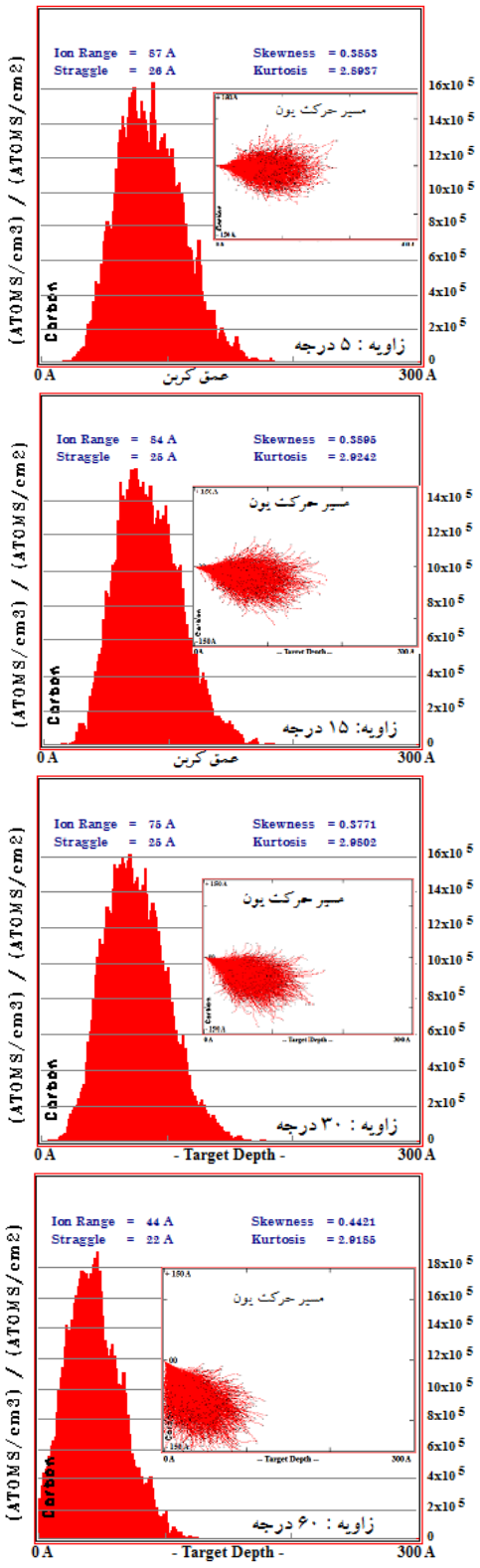
شبیه سازی

توزیع معینی از انرژی، مکان و تعداد اتم‌های آرگون را در نظر گرفته و کربن، تحت تابش با زاویه‌های متفاوت از خط عمود بر سطح قرار می‌گیرد. طی این فرآیند اتم‌های سطحی کربن با توجه به انرژی بستگی سطح، کنده شده و به درون خلأ منتقل می‌گردند. در این پژوهش، اطلاعات به‌دست آمده از برخورد تعداد ۳۰۰۰ یون آرگون با انرژی معین E=6keV و زاویه‌های متغییر $0^\circ \le \theta \le 80^\circ$، از جمله عمق نفوذ، توزیع آرگون و بازده کندوپاش مورد بررسی و مقایسه قرار می‌گیرند.

توزیع یون‌های آرگون در هدف کربنی برای چهار زاویه‌ی ۵، ۱۵، ۳۰ و ۶۰ درجه به‌صورت شماتیک در شکل (۱) آورده شده است.

