

مقاله نامه ششمین کنفرانس ملّی خلأ ایران دانشگاه شهید چمران اهواز ۱۶ و ۱۷ بهمن ماه ۱۳۹۲



بررسی تاثیر دمای زیرلایه بر ویژگیهای لایههای نازک کربن شبهالماسی ساخته شده توسط لیزر

پالسى(PLD)

مدبراصل، علی؛ کاملی، پرویز؛ رنجبر، مهدی؛ سلامتی، هادی دانشکاه فیزیک، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان

چکیدہ

در این تحقیق لایههای نازک کرین شیه/الماسی(DLC) با استفاده از لایه نشانی لیزر پالسی لایه نشانی و تاثیر دمای زیرلایه بر ویژگیهای ساختاری، توپوگرافی و مورفولوژی آنها با استفاده از طیفسنجی رامان، میکروسکوپ نیروی اتمی(AFM) و میکروسکوپ الکترونی روبشی گسیل میدانی(FESEM) بررسی شد. طیف رامان افزایش نظم و رفتار گرافیتی لایهها را با افزایش دمای لایه نشان میدهد. یک گذار ساختاری از فاز آمورف به فاز گرافیتی نظمیافته در دمای لایه نشانی ۲۰۰۵ مشاهده شد. تصاویر AFM و FESEM نشان می دهد که دمای زیرلایه روی زبری و مورفولوژی لایه تاثیر گذار است و با افزایش دمای زیرلایه زیری نیز افزایش می پابد.

The investigation of substrate temperature effect on the properties of pulsed laser deposited diamond-like carbon thin films

Modabberasl, Ali; Kameli, Parviz; Ranjbar, Mehdi; salamati, hadi

Physics Department, Isfahan University of Technology, Isfahan.

Abstract

In this investigation diamond-like carbon(DLC) thin films has been deposited by pulsed laser deposition and substrate temperature effect has been studid on the structural, topography and morphology properties of the DLC films by Raman spectroscopy, AFM and FESEM. The Raman spectra show an increase in graphitic behavior and ordering of the films with increasing deposition temperature. A structural transition from amorphous phase to graphitic ordering phase was observed for deposition temperature of 200°C. AFM and FESEM image indicated that the surface morphology and roughness was influenced by the substrate temperature and surface roughness increased with increasing deposition temperature.

توجه، مطالعه و تحقیق هستند و به عنوان پوششهای محافظتی روی وسایل برشی و سایشی، دیسکهای ذخیرهسازی مغناطیسی، پنجرههای اپتیکی و ایمپلنتهای پزشکی به صورت گستردهای مورد استفاده قرار می گیرند[۲]. ویژگیهای لایههای DLC به کسر پیوندهای sp³ بسیار وابسته است. این پارامتر توسط مکانیسم لایه-نشانی یعنی بمباران یونی لایههای در حال رشد توسط یونهای کربنی پرانرژی کنترل می شود. مطابق مدل کشت زیرسطحی[۱] یونهای کم انرژی قادر به نفوذ درون سطح نخواهند بود. بنابراین

مقدمه

لایههای کربن شبه الماسی (DLC) یک نوع کربن آمورف با بخش زیادی از اتمهای کربن با هیبرید اسیون sp³ هستند. بطور کلی ساختار آنها شامل ترکیبی از اتمهای کربن پیوندیافته با هیبرید اسیونهای sp³ و sp³ می باشد که البته نظم بلند بردی در آن وجود ندارد [۱]. با توجه به ویژگی های جالب و نزدیک به الماس آنها همچون سختی بالا، پاید اری شیمیایی و حرارتی، شفافیت اپتیکی، ضریب اصطکاک پایین و زیست سازگاری، بسیار مورد



مقاله نامه ششمین کنفرانس ملّی خلاً ایران دانشگاه شهید چمران اهواز ۱۶ و ۱۷ بهمن ماه ۱۳۹۲

