Archive of SID

مقاله نامه هفتمین کنفرانس ملّی خلأ ایران
دانشگاه مازندران
۲۰و۲۱ آبان ۱۳۹۴

تأثیر آهنگ شارش نیتروژن در کندوپاش مگنترونی واکنشی بر روی مشخصه‌های فیلمهای نازک نیترید مس حاوی تیتانیوم

رحمتی ، علی

گروه فیزیک، دانشکده علوم پایه، دانشگاه ولی عصر رفسنجان

چکیده

فیلمهای نازک نیترید مس با حاوی Ti (Ti:Cu_3N) به روش کندوپاش مگنترونی واکنشی DC با استفاده از یک هدف آلیاژی دوتایی $Ti_{13}Cu_{87}$ در محیط مخلوط نیتروژن و آرگون بر روی زیرلایه‌های تک‌بلور سیلیکن (۱۱۱)، کوارتز تهیه شدند. این کار به نقش آهنگ شارش نیتروژن در مشخصه‌های فیلمهای حاصل می‌پردازد. ویژگیهای ساختاری فیلمها با روش پراش‌سنجی پرتو X (XRD) تعیین شد که فاز مشاهده‌شده ساختار مکعبی شبه Cu_3N هستند و افزودن Ti تغییری در ساختار ایجاد نمیکند. شکل دانه‌بندی سطحی فیلمها با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) مطالعه شده است. افزودن Ti باعث افزایش *حضور نیتروژن در فیلمها و توقف رشد دانه‌ها می‌گردد. طیف عبور اپتیکی Vis- NIR و ضریب جذب فیلم‌ها اندازه‌گیری و مطالعه شده است. افزودن تیتانیوم و به دنبال آن نیتروژن افزوده میان‌شبکه‌ای نقش مهمی در افزایش گاف‌نواری Ti:Cu_3N نسبت به Cu_3N فاقد Ti دارد.*

Effect of Nitrogen Flow Rate in Reactive Magnetron Sputtering on Characteristics of Ti Containing Cu_3N Thin Films

Ali, Rahmati[1]

[1] *Department of Physics, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Rafsanjan*

Abstract

Ti containing Cu_3N (Ti:Cu_3N) thin films were deposited on Si(111) and quartz substrates using a binary $Ti_{13}Cu_{87}$ alloyed target by reactive DC magnetron sputtering at mixture of nitrogen and argon ambient. This study provides insight into the importance of nitrogen flow rate on the characteristic of the as-deposited Ti:Cu_3N thin films. Structural property of these films is identified by X-ray diffractometry (XRD) that the cubic structure of quasi- Cu_3N is observed without any change due to Ti addition. Grain shape of film surface was studied by Scanning Electron Microscopy (SEM). Ti addition cause to presence of nitrogen excess and suppress grain growth. The spectrum of optical transmittance and absorption was measured using UV- Vis- near IR spectrophotometere. Semiconducting transition process and bandgap value are extracted from absorption coefficient. Ti addition and subsequent excess of interstitial nitrogen (N-rich) result in optical bandgap widening in comparison with Ti free Cu_3N.

PACS No.

مقدمه

فیلمهای نیترید مس (Cu_3N) بعنوان ماده جالبی در قطعات مختلفی مانند پیوند تونلی اسپینی، حافظه‌های اپتیکی با ظرفیت بالا، نقاط کوانتومی مس و سلولهای خورشیدی ترکیبی آلی- معدنی توجه زیادی را به خود معطوف کرده است [2 -1].

Cu_3N ترکیبی است که ترکیب شیمیایی آن به شدت تابع روش و شرایط نهشت است. همینطور ترکیب شیمیایی آن به روش مشخصه‌یابی شیمیایی حساس است. این ماده‌ی شبه‌پایدار در دمای بالاتر از $^{\circ}C$ ۲۵۰ به Cu و N_2 تجزیه می‌گردد. در سالهای اخیر،

www.SID.ir

Archive of SID

رشد فیلم‌های ترکیبی سه‌تایی بر پایه Cu_3N مانند (Pd, Cu)N، (Ti, Cu)N، (Ag, Cu)N گزارش شده‌اند. [6 -3].

