Archive of SID

رشد نانوسیم‌های ZnO بر روی شیشه و اثر میدان الکتریکی بر رشد و جهت‌مندی آنها

منصور فربد، آمنه آهنگرپور

گروه فیزیک دانشگاه شهید چمران، اهواز

چکیده

در دهه‌های اخیر تلاش فراوانی به منظور ساخت نیمرساناهای با گاف نواری پهن به خاطر کاربردهای زیاد آنها در ادوات اپتوالکتریکی صورت گرفته است. ZnO نیمرسانایی با گاف انرژی پهن و مستقیم حدود ۳/۳۷ev در دمای اتاق است و که کاربردهای فراوانی در نانوالکترونیک و نانوفتونیک دارد. در این تحقیق برای اولین بار نانوسیم‌های ZnO به روش اکسیداسیون مستقیم بر روی بستری از شیشه در دمای ۴۰۰ درجه در هوا و یا فلویی از اکسیژن رشد داده شدند.

نانوسیم‌های تولید شده با میکرسکوپ الکترونی روبشی (SEM) و آنالیز EDX بررسی شدند. قطر نانوسیم‌ها حدود ۱۵۰-۳۰ nm و طول آنها به چندین میکرون می‌رسید.

به منظور بررسی اثر میدان الکتریکی بر جهت‌مندی آنها میدان‌های الکتریکی ۱۰۰۰۰-۲۰۰۰ V/m به نمونه‌ها حین رشد اعمال گردید. نوعی جهت‌مندی برای میدان‌های الکتریکی ۵۰۰۰ V/m برای رشد داده شده بر روی زیرلایه‌ی Zn مشاهده گردید.

Growth of ZnO Nanowires and Effect of Electric Field on Their Alignments and Growth

Farbod, Mansour; Ahangarpour, Amanah

Physics Department, Shahid Chamran University, Ahwaz

Abstract

In recent decade there has been a lot work on fabrication of semiconductors with wide band gap due to their applications in optoelectronic devices. ZnO is a semiconductor which has a direct and wide band gap which is about 3.37 eV at room temperature and has various applications in nanoelectronics and nanophotonics. In this work, ZnO nanowires were grown by direct oxidation method either on a piece of Zn substrate or on glass at 400°C in air or a flow of oxygen. Nanowires were characterized using scanning electron microscope (SEM) and EDX analysis. The diameter of nanowires was about 30-150 nanometers and their length is about several micrometers. In order to investigate the effect of electric field on their alignment, an electric field of 2000-10000 V/m was applied on the samples during the growth. Some sort of alignment was observed when an electric field of 5000 V/m was applied on the sample which was grown on Zn metal substrate.

PACS No. 81.15.Ef

مقدمه

از زمان کشف نانولوله‌های کربنی، نانوساختارهای یک بعدی جایگاه خاصی بین محققین پیدا کرده‌اند. خصوصاً نیمرساناهای یک بعدی به علت کاربردهای وسیعشان در حوضه‌های مختلف اهمیت ویژه‌ای پیدا کرده‌اند. ZnO نیمرسانایی با گاف انرژی پهن و مستقیم حدود ۳/۳۷ev در دمای اتاق است که کاربردهایی در زمینه‌ی لیزرهای UV، سنسورهای حساس، سلول‌های خورشیدی و فوتوکاتالیستی و غیره دارد [۱].

ZnO از معدود ترکیباتی است که دارای انواع متعددی از نانوساختارها از قبیل نانوذره، نانوسیم، نانومیله، نانولوله و

www.SID.ir

Archive of SID

نانوتسمه می‌باشد. به همین منظور روش‌های مختلفی برای تولید آنها ارائه شده است [٤-٢].

