Archive of SID

تهیه لایه‌های نازک تیتانیوم بر روی زیرلایه‌های شیشه‌ای به روش کندوپاش مگنترونی و بررسی چسبندگی آنها به زیرلایه

بیدادی، حسن؛پرهیزگار، مجتبی؛ هادیان، فرامرز؛ خداکریمی، صبا

گروه حالت جامد و الکترونیک، دانشکده فیزیک ،بلوار ۲۹ بهمن، تبریز

چکیده

در این کار تجربی لایه های نازکی از تیتانیوم با استفاده از دستگاه کندوپاش مگنترونی تحت شرایط متفاوت بر روی زیر لایه های شیشه ای تهیه و تأثیر چهار پارامتر مهم دمای زیرلایه، فشار گاز کاری (آرگن)، انرژی یون‌های تولید شده در پلاسما و فشار پایه بر روی چسبندگی این لایه ها به زیرلایه های شیشه ای مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج حاصله نشان می دهد که چسبندگی لایه های نازک تیتانیومی به زیرلایه های شیشه ای با افزایش دمای زیرلایه افزایش، با افزایش فشار پایه افزایش و با افزایش فشار گاز آرگن کاهش پیدا می کند. افزایش انرژی یونهای فرودی نیز موجب افزایش چسبندگی لایه ها به زیرلایه می گردد. همچنین علل تغییرات مشاهده شده در چسبندگی در اثر افزایش دمای زیرلایه، فشار گاز آرگن ، انرژی یونهای فرودی و فشار پایه مورد بحث قرار گرفته است.

Preparation of titanium thin films on glass substrates by magnetron and Investigation of their adhesion to substrate sputtering

Bidadi, Hassan; Parhizgar, mojtaba; hadian, faramarz; Khodakarimi, Saba

faculty of physics, university of Tabriz,51664 - Iran

Abstract

In the present experimental work, titanium thin films have been prepared on glass substrates by magnetron sputtering and the effect of four important parameters of substrate temperature, argon gas pressure, ion energy and the base pressure on the adhesion of Ti layers to substrates have been investigated. Experimental results show that the adhesion of Ti films to the glass substrates is increased by increasing the substrate temperature but the adhesion is decreased by increasing the working gas pressure. Increasing the energy of the incident ions causes the adhesion to enhance.Mechanisms involved in variations of adhesion by the pressure, substrate temperature and energy of the incident ions are explained.

PACS No.68

مقدمه

لایه‌های نازک تیتانیومی بخاطر دارا بودن خواص جالبی مانند استحکام مکانیکی بالا ، پایداری حرارتی بسیار خوب، مقاومت در مقابل خوردگی در شرایط بحرانی، در طب زیستی، هوافضا، در صنایع مورد استفاده قرار می‌گیرد. بعلاوه پوشش‌های نازک تیتانیومی در صنایع میکروالکترونیک برای ساخت مدارهای مجتمع، و ساخت سیستمهای میکروالکترونیکی *(MEMS)* کاربردهای زیادی دارند. در این بین چسبندگی نیز به عنوان یکی از مشخصه‌های مکانیکی مهم لایه‌های نازک مورد توجه است؛ به خصوص در ابزارها و دستگاه‌هایی که تحت شرایط محیطی سخت (مانند شاتل ها، ماهواره‌های فضایی، زیردریایی ها و...) کار می‌کنند و دارای دقت، حساسیت یا اهمیت ویژه‌ای هستند، لازم است که به پایداری این مشخصه مکانیکی لایه‌های نازک در برابر عوامل محیطی توجه ویژه‌ای شود. [۳-۱]