در کمترین سطح انرژی خود یعنی حالت sp² روی سطح می-چسبند. با افزایش انرژی به یک مقدار معین(انرژی آستانه)، یون،ها می توانند داخل سطح نفوذ و به موقعیت زیر سطحی مورد نظر وارد شوند. این باعث افزایش چگالی موضعی میشود و پیوندهای موضعی حول اتم نفوذ کرده مطابق با چگالی جدید اصلاح خواهند شد. در طول فرایند لایهنشانی و در شرایط بمباران یونی لایههای در حال رشد توسط یون،های پرانرژی، هیبریداسیون اتمی برای تغییر در چگالی موضعی تنظیم می شود، بطوریکه اگر چگالی کم باشد بیشتر به حالت sp² و اگر چگالی زیاد باشد، بیشتر به حالت sp³ تبدیل میشود. لذا با توجه به نقش بسیار مهم انرژی گونههای کربنی در تعیین نسبت sp³/sp²، ویژگیهای لایههای DLC به شدت به روش و شرایط لایهنشانی بستگی دارد. روش لایهنشانی ليزر پالسى(PLD) با توجه به مزيتهايي همچون توانايي توليد گونههای پرانرژی کربنی و سنتز لایههای DLC با درصد بالایی از هیبریداسیون sp³، توانایی لایهنشانی در دماهای پایین و قابلیت كنترل شرايط لايهنشاني يكي از روشهاي موفق سنتز لايههاي نازك DLC می باشد [۳]. در این یژوهش لایه های DLC را با استفاده از روش PLD در دماهای زیرلایه اتاق، C°۲۰ و C°۲۰ لایهنشانی کرده و تاثیر دمای لایهنشانی را روی ویژگیهای ساختاری، توپوگرافی و مورفولوژی آنها بررسی کردیم. ساخت و آزمایش

لایههای DLC بر روی زیرلایه سیلیکون با کندوسوز لیزری از یک تارگت گرافیتی درون محفظه خلا توسط سیستم لایهنشانی لیزر پالسی(PLD) با لیزر اگزایمر KrF با طول موج ۲٤٨nm لایه-نشانی شد. زیرلایههای سیلیکون را به ترتیب با آب دیونیزه، استون و اتانول با استفاده از دستگاه پاککنندهی اولتراسونیک شستشو داده مینگام لایهنشانی تشتر⁻¹۰۲×۱ بود. انرژی هر پالس لیزر، تعداد پالسهای لیزر، مدت زمان تابش پالس لیزر، فرکانس تکرار پالس-های لیزر و فاصلهی تارگت تا زیرلایه طی فرایند لایهنشانی به ترتیب ۱۰۰۰۰، ۲۰۰۳، Horl و تقریبا حدود Morl بود.

ماه ۱۳۹۲ وا*نگاهشمیژم*ران *ابواز دانگاهشمیژم*ران *ابواز* تحریک ۵۳۲nm مورد بررسی قرار گرفت. همچنین ویژگی-های توپوگرافی و مورفولوژی لایههای سنتز شده با استفاده از تصاویر AFM و FESEM مورد مطالعه قرار گرفت.

نتايج وبحث

طیف رامان لایههای DLC معمولا دارای دو قله(باند) به نام-های G و C در محدوه ی فرکانسی ¹-۱۱۰۰ الی ¹-۱۸۰۰ های میباشد. قلهی D مربوط به مد تنفسی اتمهای sp^2 در حلقهها می-باشد و شدت آن به حضور و تعداد خوشههای شبه گرافیتی متشکل از حلقههای آروماتیک شش ضلعی وابسته است. این در حالی است که قلهی G مربوط به مدهای تنفسی و کششی همه زوجهای اتمی sp^2 هم در حلقهها و هم در زنجیرهها میباشد[٤]. شکل ۱: طیف رامان لایههای DLC در دماهای مختلف زیرلایه



شکل ۱ طیف رامان لایههای DLC ایجاد شده در دماهای زیرلایهی مختلف را نشان میدهد. وجود باندهای مشخصهی D و G در



مقاله نامه ششمین کنفرانس ملّی خلأ ایران دانشگاه شهید چمران اهواز ۱۶ و ۱۷ بهمن ماه ۱۳۹۲

صفر به ترتیب به مقادیر یک و ۱/٦٥ افزایش مییابد، که حکایت از ازدیاد تعداد حلقههای آروماتیک شش ضلعی در خوشههای نانوگرافیتی و بدنبال آن افزایش اندازهی خوشهها دارد[٤].

