بررسی تغییرات سطحی فلز تنگستن در اثر تابش یون های پر انرژی تولیدی در دستگاه پلاسمای کانونی سهند

عباسی شنبه بازاری، محمدصادق [۱]– محمدی، محمد علی *[۱و۲] – سبحانیان، صمد[۲]

دانشگاه تبریز، پژوهشکده فیزیک کاربردی و ستاره شناسی، گروه مهندسی پلاسما

دانشگاه تبریز، دانشکده فیزیک، گروه فیزیک اتمی و مولکولی

چکیده:

در این مقاله با استفاده از یون های پرانرژی تولیدی در دستگاه پلاسمای کانونی سهند سطح تنگستن بمباران شده است. تصاویر بدست آمده از میکروسکوپ الکترونی روبشی گسیل میدانی نشان می دهند که سطح تنگستن با وجود سختی بالا دستخوش تغییرات شده که موجب تشکیل ترک ها و همچنین جوش سطحی گردیده است.

کلمات کلیدی: *تنگستن، پلاسمای کانونی، یون*

مقدمه :

تابش یونی سبب ایجاد تغییراتی در سطح و در عمق مواد تحت تابش قرار گرفته شده می گردد. بطور کلی اندرکنش یون با سطح و عمق را می توان در دو پدیده عمده خلاصه کرد که این دو خود کاربردهای زیادی را شامل می شود:کندوپاش سطحی و کاشت یونی. کندوپاش از سطح موجب تخریب سطحی و جدا شدن یون ها و اتم های ماده هدف خواهد شد. کاشت یونی موجب بهم خوردن ساختار بلوری ماده هدف و ایجاد تغییرات اساسی در ساختار بلوری مواد می شود. از این پدیده در صنایع الکترونیک و نیمه هادی ها، ایجاد تغییرات سطحی در فلزات و بهینه کردن سطح، پدیده تمیز کاری سطحی و اچینگ (Etching and ashing) که در لیتوگرافی پرکاربرد است استفاده می شود. تابش یونی بر اساس میزان انرژی یون های تابشی و شار یونی میتواند سطح وعمق مواد را تحت تاثیر قرار دهد. انتقال تکانه و نیز انتقال حرارت از طرف یون ها به سطح موجب ایجاد نقاطی مذاب و از طرفی سرد شدن ناگهانی آن ها موجب ایجاد ناهمواری ها و ترک ها و حباب هایی بر روی سطح می گردد[۱].

در دستگاه پلاسمای کانونی، پلاسمای پالسی با دمای بالای 1-2keV و چگال 10^{25}-$10^{26}cm^{-3}$ با طول عمر کوتاه (در حدود چند ده نانو ثانیه) تشکیل می شود. در ابتدا، از دستگاه پلاسمای کانونی بعنوان دستگاه همجوشی هسته ای جهت تولید نوترون های سریع و پرانرژی (۲,۴۵مگا الکترون ولت) در صورت استفاده از گاز کاری دوتریوم استفاده می شد[۲ و۳]. این دستگاه همچنین بعنوان چشمه الکترون های نسبیتی و پرتوهای ایکس سخت و نرم در لیتوگرافی، رادیولوژی و ... مورد استفاده قرار می گیرد. پلاسمای ایجاد شده در این دستگاه به دلیل برخی از ناپایداری ها از جمله ناپایداری سوسیسی از بین می رود و در ستون پلاسما

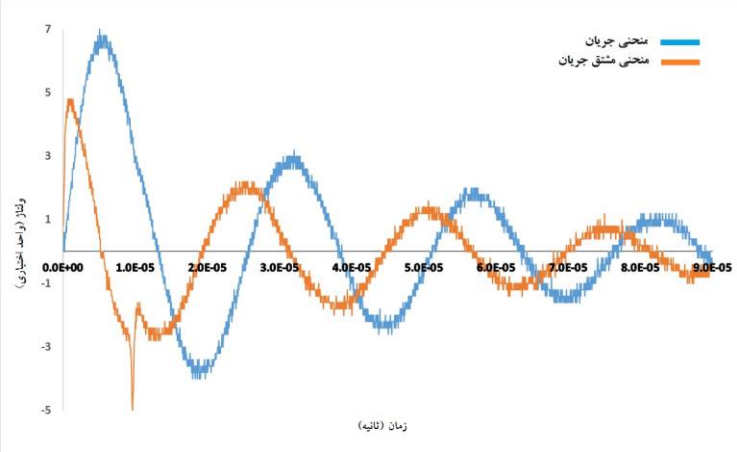
به دلیل تغییرات شدید اندوکتانس، میدان الکتریکی قوی ایجاد می شود. این میدان الکتریکی باعث شتاب گرفتن الکترونها در جهت آند و یونها در جهت کاتد می شود[۲].