آزمایش و روشها

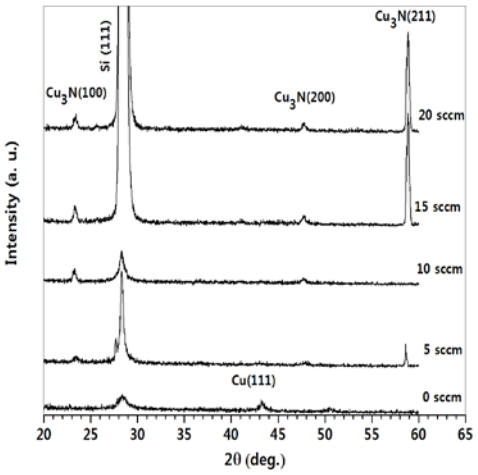
فیلمهای نازک نیترید مس با استفاده از کندوپاش مگنترونی واکنشی DC از یک هدف آلیاژی دوتایی $Ti_{13}Cu_{87}$ بر روی زیرلایه‌های تک‌بلور سیلیکن (۱۱۱) و کوارتز در اتمسفر *محیط مخلوط نیتروژن و آرگون* و در آهنگ شارش نیتروژنی ۰ -۲۰sccm نهشته می‌شوند. اتاقک سیستم کندوپاش از طریق پمپهای چرخنده و تربومولکولی تا فشار ۷×۱۰^{-۴} Pa تخلیه می‌گردد. توان کندوپاشی، دمای زیرفیلم و فاصله هدف- زیرلایه به ترتیب در 80 W ، $۱۵۰\ ^{\circ}C$ و 19.5 cm ثابت می‌شوند.

مشخصه‌یابی ساختاری فیلمها بوسیله پراش‌سنج پرتو X (Siemens D5000) با تابش $CuK\alpha$ در مد روبشی 2θ انجام می‌شود. مطالعه اپتیکی با اندازه‌گیری عبور در بازه طول‌موجی ۳۰۰ -۱۱۰۰nm با استفاده از طیف‌سنج نوری (Shimadzu, UV 1700 Pharma Spec) در دمای اتاق انجام می‌شود. *ضریب جذب فیلم‌ها با استفاده از فرمول لمبرت محاسبه شده است و با استفاده از رابطه تائوک تغییر گاف‌نواری بر حسب آهنگ شارش نیتروژن دنبال شده است.*

نتایج و بحث

ویژگیهای ساختاری

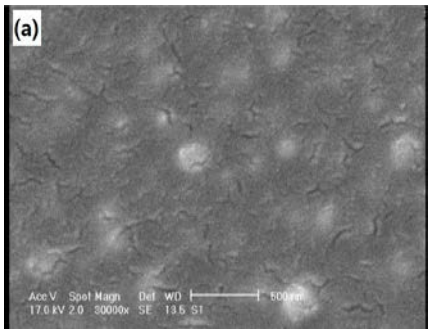
شکل ۱ دیاگرامهای پراش پرتو X فیلم‌های Cu_3N با افزودنی Ti($Ti:Cu_3N$) نهشته‌شده بر روی زیرفیلم سیلیکن (۱۱۱) در *آهنگ شارش* مختلف *نیتروژن* را نشان می‌دهد. فازهای شبه- Cu_3N ظاهر می‌شود و هیچگونه بازتابهایی از فازهای تیتانیوم فلزی یا نیترید تیتانیوم در دیاگرام XRD دیده نمی‌شود. افزودن تیتانیوم به Cu_3N ساختار بلوری فیلم آنرا تغییر نمی‌دهد. ساختار Cu_3N در مرکز سلول واحد دارای جایگاه خالی است [۱]، اتمهای Ti می‌توانند در مرکز سلول Cu_3N یا جایگزینی با جایگاههای تهی از Cu در شبکه Cu_3N [۷] قرار گیرند. افزودن Ti در شبکه Cu_3N بعنوان یک بافر عمل می‌کند که منجر به افزایش نیتروژن افزوده در فیلم‌ها می‌گردد که در توافق با این است که تمامی فیلم‌ها دارای فوق تناسب‌عنصری N هستند، [۸]. جابجایی پیکها زوایا

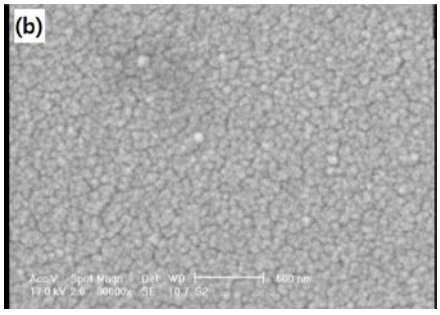


شکل ۱ دیاگرام XRD لایه‌های Ti- Cu- N نهشتی بر روی زیرلایه (۱۱۱) Si در آهنگهای مختلف شارش نیتروژنی

