

اثر فوتولومینسانس در لایه های بس بلور $\text{SiN}_x/\text{SiO}_2$ رشد یافته به روش تبخیر حرارتی واکنش گر

در محیط پلاسما

اردیانیان، مهدی^۱؛ رینرت، اروه^۲

^۱دانشکده فیزیک دانشگاه دامغان، دامغان

^۲آبراتوار فیزیک مواد، انستیتو ژان لامور، دانشگاه نانسی، فرانسه

چکیده

در این تحقیق لایه های بس بلور $\text{SiN}_x/\text{SiO}_2$ با روش تبخیر حرارتی متناوب سیلیکون (Si) و سیلیکا (SiO_2) بر روی بسترهای سیلیکون تحت پلاسمای نیتروژن ساخته شدند. تصاویر میکروسکوپ الکترونی نشان دهنده وجود ساختار بس لایه و همچنین تولید نانوبلورهای سیلیکون در لایه های فعال SiN_x پس از بازپخت در دمای 1050°C است که می تواند ناشی از تجزیه شیمیایی نیتريد سیلیکون با تناسب عنصری ناکامل باشد. بررسی اثر فوتولومینسانس بصورت تابعی از ضخامت لایه های فعال SiN_x نشان دهنده وجود دو نوار لومینسانس مجزا در ناحیه مرئی و فرورسرخ نزدیک می باشد. این نوارهای انرژی به ترتیب به بازترکیب اکسایتونها در ترازهای انرژی مربوط به نقصهای شبکه ای موجود در شکاف انرژی SiO_2 و اثر حبس کوانتومی در نانو بلورهای سیلیکون حبس شده در ماتریس نیتريد سیلیکون نسبت داده می شوند. با این وجود برای ضخامت ۱ نانومتر لایه های SiN_x ، اندازه نانو بلورهای سیلیکون بیشتر از ضخامت لایه های SiN_x می باشد و اثر فوتولومینسانس در این ضخامت از لایه مذکور به اثر حبس کوانتومی در نانو بلورهای سیلیکون حبس شده بین دو لایه ی اکسید سیلیکون نسبت داده می شود.

Structural Characterization of $\text{SiN}_x/\text{SiO}_2$ Multilayers Grown by Reactive Evaporation in Plasma Environment

Ardyanian, Mahdi¹; Rinnert, Herve²

¹ School of Physics, Damghan University, Damghan,

² Materials physics laboratory, Jean Lamour institute, Nancy University, Vandoeuvre les Nancy, France

Abstract

In this work, $\text{SiN}_x/\text{SiO}_2$ multilayers were grown onto Silicon (Si) substrates by reactive and alternative evaporation of Si and SiO_2 in Nitrogen plasma. Transmission electron microscope (TEM) images confirmed the multilayer structure and generation of Si nanocrystals due to chemical dissociation of sub-stoichiometric silicon nitride after post annealing of the samples until 1050°C . The Photoluminescence (PL) spectroscopy describes strong visible and near infrared (NIR) photoluminescence as a function of SiN_x layers thickness. These bands are attributed to exciton recombination through energy levels of lattice defects in SiO_2 bandgap and quantum confinement effect in Si nanocrystals respectively. It was observed that for thickness of 1 nm of SiN_x layers, Si nanocrystals size are higher than what is expected according to thickness of SiN_x layer (1nm) and PL is attributed to Si nanocrystals confined between two layers of SiO_2 .

مقدمه

سیلیکون با هدف ساخت مواد و قطعات اپتوالکترونیک جلب

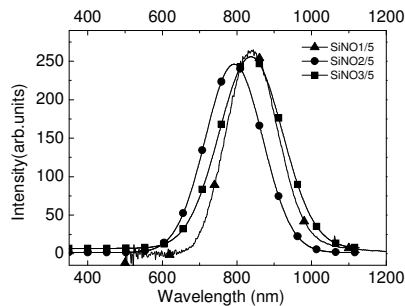
کرده است. با وجود تمایل به نورگسیل های ساخته شده با

نانوبلورهای سیلیکون رشد یافته در ماتریس اکسید سیلیکون که به

بیش از یک دهه است که لومینسانس شدید نانوبلورهای سیلیکون

در دمای اتاق، توجه محققان را برای ساخت ترکیبات بر پایه

همسویی ندارد، این ناسازگاری به ناکافی بودن ضخامت لایه SiN_x و عدم تشابه نمونه با دو نمونه دیگر منتسب می‌شود.