روش کار :

در این مقاله از دستگاه پلاسمای کانونی سهند از نوع فیلیپوف با ماکزیمم انرژی ۹۰ کیلوژول با ولتاژ کاری ۲۵ کیلوولت استفاده شده است. ماکزیمم جریان در حدود ۱ مگاآمپر می باشد. نمونه تنگستن را بوسیله سمباده های سیلیکون کربید پولیش می زنیم و برای پرداخت نهایی، با استفاده از حمام فراصوتی و به کمک محلول های شمیایی(الکل،استون وآب مقطر) تمیز می کنیم. فاصله ی نمونه از سطح آند ۲۵ cm در نظر گرفته شده است. در این کار از ولتاژ ۱۳ کیلوولت وفشار ۰,۵تور گاز کاری متان استفاده شده است. همچنین برای مطالعه تغییرات سطحی در نمونه ها توسط یون های پرانرژی متان از شاتهای مختلف استفاده شده است. از پیچه ی روگوفسکی برای دانستن اینکه پلاسما تشکیل شده است استفاده می کنیم. برای مطالعه نمونه ها از میکروسکوپ الکترونی روبشی گسیل میدانیTescanچک مدل MIRA3 FEG-SEM استفاده شده است.

نتایج :

در شکل (۱) نمونه ای از سیگنال جریان و مشتق جریان نشان داده شده است. پیک منفی سیگنال مشتق جریان بیانگر اینست که پلاسما تشکیل یافته است واین پیک منفی بعلت تغییرات سریع اندوکتانس پلاسما است.



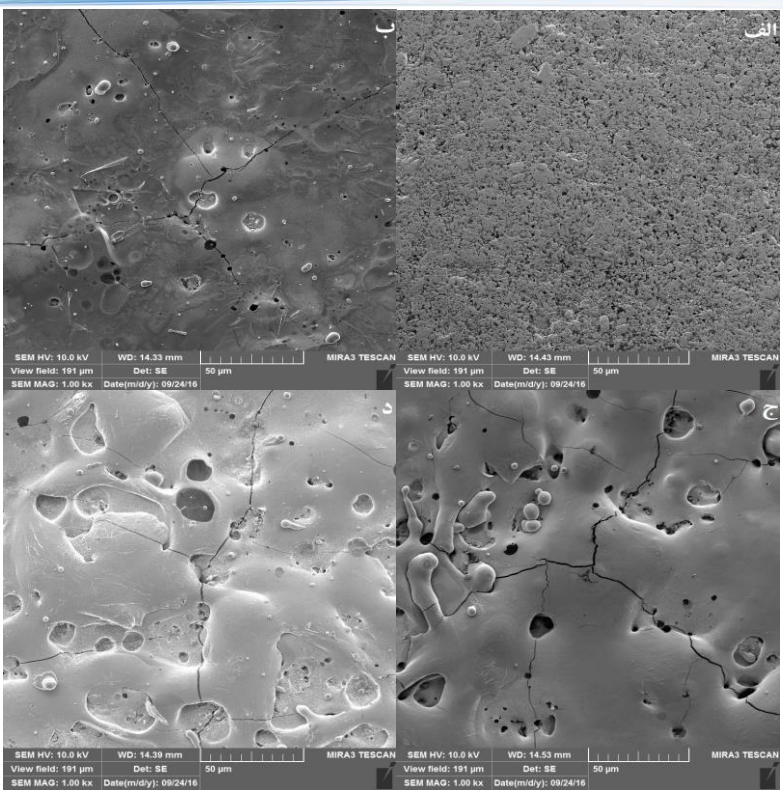
شکل ۱ : نمونه سیگنال خروجی از دستگاه پلاسمای کانونی سهند

همانگونه که از تصاویر فراهم شده از نمونه ها به کمک میکروسکوپ الکترونی روبشی گسیل میدانی قبل وبعد از تابش یونی ملاحظه می گردد آنچه مشهود است ایجاد تغییرات سطحی در سطح نمونه ها و ایجاد ترک ها ، حباب ها، چاله ها و ناهمواری هایی در سطح نمونه ها می باشد.شکل های (۱ و ۲) تصاویر بدست