نانوسیم‌های ZnO کاربردهای زیادی نیز در ادوات تابش میدانی دارند. در این گونه ادوات نیاز است تا نانوسیم‌ها جهت‌مند باشند. اغلب رشد جهت‌مند نانوسیم‌ها خصوصاً ZnO بر روی ویفرهای Si و یا بسترهای تک کریستال نسبتاً گران صورت می‌پذیرد. در این تحقیق پس از رشد نانوسیم‌های ZnO بر روی فلز Zn به روش اکسیداسیون مستقیم [٦]، سعی شد تا نانوسیم‌های ZnO بر روی سطح وسیعتری بر روی زیرلایه‌های ارزان قیمت مثل شیشه رشد داده شود و ضمن رشد آنها از طریق اکسیداسیون مستقیم با اعمال میدان‌های الکتریکی آنها را در جهت میدان الکتریکی مرتب نمائیم. به همین منظور میدان‌های الکتریکی مختلفی به نمونه‌ها حین رشد اعمال گردید و نمونه‌های تولید شده از طریق میکرسکوپ الکترونی روبشی (SEM) و آنالیز EDX مورد مطالعه واقع شدند.

مراحل آزمایشگاهی

الف: تولید لایه‌ی Zn بر روی شیشه به روش تبخیر در خلاء

به منظور تولید لایه‌ی نانوسیم ZnO، ابتدا یک لایه‌ی نسبتاً ضخیم از Zn به روش تبخیر در خلاء بر روی لام‌های شیشه‌ای تهیه شد. ابتدا لام شیشه‌ای با اسید کلریدریک رقیق شده تمیز گردید و سپس با اتانول و در نهایت با آب یون زدایی شده (با مقاومت) چندین بار شسته شد و خشک گردید. سپس با استفاده از تبخیر یک قطعه فلز Zn با خلوص بیش از ۹۹/۹۹٪ در خلاء ٦-۱۰ torr لایه‌ای از Zn بر روی شیشه تولید شد.

ب: رشد نانوسیم‌ها بر روی زیرلایه‌ی شیشه و زیرلایه‌ی Zn

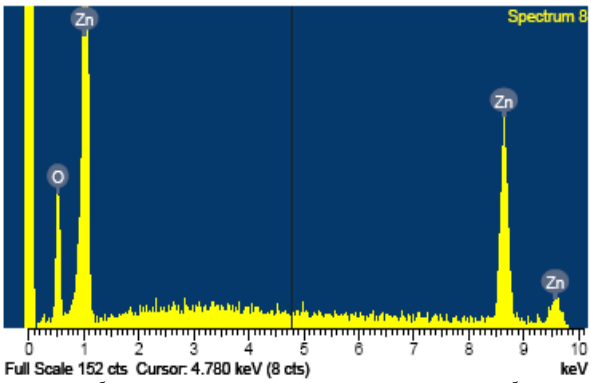
برای رشد نانوسیم‌ها بر روی زیرلایه‌ی Zn قطعه‌ای از فلز Zn به ضخامت حدود یک میلیمتر به عنوان زیرلایه استفاده شد. این قرص Zn به روش‌های شیمیایی همانند آنچه در بخش الف ذکر شد، تمیز گردید. برای رشد نانوسیم‌های ZnO، زیرلایه‌ی Zn و لایه‌ی Zn نشانده شده بر روی شیشه (قسمت الف) به کوره‌ی استوانه‌ای منتقل گردیدند و به مدت ۲ ساعت در هوا و در دمای ٤۰۰ درجه گداخته شده و سپس تا دمای اتاق سرد شدند. لایه‌های براق Zn پس از گداخته شدن به صورت لایه‌ای خاکستری رنگ تبدیل گردیدند.

ج: اعمال میدان الکتریکی

برای اعمال میدان الکتریکی از دو صفحه‌ی فلزی تخت با ابعاد ۳ × ۳ cm استفاده شد. فاصله‌ی دو صفحه در حین گداختن نمونه‌ها حدود ۰/۵ cm بود. با اعمال اختلاف پتانسیل‌های مختلف به دو صفحه‌ی فلزی قادر بودیم تا میدان‌های الکتریکی ۲۰۰۰-۱۰۰۰۰ V/m را تولید نمائیم. قرص Zn و لایه‌ی Zn نشانده شده بر روی شیشه به ابعاد ۱ × ۱ cm را بین صفحات فلزی قرار داده و عملیات حرارتی مطابق قسمت ب صورت گرفت.

نتایج و بحث

در حالیکه آنالیز EDX لایه‌ی Zn نشانده شده بر روی شیشه، نشان می‌داد که لایه از جنس Zn است، آنالیز EDX لایه‌ای که عملیات حرارتی بر روی آن انجام شده بود یک ترکیب با نسبت یک به یک Zn:O را نشان می‌داد که به معنی رشد ترکیب استوکیومتری ZnO بود. شکل ۱ نتایج این آنالیز را نشان می‌دهد.

