Iranian Journal of Crystallography and Mineralogy, Vol.5, No.1, Spring 1997

Structural study of Heterostructure PZT/YBCO by (XRD) and (AES)

Zomorrodian, A. R.

University of Ferdowsi in Mashhad

Faculty of Sciences

Department of Physics 91735-654

Abstract Thin films of superconductor YBaCuO(YBCO) and Pb(ZrTi)O(PZT) is grown by laser ablation technique to make an electronic device. The quality and the structure of the films is studied by X-ray diffraction (XRD) and Auger Electron Spectroscopy (AES). A quantitative analysis of the films is also deduced from AES study. Analysis of the films show that the YBCO is grown in (001) and PZT in (100) direction. From this study we also conclude that laser ablation technique is a proper method for thin film production.

Keywords : *Thin films, Diffraction, Ferroelectric*

مجلهٔ بلورشناسی و کانی شناسی ایران، سال پنجم، شمارهٔ یک ، بهار ۱۳۷۶ از صفحهٔ ۲۵ تا ۳۲

پژوهشی

مطالعهٔ ساختاری لایه های نازک PZT/YBCO به وسیلهٔ XRD و AES

علیرضا زمردیان
دانشگاه فردوسی مشهد- دانشکدهٔ علوم
گروه فیزیک

چکیده : برای ساخت یک قطعهٔ الکترونیکی، لایه‌های نازکی از مادهٔ ابررسانای $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ (YBCO)، و $Pb(Zr_{0.52}\ Ti_{0.48})O_3$ (PZT) به روش تبخیر لیزری رشد داده شد. کیفیت این لایه هااز نظر ساختاری و نیز کمیت عناصر موجود در فیلم باپراش پرتو X (XRD) و طیف نگاری الکترون اوژه (AES) مورد مطالعه قرار گرفت. بررسی نتایج نشان داد که فیلم نازک YBCO در راستای [۰۰۱] و فیلم نازک PZT در راستای [۱۰۰] رشد می‌کنند. با توجه به نتایج به دست آمده معلوم شد که روش تبخیر لیزری روش مطلوبی برای تهیهٔ فیلم هایی با کیفیت مناسب است.

واژه های کلیدی : *لایه های نازک، پراش، فروالکتریک*

مقدمه

در سالهای اخیر فیلم های نازک فروالکتریک، و استفاده از آنها در ساخت قطعات الکترونیکی و آشکارسازها، مورد توجه قرار گرفته است. از جملهٔ این وسائل می توان از حافظهٔ الکترونیکی، آشکارسازهای فروسرخ، و قطعات الکترواپتیک نام برد [۱-۳]. به طور کلی یک حافظهٔ الکترونیکی یک ظرفیت ساخته شده از فیلم نازک است که عایق آن

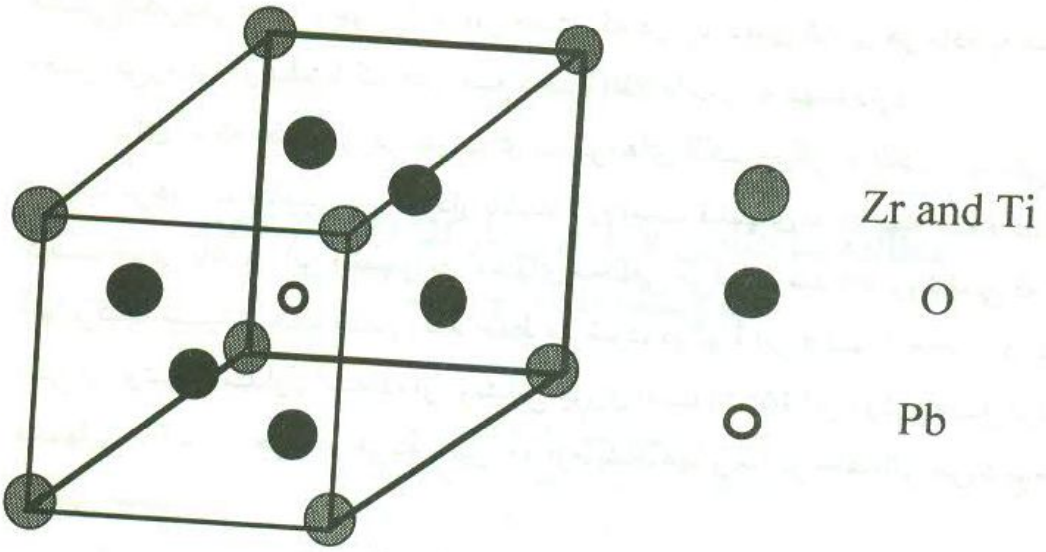
را یک مادهٔ فروالکتریک تشکیل می دهد. فروالکتریک ها موادی هستند که در آنها یک قطبش الکتریکی ذاتی وجود دارد. این قطبش که در زیر دمای کوری هر ماده به میزان معینی می‌رسد، در فیلم نازک نقش منبع ذخیرهٔ اطلاعات را به عهده دارد.