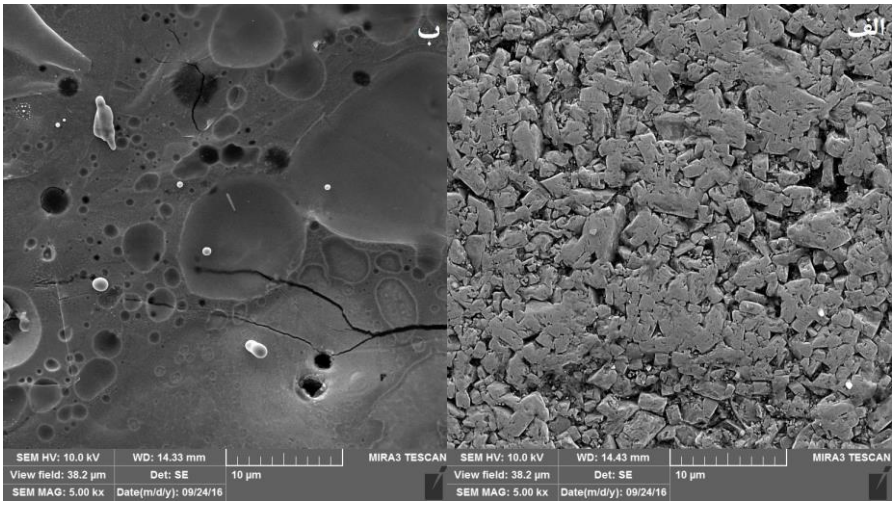
آمده از میکروسکوپ الکترونی روبشی گسیل میدانی به ترتیب برای بزرگنمایی های ۱۰۰۰ و۵۰۰۰ برابر در مقیاس های به ترتیب ۵۰ میکرومتر و ۱۰ میکرومتر است.

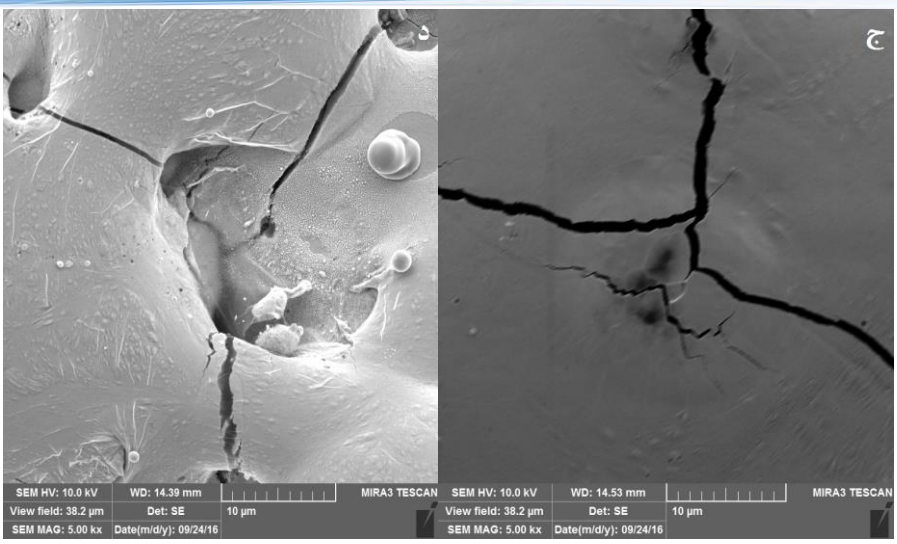
وقتی نمونه درون دستگاه پلاسمای کانونی قرار داده می شود در بازه های زمانی مشخص با تابش های گوناگونی مانند:تابش پرتوهای ایکس سخت و نرم، شار یونی و شار پلاسمایی و همچنین بخار پلاسمایی حاصل از فلز آند مواجه می گردد. تابش یونی موجب کاشت یونی و کندوپاش از سطح نمونه ها خواهد شد تابش شار پلاسمایی نقش ویژه ای در گرم شدن نمونه ها و ذوب شدن سطح آنها دارد البته تاثیر کم پرتوهای ایکس سخت و نرم در این زمینه را نیز نباید از قلم انداخت.در پژوهشی که در مورد تاثیرات پلاسمای تولیدی در دستگاه پلاسمای کانونی برروی مواد مختلف توسط سادووسکی و همکارانش صورت پذیرفته یک ترتیب زمانی برای تابش بر سطح نمونه ها پیشنهاد شده که مختصرا بقرار زیر است: [۳].