ریخت‌شناسی (مرفولوژی)

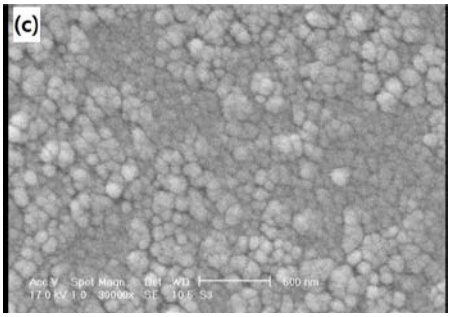
تصاویر SEM فیلمهای $Ti:Cu_3N$ در شکل ۳ آمده است. فیلمها دارای ساختار دانه‌ای با مرزهای مشخص هستند. فیلمها متراکم و دارای سطح زبری هستند. می‌توان گفت با افزایش فشار نیتروژن دانه‌بندی فیلم ریزتر می‌گردد زیرا رسوب آن در اطراف دانه‌ها رشد انها را متوقف می‌کند.

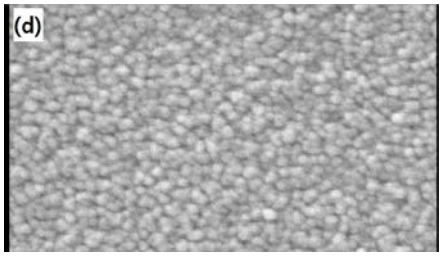


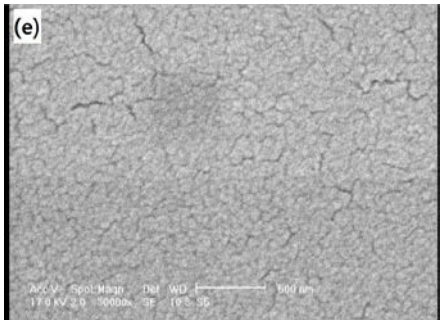


www.SID.ir

Archive of SID



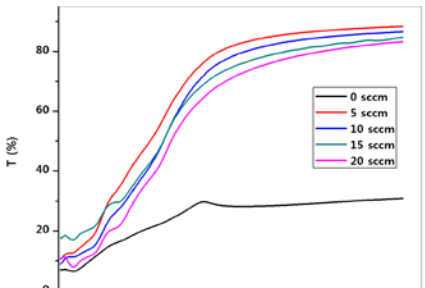




شکل ۲- تصاویر SEM فیلمهای $Ti:Cu_3N$ تهیه‌شده در آهنگهای شارش نیتروژن مختلف (a) ۰ (b) ۵ (c) ۱۰ (d) ۱۵ (e) ۲۰ sccm

ویژگیهای اپتیکی

شکلهای ۲ طیف عبور اپتیکی فیلمهای **Ti:Cu3N** بر حسب طول موج در بازه ۱۱۰۰ nm –۲۰۰ را نشان می‌دهد.

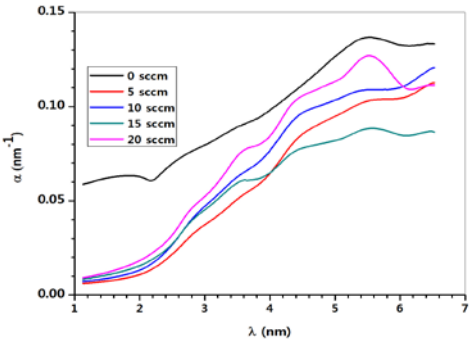


شکل ۳- طیف عبور در فیلمهای $Ti:Cu_3N$ تهیه‌شده در آهنگهای شارش نیتروژن مختلف (a) ۰ (b) ۵ (c) ۱۰ (d) ۱۵ (e) ۲۰ sccm

ضریب جذب بصورت رابطه لمبرت از طیف عبور بدست می‌آید:

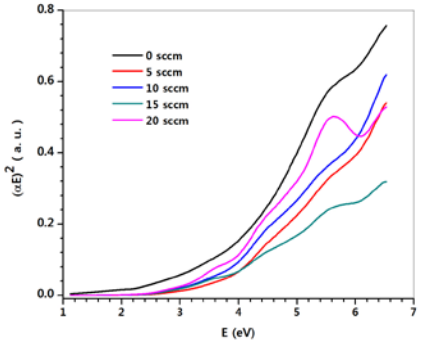
$$\alpha = \frac{1}{d}\ln(\frac{1}{T}) \qquad (1)$$

d ضخامت فیلمها است که ۲۰ nm می‌باشد.