شکل ۵: مقایسه انرژی لومینسانس لایه‌های بس بلور SiN/SiO 3/5 (■) و با نمونه‌های SiN/SiO 2/5 (●) و SiN/SiO 1/5 (▲)

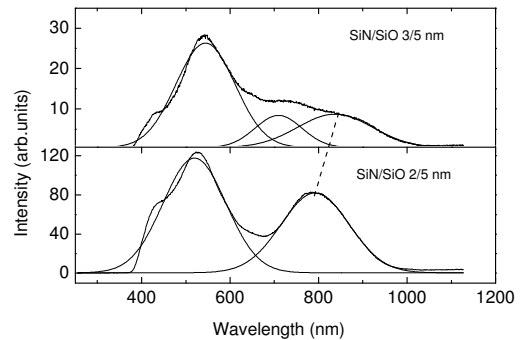
نتیجه‌گیری

بررسی اثر فوتولومینسانس در لایه‌های بس بلور $\text{SiN}_x/\text{SiO}_2$ نشان دهنده وجود دو نوار تابشی مجزا در ناحیه مرئی و فرورسرخ نزدیک می‌باشد. که به ترتیب به ترازهای ناشی از نقصهای ناشی از تهی جایهای اکسیژن در شکاف انرژی SiO_2 و اثر حبس کوانتومی در نانو بلورهای سیلیکون حبس شده در ماتریس نیتريد سیلیکون نسبت داده می‌شوند، شدت و انرژی قله تابشی با کاهش ضخامت لایه های فعال SiN_x افزایش می‌یابد اما شواهد بیانگر این هستند که برای ضخامت ۱ nm لایه های SiN_x ، اندازه نانو بلورهای سیلیکون بیشتر از ضخامت لایه مذکور بوده و اثر فوتولومینسانس در این لایه به حبس کوانتومی در نانو بلورهای سیلیکون محبوس بین دو لایه اکسید سیلیکون نسبت داده می‌شود.

مرجع‌ها

- [۱] اردیانیان، مهدی؛ ورنیا، میشل؛ «مطالعه ساختار بس لایه های $\text{SiN}_x/\text{SiO}_2$ رشد یافته به روش تبخیر حرارتی واکنش‌گر در محیط پلاسما»؛ پذیرفته شده در دومین کنفرانس رشد بلور ایران، سمنان، اردیبهشت ۱۳۹۱
- [2] F.Giorgie, F. Giuliani, C. F. Pirri, E. Tresso, R. Galloni, R.Rizzol C. Summonte, A. esalvo, F. Zignani, F. Caccavale; *Mat. Res. Soc. Symp. Proc.* **467** (1997).
- [3] Keunjoo Kim, M. S. Suh, T S. Kim, C. J. Youn, E. K. Suh, Y. J. Shin, K. B. Lee, H. J. Lee and H. Ryu; *Appl. Phys. Lett.* **69** (1996) 25.
- [4] M. J. Estes and G. Moddel; *Appl. Phys. Lett.* **68** (1996) 13.
- [5] S. Veprek, Z. Iqbal, F.A. Sarott; *Philos. Mag. B* **45** (1981) 137.
- [6] C. Delerue, G. Allan, M. Lannoo; *Physical review B* **48** (1993) 11024.
- [7] Y.B. Varshni; *Physica B* **34** (1967) 149.
- [8] S. Okamoto, Y. Kanemitsu; *solid state commun.* **103** (1997) 573.

۷۷K به ۳۰۰ K انرژی لومینسانس قلهی ۸۱۱ nm از ۱/۵۸ به ۱/۵۲eV کاهش می‌یابد که تایید کننده فرض ما می‌باشد. اما این جابجایی در قله دیگر در ۵۳۰ nm مشاهده نمی‌شود که باز هم موید فرض مطرح شده راجع به منشاء لومینسانس در این طول موج است.



شکل ۴: مقایسه طیف لومینسانس بس لایه‌های SiN/SiO 3/5 (بالا) و مقایسه آن با لومینسانس بس لایه‌های SiN/SiO 2/5 (پایین) بازپخت شده در 1050°C بدست آمده در دمای 77K

با تجزیه و مقایسه‌ی طیف لومینسانس در دمای 77K بس لایه‌های SiN/SiO 3/5 و SiN/SiO 2/5 بازپخت شده در 1050°C (شکل ۴) سه قله مشاهده می‌شوند؛ یکی قله شناخته شده در ۵۴۵ nm منتسب به نقصهای شبکه و دو قله دیگر در شانه پهن طیف یکی در ۷۱۰ و دیگری در ۸۴۰ nm؛ در تشابه با نمونه‌های دیگر، قلهی ۸۴۰ nm به نانوبلورهای سیلیکون منتسب است، که با توجه به افزایش ضخامت لایه‌های SiN_x قطر نانوبلورهای سیلیکون هم افزایش یافته که باعث کاهش اثر حبس کوانتومی و شدت و همچنین انرژی قله می‌شود. قلهی سوم در ۷۱۰ nm (۱/۷۴ eV) به بازترکیب اکسایتون‌ها در ترازهای فصل مشترک بین دو لایه‌ی اکسید و نیتريد سیلیکون منتسب می‌گردد، مشابه قله فوق در چاههای کوانتومی منفرد محصور بین دو لایه‌ی SiO_2 در ۷۵۰ nm (۱/۶۵ eV) مشاهده شده است [۸]. مقایسه قله‌های لومینسانس بهنجار شده نمونه‌های ۱/۵، ۲/۵، ۳/۵ بیانگر جابجایی انرژی در اثر تغییر ضخامت لایه های SiN_x است که به اثر اندازه نانوبلورهای سیلیکون منتسب می‌شود. انتقال به قرمز انرژی با افزایش ضخامت لایه های SiN_x برای نمونه های SiN/SiO 2/5 و SiN/SiO 3/5 با اثر حبس کوانتومی همسویی دارد، اما در نمونه ۱/۵