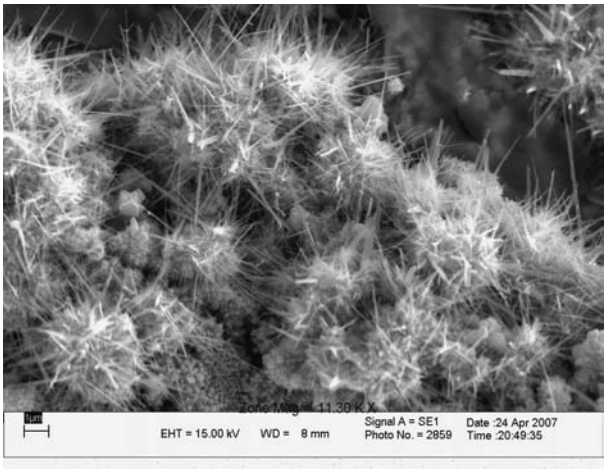


شکل ۱- آنالیز EDX لایه‌ای که عملیات حرارتی بر روی آن انجام شده است

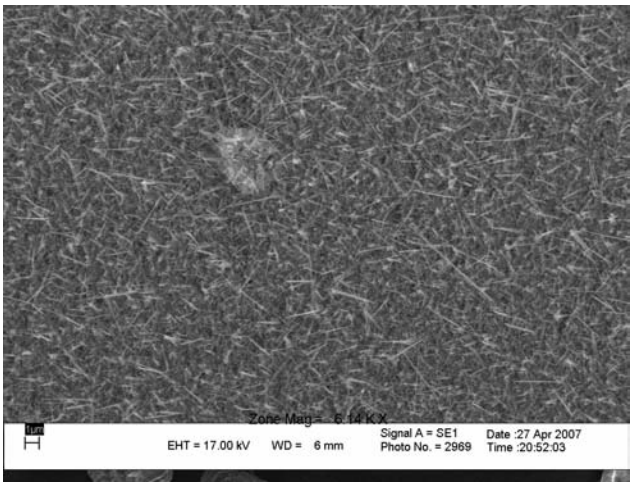
www.SID.ir

Archive of SID

شکل‌های ۲ و ۳ به ترتیب تصاویر SEM نانوسیم‌های ZnO رشد یافته بر روی قرص Zn و لایه‌ی شیشه‌ای را بدون اعمال میدان الکتریکی نشان می‌دهند. می‌توان مشاهده کرد که ZnO به صورت نانوسیم بر روی سطوح رشد کرده است. همچنین می‌توان مشاهده کرد که نانوسیم‌های ZnO بر روی بستر Zn به طور یکنواخت رشد نکرده‌اند در حالی که رشد نانوسیم‌ها بر روی لایه‌ی شیشه‌ای یکنواخت می‌باشد.

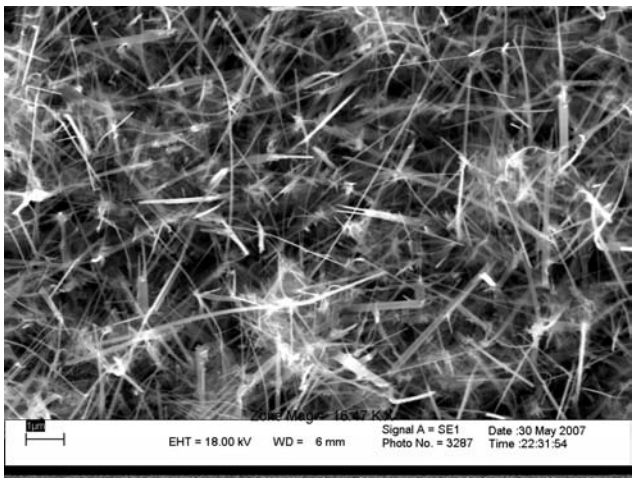


شکل ۲- تصویر SEM نانوسیم‌های ZnO رشد یافته بر روی قرص Zn بدون اعمال میدان الکتریکی.(مقیاس 1μm)