شکل ۴- ضریب جذب در فیلمهای $Ti:Cu_3N$ تهیه‌شده در در آهنگهای شارش نیتروژن مختلف (a) ۰ (b) ۵ (c) ۱۰ (d) ۱۵ (e) ۲۰ sccm

مقادیر انرژی گاف‌نواری بدست آمده برای **$Ti:Cu_3N$** در حدود 3eV تخمین زده می‌شود (شکل ۵) که بطور قابل توجهی بزرگتر از مقادیر گزارش‌شده برای Cu_3N فاقد Ti، 1.9 eV -1.2 هستند [۸].



www.SID.ir

Archive of SID

شکل ۵- تخمین انرژی گاف‌باندی در فیلمهای $Ti:Cu_3N$ تهیه‌شده در فشارهای نیتروژنی مختلف

انرژی گاف‌نواری در فیلمهای $Ti:Cu_3N$ دارای مقادیر بزرگتری نسبت به مقادیر گاف‌نواری Cu_3N متناظر خود در فاقد Ti هستند. این رفتارها بطور همزمان بیانگر اثر غنی‌شدگی N در فرایند جذب را نشان می‌دهد که منجر به شکل‌گیری مراکز پذیرنده الکترونی مربوط به نیتروژن افزوده میان‌شبکه‌ای می‌گردد. انرژی گاف‌نواری در فیلم غنی از N بدلیل اثر پرشدگی حفره‌ای در نوار ظرفیت افزایش می‌یابد. این پدیده منجر به تبهگنی در لبه نوار ظرفیت سهموی و پهن‌شدگی گاف‌نواری (جابجایی بورشتاین- موس) می‌گردد [۹, ۱۰].

نتیجه‌گیری

فیلمهای نازک $Ti:Cu_3N$ به روش کندوپاش مگنترونی واکنشی DC با استفاده از یک هدف آلیاژی دوتایی $Ti_{13}Cu_{87}$ در *محیط مخلوط نیتروژن و آرگون* بر روی زیرلایه‌های تک‌بلور سیلیکن (۱۱۱) و کوارتز تهیه شدند. با حل‌شدن Ti در ساختار Cu_3N ، فیلمها بلورینگی خوبی به نمایش می‌گذارند. افزودن تیتانیوم منجر به نیتروژن افزوده میان‌شبکه‌ای می‌گردد که نقش مهمی در ، توقف رشد دانه‌ها و پهن‌شدگی گاف‌باندی اپتیکی نسبت به Cu_3N فاقد Ti دارد.

مرجع‌ها

[۱] D. O. Borsa, S. Grachev, D. O. Boerma, **"**Development of epitaxial nitride-based bilayers for magnetic tunnel junctions"; *IEEE Trans. Magn.* 38 (2002) 2709.

[۲] C. Navio, M. J. Capitan, J. Alvarez, F. Yndurain, R. Miranda, "Intrinsic surface band bending in Cu3N(100) ultrathin films"; *Phys. Rev. B* 76 (2007) 085105.

[۳] A. Rahmati, H. Bidadi, K. Ahmadi, F. Hadian, *J. Coat. Tech. Res* **8 (2)** (2011) 289

[۴] U. Hahn, W. Weber, *Phys. Rev. B 53* (1996) 12684

[۵] X. Fan, Z. Wu, G. Zhang, C. Li, B. Geng, H. Li, P. Yan, *J. Alloys Compds*. **440** (2006) 254

[۶] J. F. Pierson, D. Horwat, *Scr. Mater*., **58** (2008) 568

[۷] رحمتی، علی؛ " رشد فیلمهای نازک نیترید مس با آلایش تیتانیوم با کندوپاش مگنترونی واکنشی: مشخصه‌یابی ساختاری و پیوندهای شیمیایی» نوزدهمین همایش بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، دانشگاه گلستان (گرگان)، ۱۶ و ۱۷ شهریور ۱۳۹۰

[۸] A. Rahmati, *Vaccum* **85** (2011) 853.

[۹] A. Peled " Photo-Excited Processes, Diagnostics and Applications Fundamentals and Advanced Topics" 2003, Kluwer Academic Publisher

[۱۰] J. Singh, "Optical Properties of Condensed Matter and Applications" 2006, John Willey & Sons Ltd.

www.SID.ir