www.SID.ir

Archive of SID

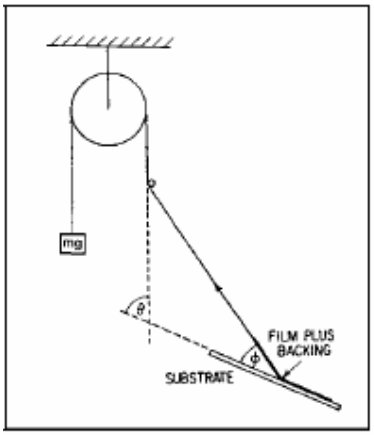
روشهای تجربی

تهیه فیلم های تیتانیومی

هدف تیتانیومی با شرایط (قطر ۷۶ سانتی متر، ضخامت ۶,۵ میلی‌متر و خلوص ۹۹,۹۹٪) تهیه شده و پس از صیقل کاری بر روی مگنترون سیستم کندوپاشی نصب گردید. زیرلایه های شیشه‌ای نیز به ابعاد (۳,۵ × ۲,۵ سانتی متر و ضخامت ۴ میلی متر) در محلولهای تری کلرواتیلن، استون، اتانول و آب مقطر با استفاده از حمام مافوق صوتی تمیز شده سپس با هوای فشرده خشک و در سیستم قرار گرفت. آرگن تجاری (با خلوص ۹۹٪) به عنوان گاز کاری مورد استفاده قرار گرفت. همچنین فیلم‌های نهشته شده در شرایط توان کاتد ((۴۵۰-۲۵۰) وات) ، فشار پایه ($(5\text{-}0.016)\times10^{-5}$ mbar))،فشار کاری($(5\text{-}14)\times10^{-3}$ mbar)) و دمای زیرلایه ((۲۵۰-۳۰) درجه سانتی گراد)، با ضخامت در حدود 100 nm تهیه و ضخامت لایه‌ها با استفاده از نوسانگر کوارتز تعیین گردید.

اندازه گیری چسبندگی

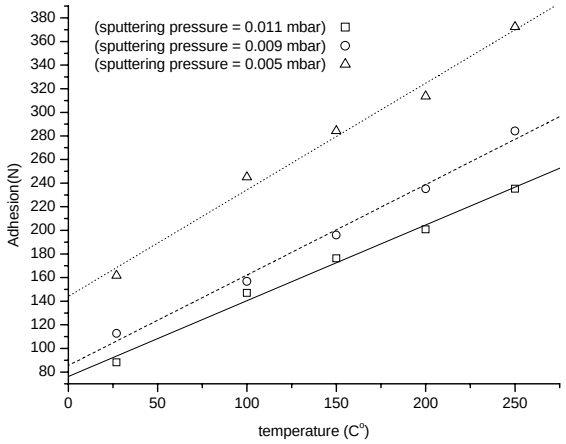
روش‌های اندازه گیری چسبندگی لایه‌های نازک را می‌توان به دو گروه عمده، روش‌های تجربی مکانیکی و روش‌های نظری تقسیم کرد. در این کار تجربی از روش چسبی که یکی از انواع روش‌های تجربی مکانیکی است بهره گرفته شده است. همانطور که در شکل ۱ نشان داده شده، زیرلایه توسط گیره هایی به سطح شیبدار بسته شده و سپس تکیه گاه توسط چسب مناسبی به لایه نازک چسبانده می شود.



شکل ۱ سیستم اندازه گیری چسبندگی لایه های نازک به روش چسبی

تکیه‌گاه از دو قسمت تشکیل شده که یک قسمت توسط چسب بر روی لایه نازک چسبانده شده و قسمت دیگر که با سطح شیبدار زاویه φ می سازد، جهت کشیدن تکیه گاه مورد استفاده قرار می‌گیرد. نکته مهم استفاده از چسبی است که چسبندگی آن به لایه نازک بیشتر از چسبندگی لایه نازک به زیرلایه باشد. همچنین باید توجه شود که لایه های نازک مقایسه شونده، تحت شرایط یکسانی بررسی شوند(از نظر نوع و مقدار چسب، زاویه کشش تکیه گاه، سطح تماس تکیه گاه با لایه نازک و...). برای افزایش دقت در اندازه گیری نیروی چسبندگی، هر نمونه لایه نازک تیتانیومی تحت زوایای مختلف φ $(0\langle\varphi\langle\theta)$ بررسی شده و سپس با برون یابی نیروی چسبندگی نسبتاً دقیقی تحت زاویه $\varphi = 0$ بدست آمده است[۵ و۴]

نتایج وبحث



شکل ۲ نمودار تغییرات نیروی چسبندگی با دمای زیرلایه درسه فشار مختلف

www.SID.ir

Archive of SID

از شکل ۲ مشاهده می شود که در هر سه فشار گاز کاری مختلف با افزایش دمای زیرلایه، چسبندگی لایه نازک به زیرلایه بطور خطی افزایش می یابد. زیرادر اثر افزایش دمای زیرلایه، اتم-های ماده نهشتی قابلیت تحرک بیشتری بر روی سطح زیرلایه پیدا کرده و ساختار فیلم از حالت آمورف به بلوری تغییر می کند که سبب افزایش چسبندگی لایه نازک به زیرلایه می‌شود.

شکل ۳ نشان می دهد که چسبندگی لایه نازک با افزایش فشار گاز آرگن بصورت خطی کاهش می یابد. دلیل این امر کاهش اندازه حرکت اتمهای کندوپاش شده در اثر پراکنندگی با مولکول-های گاز باقیمانده و نیز افزایش آلودگی لایه نازک توسط یون‌های اضافی تولید شده در پلاسما است.

در شکل ۴ ملاحظه می کنیم که در توان‌های پایین آهنگ نفوذ اتم‌های ماده نهشتی به زیرلایه کم است، بنابراین چسبندگی کم است اما با بالا رفتن توان، انرژی یون‌های تولیدی هم بیشتر می‌شود و همین امر باعث نفوذ اتم‌ها به زیرلایه شده و به اصطلاح موجب لنگر انداختن لایه نازک در زیرلایه می گردد که نشانگر افزایش چسبندگی است.