در ابتدا نمونه ها توسط پرتوهای ایکس سخت ونرم تحت تابش قرار می گیرند(۲ نانوثانیه بعد از تخریب ستون پلاسما) ۲- بعد از این تابش نوبت تابش یونی است که حدود چند صد نانو ثانیه بعد از پرتو ایکس نمونه را بمباران می کند. پدیده های زیادی را می توان به این بمباران یونی نسبت داد: مثل کربیده شدن و برهم خوردن ساختار بلوری نمونه ۳- حدود ٦میکروثانیه بعد از تابش پرتو ایکس موج ضربه به نمونه خواهد رسید. ٤- در حدود ۷ تا۸ میکروثانیه بعد از تابش پرتو ایکس، جریاینی از پلاسمای داغ و پر انرژی است که به نمونه می رسد. این شار پلاسمایی است که سطح را تخریب میکند و موجب ذوب منطقه ای و ایجاد حباب ها و ترک ها وچاله ها خواهد شد در ادامه در این مورد بحث خواهد شد. ۵- در نهایت در حدود ۱۰ میکروثانیه بعد از پالس اشعه ایکس، پلاسمای با دمای پایین حاصل از تبخیر فلز آند به سمت نمونه می آید که این فرآیند همراه با فرآیند بمباران یونی خود منشا لایه نشانی و ایجاد لایه های نازک به کمک این دستگاه است [٤] و همچنین تحقیقات گریبکوف و همکارانش نشان داده است که توان منتقل شده به کمک دستگاه پلاسمای کانونی از طریق شار پلاسمایی به نمونه در حدود 10^{7}-10^{9} Wcm^{-2} است. در صورتیکه توان منتقل شده از طریق شار یونی در حدود $1\ Wcm^{-2}$ می‌باشد. از طرفی این شار پلاسمایی داغ تنها در عمقی در حدود کمتر از چند نانومتر را تحت تاثیر قرار می‌دهد [۵]. این شار پلاسمایی موجب گرم شدن سطح نمونه‌ها و بالا بردن دمای سطح و ذوب و تبخیر منطقه‌ای می‌شود. از طرفی سرد شدن سریع نمونه موجب ایجاد تنش در سطح می‌گردد. این گرم و سرد شدن سریع درسطح ترکهایی ایجاد می‌کند و نیز ناهمواری‌های شدیدی در سطح نمونه به وجود می‌آورد که در تمامی تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی گسیل میدانی قابل مشاهده است.



شکل ۱ : تصاویر حاصل از میکروسکوپ الکترونی روبشی گسیل میدان در بزرگنمایی ۱۰۰۰برابر و مقیاس ۵۰ میکرومتر برای نمونه ها در شات های مختلف. الف نمونه بدون تابش یونی، ب نمونه تحت تابش ۵ شات، ج نمونه تحت تابش ۱۰ شات، د نمونه تحت تابش ۱۵ شات





شکل ۲ : تصاویر حاصل از میکروسکوپ الکترونی روبشی گسیل میدان در بزرگنمایی ۵۰۰۰برابر و مقیاس ۱۰ میکرومتر برای نمونه ها در شات های مختلف. الف نمونه بدون تابش یونی، ب نمونه تحت تابش ۵ شات، ج نمونه تحت تابش ۱۰ شات، د نمونه تحت تابش ۱۵ شات

بحث ونتیجه گیری :

تابش یونی موجب ایجاد تغییراتی در سطح نمونه های تنگستنی خواهد شد. انتقال شار یونی و شار پلاسمایی داغ و نیز انتقال انرژی حرارتی و تکانه به سطح نمونه ها موجب گرم شدن سطح و از طرفی رسیدن دمای سطح به دمای ذوب و یا حتی دمای تبخیر فلز نمونه می شود.این ذوب شدگی و نیز سرد شدن ناگهانی سطح موجب ایجاد ترک ها، چاله ها و حباب هایی بر سطح نمونه ها می شود.

مراجع :

[1] Michael Nastai, James W Mayer and James K. Hirvonen "Ion-Solid interactions: Fundamentals and applications" Cambridge University press, 210-250, 1996.
[2] M. A. Mohammadi, S. Sobhanian and R. S. Rawat "Neutron production with mixture of deuterium and krypton in Sahand Filippov type plasma focus facility" *Phys. Lett. A*
[2] Mehboob Sadiq, S. Ahmad, A Waheed and M Zakaullah "The Nitriding of aluminum by dense plasma focus" Plasma Source Science. Technol. 15, 295-301, 2006
[3] M. J. Sadovski, V. A. Gribkov, P Kubes, K Malinowski, E Skladnik-Sadowska, M Scholz, A Tsarenko and J Zebrowski, Application of intense plasma-ion streams emitted from powerful PF-type discharges for material engineering, Phys .Sci. T123, 66-78, 2006
[4] M Hassan, A Qayyum, R Ahmad, G Murtaza and M Zakaullah, Nitriding of titanium by using an ion beam delivered by a plasma focus, J.Phys D: Appl. Phys. 40, 769-777, 2007
[5] V. A. Gribkov, V N Pimenov, L I Ivanov, E V Dyomina, S A Maslyaev, R Miklaszewski, M Scholz, U E Ugaste, A V Dubrovsky, V C Kulikauskas and V V Zatekin, Interaction of high temperature deuterium plasma streams and fast ion beams with stainless steels in dense plasma focus device, J. Phys. D: Appl.Phys. 36, 1817-1825, 2003