شکل ۳- تصویر SEM نانوسیم‌های ZnO رشد یافته بر روی لایه‌ی شیشه‌ای Zn بدون اعمال میدان الکتریکی.(مقیاس 1μm)

کیفیت تصاویر SEM برای نانوسیم‌های ZnO رشد یافته بر روی قرص Zn و لایه‌ی شیشه‌ای در حضور میدان الکتریکی مشابه بود. شکل ٤ نمونه‌ای از این تصاویر SEM را نشان می‌دهد. ملاحظه می‌گردد که نانوسیم‌های ZnO رشد یافته دارای طول بیشتری هستند و ضمناً به صورت یکنواخت و انبوه در کل سطح رشد یافته‌اند.

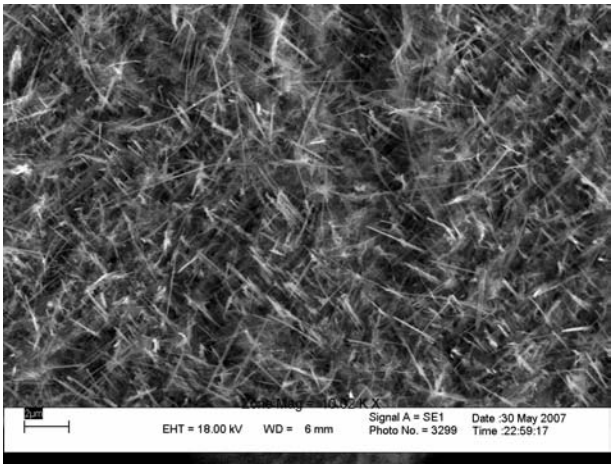


شکل٤- تصویر SEM نانوسیم‌های ZnO رشد یافته در حضور میدان الکتریکی .(مقیاس 1μm)

بررسی تصاویر SEM برای نمونه‌های مختلف رشد داده شده در حضور میدان‌های الکتریکی مختلف (بیش از ۲۰ نمونه) حاکی از آن بود که رشد نانوسیم‌های ZnO انبوه‌تر و یکنواخت‌تر صورت می‌گیرد ولی جهت‌مندی نانوسیم‌ها فقط برای نانوسیم‌هایی مشاهده شد که بر روی فلز Zn رشد یافته‌اند. این جهت‌مندی برای تمام مقادیر میدان مشاهده نشد. نوعی جهت‌مندی برای نمونه‌هایی که در میدان ۵۰۰۰ V/m رشد داده شده بودند، مشاهده شد که در شکل ۵ ملاحظه می‌گردد. علت این امر را می‌توان به اثر لبه‌ها و احتمالاً یکنواخت نبودن میدان الکتریکی برای مقادیر غیر از ۵۰۰۰ V/m نسبت داد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۵- تصویر SEM که نشان دهنده نوعی جهت‌مندی برای نمونه‌ها در میدان V/m ۵۰۰۰ است.(مقیاس 2μm)

نتیجه گیری

نانوسیم‌های ZnO بر روی فلز Zn و به طور وسیعی بر روی لام‌های شیشه‌ای به روش اکسیداسیون مستقیم تولید شدند. اعمال میدان الکتریکی باعث رشد انبوه‌تر و یکنواخت‌تر نانوسیم‌ها بر روی زیرلایه‌ها گردید. ضمناً نوعی جهت‌مندی نانوسیم‌ها در میدان الکتریکی V/m ۵۰۰۰ برای نانوسیم‌های ZnO رشد یافته بر روی فلز Zn مشاهده گردید.

مرجع‌ها

[1] T.Aoki etal, Appl.phys.lett.76 (2000) 3257
[2] X.Xing etal, Micron 37 (2006) 370
[3] B.D.Yao etal, Appl.phys.lett. 81 (2000) 757
[4] M.J.Zheng etal, chemical physics letters. 363 (2002) 123
[5] S.S.Hullavarad etal, Nanoscale Res. Lett. 2 (2007) 161

[٦] فربد، منصور؛ آهنگرپور، آمنه؛ «ساخت نانوسیم‌های ZnO به روش اکسیداسیون مستقیم»؛ کنفرانس فیزیک ایران، تابستان ۱۳۸٦.

www.SID.ir