شکل ۵ نشان می دهد که با افزایش فشار پایه، در هر سه حالت چسبندگی فیلم‌ها بیشتر شده است، زیرا در فشارهای بیس بالا حضور مولکول‌های بخار آب بیشتر است در نتیجه ضخامت میان لایه اکسیدی افزایش یافته و چسبندگی افزایش می یابد.

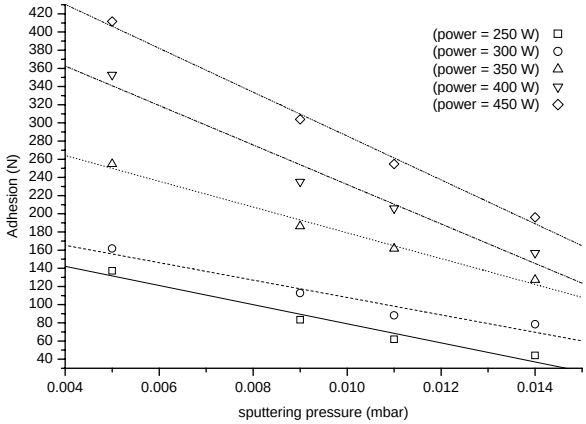
نتیجه گیری

مطالعه نتایج حاصل نشانگر چسبندگی فوق العاده زیاد فیلم‌های تیتانیومی به بستر شیشه می باشد که این بیشتر به دلیل وجود میان لایه اکسیدی می باشد. از آنجائیکه فلز تیتانیوم میل ترکیبی شدیدی با اکسیژن دارد، وجود مولکولهای بخار آب در محیط سبب تشکیل میان لایه اکسیدی می شود. این میان لایه بعنوان لایه چسبی عمل کرده و باعث چسبندگی فوق العاده زیاد این فلز می شود.

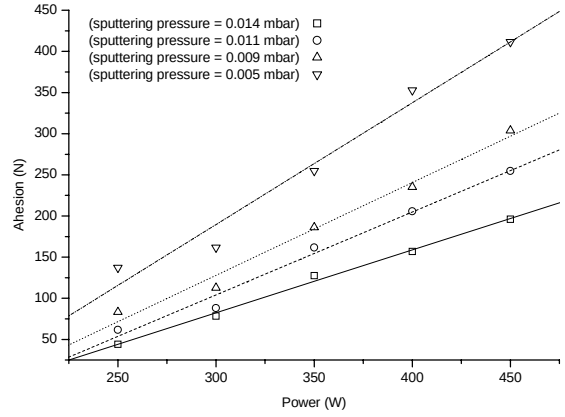
مراجع

[1] Jeyachandan ,Y. L. Karunagaran, B Narayandass, Sa.K. Mangalaraj, D. *Properties of titanium thin films deposied by DC magnetron sputtering*. Materials Science and Engineering A 431(2006) 277-284.

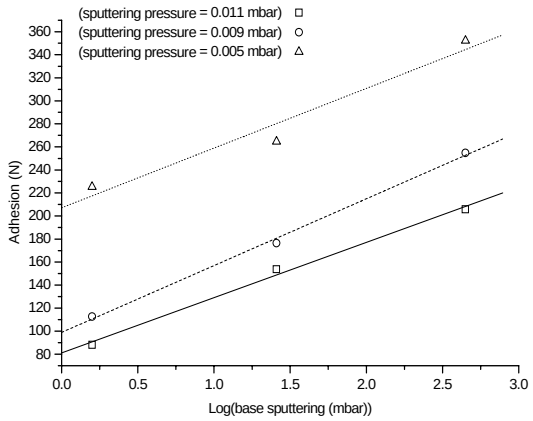
[2] Ohring, M., *Material science of thin film*, Academic press. (2002)



شکل ۳ نمودار تغییرات نیروی چسبندگی با فشار گاز آرگن در پنج توان مختلف



شکل ۴ نمودار تغییرات نیروی چسبندگی با توان دستگاه کندوپاش مگنترونی در چهار فشار متفاوت



شکل ۵ نمودار تغییرات نیروی چسبندگی با فشار پایه در سه فشار متفاوت

www.SID.ir

Archive of SID

[3] Wei, Y. *Assessment of micro scale test methods of peeling and splitting along surface of thin-film / substrate,* Materials Research Society. (2002)
[4] Mittal, K. L., *Adhesion measurement of thin films*, Electrocomponent Science and Technology (1976).
[5] Maissel, L. I. and Glong,R. *Hand book of thin film technolog,* McGraw. *(*1970)

www.SID.ir