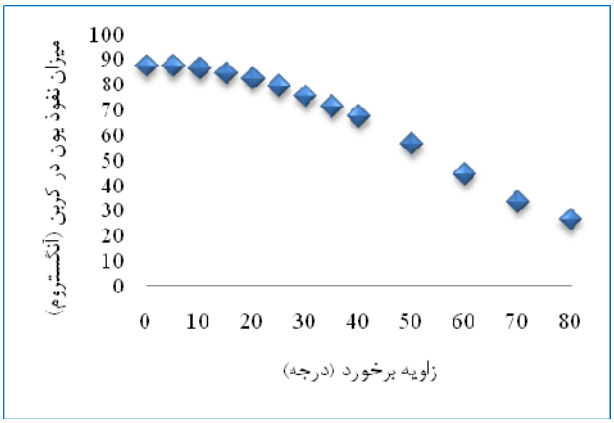
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱. نمودار توزیع یون آرگون در لایه کربن بر حسب چهار زاویه‌ی ۵، ۱۵، ۳۰ و ۶۰ درجه

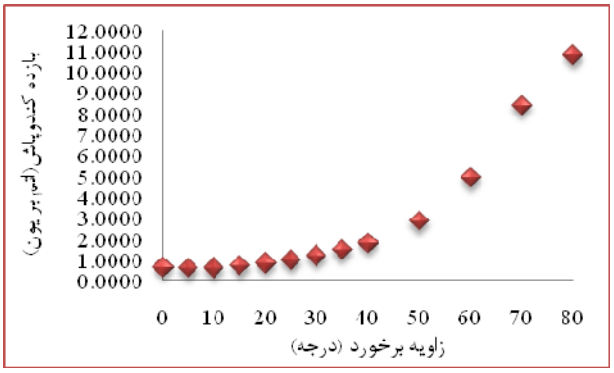
میزان نفوذ یون آرگون در لایه کربنی بر حسب زاویه تابش با استفاده از محاسبات نرم افزار SRIM_TRIM در نمودار (۱) رسم



گردیده است.

شکل ۲. نمودار میزان نفوذ باریکه یون آرگون در هدف کربنی بر حسب زاویه برخورد

در نمودار (۲)، داده‌های بازده کندوپاش بر حسب زاویه که از نرم افزار TRIM به‌دست آمده، رسم شده است.



شکل ۳. نمودار تغییرات بازده کندوپاش سطح کربن بر حسب زاویه برخورد یون آرگون

نتیجه‌گیری

در شکل (۱) منحنی‌های توزیع یون آرگون بر حسب عمق کربن در زاویه‌های مختلف، بیانگر سطحی شدن توزیع با افزایش زاویه برخورد می‌باشد و نمودار شکل (۲) نیز کاهش میزان نفوذ یون‌ها در عمق لایه کربن با افزایش زاویه را بیان می‌کند. همان‌طور که در نمودار شکل (۳) ملاحظه می‌شود، بازده کندوپاش با افزایش

www.SID.ir

Archive of SID

زاویه از خط عمود بر سطح، سیری صعودی داشته و اتم‌های بیشتری از سطح هدف کنده شده و به خلأ انتقال می‌یابند؛ از طرفی نرخ کندوپاش در سطح تا میزان کمتر از یک، آسیب کمتری به سطح وارد می‌کند. بنابراین با توجه به نتایج حاصل از این نمودارها، استفاده از زاویه‌های کمتر از ۳۰ درجه، برای مقاصدی از جمله، طیف‌سنجی جرمی یون ثانویه مطلوب می‌باشد.

مراجع

[۱] V. Ignatova, D. Karpuzov, I. Chakarov, and I. Katardjiev, "*Computer simulations of surface analysis using ion beam*" ; Progress in Surface Science **81**, (2006) 247-335.

[۲] http://www.semitracks.com/ index.php/ en/ reference-material/ failure-and-yield-analysis/ materials-characterization/ sims.

[۳] سوالونی، هادی ؛ «مبانی علم سطح در نانو فناوری»؛ موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران، چاپ اول، پاییز ۱۳۸۳، صفحه ۲۱۷ تا ۲۲۵.

[٤] R. Stuck and P. Siffert, "*Secondary Ion Mass Spectrometry (S.I.M.S.)* ", Progress in Crystal Growth and Characterization.Vol **8**. Issues 1-2.pp.11-57. 1984.

[٥] W. Moller, "*Fundamentals of Ion-Surface Interaction* ", Forschungs Zentrum Rossendorf and Technical University of Dresden, (2004) 1-77.

[٦] http://www.srim.org.

[٧] Sidney Yip; "*Handbook of materials modeling";* Springer, Dordrecht, Berlin, Heidelberg, New York, (2005).

www.SID.ir