دانتگاه شهيد حمران ابهواز



شکل۳ : نسبت I(D)/I(G) برحسب دمای زیرلایه

مطابق شکل۲ پهنا در نصف بیشینه باند G با افزایش دما از دمای اتاق به ℃ ۱۰۰ و ℃ ۲۰۰° به ترتیب از ۲۵۰ به ۱۷۲/۲ و ۱۵۳ كاهش مى يابد. اين رفتار بدليل كاهش درجهى أمورف لايهها، افزایش اندازهی خوشهها و نظم گرافیتی میباشد[۸]. بنابراین جابجایی موقعیت قلهی G به عدد موجهای بزرگتر، ظهور باند D و افزایش شدت آن در دماهای بالاتر، افزایش نسبت I(D)/I(G) و کاهش FWHM قلهی G با افزایش دمای زیرلایه نشانگر تبدیل سایتهای sp^2 به sp^2 ، خوشهای شدن سایتهای sp^2 بانظم گرافیتی و بزرگتر شدن اندازهی این خوشهها میباشد، بطوریکه یک تغییر فاز از حالت آمورف به نانوکریستالی گرافیتی در دمای ۲۰۰°C کاملا محسوس است. گذار ساختاری در دماهای بالاتر زیرلایه را میتوان به تحرکپذیری اتمهای برگشتی نسبت داد. طی فرایند لایهنشانی، در دماهای بالاتر اتمهای کربن انرژی کافی برای رسیدن به تعادل ترمودینامیکی در جهت آرایش بندی برای ساختار شبه گرافیتی را به دست می آورند. شکل های ٤ و ٥ به ترتیب تصاویر AFM و FESEM را برحسب دمای زیرلایه نشان می-دهد. با آنالیز تصاویر AFM زبری سطح لایهها در دمای اتاق، ۲۰۰°C و ۲۰۰°C به ترتیب ۰/۲٤، ۰/۲۸ و ۰/۹۵ به دست آمد رفتار افزایشی میزان زبری سطح با دما آنگونه که در شکل ۲ پیداست، به خوشهای شدن فاز sp² و بزرگتر شدن اندازهی این لایههآ(برازش شده با قلههای گاوسی) نشاندهنده ی تشکیل فاز DLC می باشد. اختلاف میان طیفهای رامان لایهها در دماهای مختلف زیرلایه کاملا واضح است. همانطور که در شکل ۱ پیداست طیف رامان مربوط به دمای اتاق توسط یک قلهی گاوسی متمرکز در¹⁻¹ماری ۱۹۵۶ برازش شده که نشاندهنده ی آمورف بودن این لایه با بخش مهمی از پیوندهای sp^3 در آن می باشد[۵]. با افزایش دمای عدم تشکیل خوشههای sp^2 در آن می باشد[۵]. با افزایش دمای زیر لایه به ۲۰۰۵، در طیف رامان یک شانه ی گسترده بوجود می آید که می توان آن را با دو قله ی گاوسی برازش کرد. یعنی می آید که می توان آن را با دو قله ی گاوسی برازش کرد. یعنی باده ای یا تعدا سایتهای sp^2 و شکل گیری خوشههای گرافیتی متشکل از حلقههای آروماتیک شش ضلعی دارد[٤]. باتغییر دما به ۲۰۰° باندهای D و G به طور کاملا مجزا از هم تفکیک و شدت باند D افزایش می یابد. این پدیده به کریستالیزه شدن فاز آمورف یعنی افزایش خوشههای نانو گرافیتی نسبت داده می شود [۲].



شکل ۲: تغییر موقعیت و FWHM قلهی B برحسب دمای زیرلایه شکل ۲ تغییر موقعیت و پهنا در نصف بیشینه(FWHM) باند G را برحسب دمای زیرلایه نشان می دهد. موقیت قلهی G با افزایش دما به 0.000 و 0.000 به ترتیب به مقادیر بزرگتر ¹⁻¹ IO70/د ما0.000 جابجا می شود، که به دلیل تبدیل سایتهای sp^3 به sp^2 و گذار ساختاری از فاز آمورف به حالت نانو کریستالی با نظم گرافیتی می باشد [۷]. ظاهر شدن باند C در دمای 0.000 و افزایش شدت آن در دمای 0.000 ناشی از خوشهای شدن سایتهای sp^2 و افزایش تعداد این خوشهها می باشد [٤]. مطابق شکل ۳ با تغییر دمای لایه نشانی از دمای اتاق به 0.000 و 0.000 ناسبت (G)/ا(G) از



مقاله نامه ششمین کنفرانس ملّی خلأ ایران دانشگاه شهید چمران اهواز ۱۶ و ۱۷ بهمن ماه ۱۳۹۲



ىاشىد.

خوشهها نسبت داده می شود[۸] که با نتایج رامان در توافق می-

RT 0.20.0 ۱۰۰°C μm/c 0.003 0.20 u 20 µm/div ۲..° μηγ... 0.005 0.20 μι 20.um/dis شکل ٤: تصاویر AFM لایههای DLC در دماهای مختلف R ۰.۰۰ ۲...

شکله: تصاویر FESEM لایههای DLC در دماهای مختلف زیرلایه تصاویر FESEM نیز سطوحی یکنواخت، صاف و بدون خلل و فرج را نشان میدهد. این در حالی است که لایههای ایجاد شده در دمای اتاق نسبت به دماهای بالاتر چگالتر و هموارتر به نظر می-

رسند و با افزایش دما میزان ناهمواری بیشتر میشود. دلیل این رفتار به کاهش کسر sp³ و افزایش رفتار گرافیتی مربوط میشود.



شکل٦: زبری سطح لایههای DLC برحسب دمای زیرلایه

نتيجه گيري

برجعها

لایههای DLC با استفاده از روش PLD در دماهای زیرلایه اتاق، C^o ۲۰۰ و C^o ۲۰۰ لایهنشانی شد. لایههای ساخته شده در دمای اتاق دارای ساختار آمورف و حاوی کسر مهمی از اتمهای کربن ³ sp³ میباشند. در صورتیکه لایههای ساخته شده در دمای کربن ³ To^o میباشند. یعنی با نصاویر FESEM و AFM هم بیانگر این موضوع میباشد.

[1] J. Robertson; "diamond-like amorphous carbon"; Mater. Sci. Eng, R **37**(2002) 129-279.

[Y] G. Xili et al; "Temperature-dependent resistive switching of amorphous carbon/silicon heterojunctions"; Diamond and Related Materials, No. **22** (2012) 37-41.

[v] S. Katariaet al; "Resistive switching behavior in diamond-like carbon films grown by pulsed laser deposition for resistance switching random access memory application"; J. Appl. Phys, No. 111 (2012) 084501.

[1] A. C. Ferrari and J. Robertson; "Interpretation of Raman spectra of disordered and amorphous carbon"; Phys. Rev. B, No. 61 (2000) 14095

[•] N. Xu et al; "Electrical properties of textured carbon film formed by pulsed laser annealing"; Diamond and Related Materials, No. 23 (2012) 135-139.

[1] S. Takabayashi et al; "Annealing effect on the chemical structure of diamondlike carbon"; J. Appl. Phys, No. 104, (2008) 043512.

[v] N. Xu et al; "Effect of initial sp³ content on bonding structure evolution of amorphous carbon upon pulsed laser annealing"; Diamond and Related Materials, No. **30** (2012) 48-52.

 $[\Lambda]$ S. Katariaet al; "Evolution of coefficient of friction with deposition temperature in diamond like carbon thin films"; J. Appl. Phys, No. **112** (2012) 023525.

www.SID.ir