برای اینکه قطعهٔ مورد نظر برای کاربردهای الکترونیکی و الکترواپتیکی از ضریب مرغوبیت مناسبی بر خوردار باشد، لازم است فیلمهای نازک تهیه شده دارای کیفیت خوبی باشند. این فیلمهارا به روشهای مختلفی می‌توان رشد داد. روشهائی که در آنها ترکیب شیمیایی فیلم ضمن رشد حفظ می‌شود، در تهیهٔ این فیلمها ارجحیت دارند. یکی از روشهای متداول استفاده از رونشانی لیزری است [۴-۵]. این روش به‌دلیل تولید فیلمهایی با کیفیت خوب و هزینهٔ پایین در آزمایشگاهها و مراکز تحقیقاتی مورد توجه خاصی است.

از میان مواد فروالکتریک فیلم های نازک $Pb(Zr_{0.52}\ Ti_{0.48})O_3$ (PZT) به دلیل میدان واگردانی پایین، قطبش باقی‌ماندهٔ قابل توجه، و ثابت دی‌الکتریک بالا، در فن‌آوری ساخت قطعات مورد توجه خاصی است. PZT نیز به دلیل دمای کوری بالایی که دارد، در آشکارسازهای تجارتی، که باید گسترهٔ وسیعی از دمارا بپوشاند، بکار می‌رود. دربررسی زیر فیلم نازک فروالکتریک PZT و فیلم نازک ابررسانای $YBa_2Cu_3O_{7-x}$(YBCO)، که برای ساخت یک تک قطعه روی یکدیگر رشد داده شده بودند، به کمک پراش پرتو X و طیف نگاری الکترون اوژه مورد مطالعه قرار گرفت.

چگونگی ساخت لایه‌های نازک

برای ساخت قطعهٔ مورد نظر نخست فیلم نازک $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ (YBCO) روی زیر لایهٔ $LaAlO_3$ تهیه شد. زیر لایهٔ YBCO تنها به عنوان یک بستر مورد استفاده قرار می‌گیرد، و هیچ نقشی در عملکرد قطعه ندارد. ازمادهٔ ابررسانای YBCO نیز تنها به‌عنوان یک الکترود استفاده می‌شود و خاصیت ابررسانائی آن مورد نظر نیست. دلیل این امر رسانندگی خوب و تطابق مناسب راستای بلوری YBCO برای رشد PZT روی آن است. همزمان با رونشانی لایه های نازک، دمای بستر در $550^{o}C$ ثابت نگه داشته

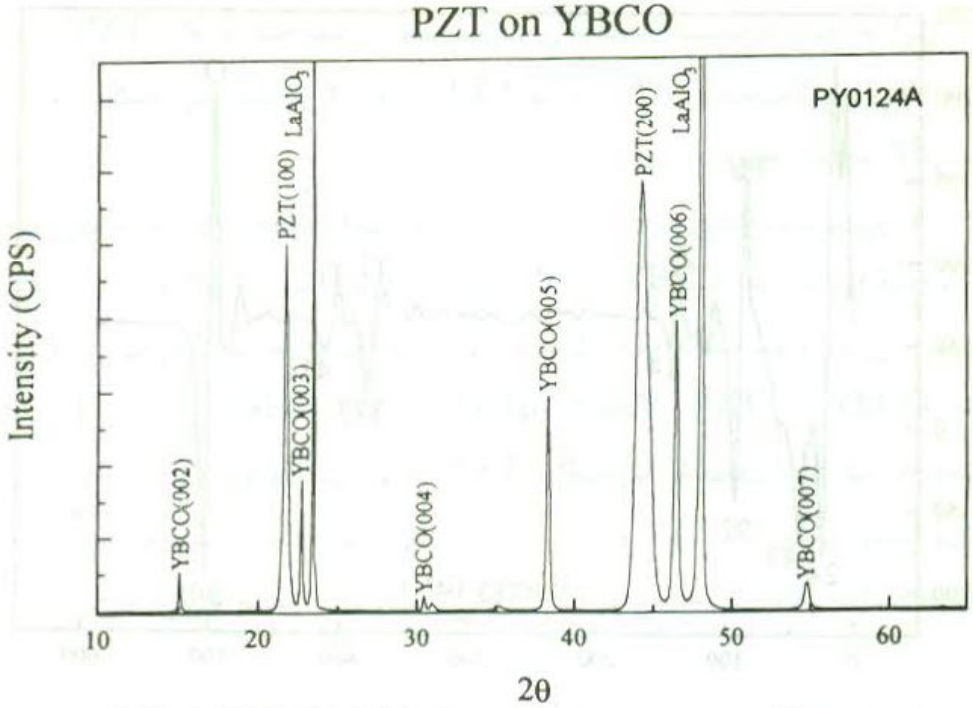


شکل ۱ ساختار بلوری پیروسکایت

می‌شود، که مناسب ترین دما برای رشد لایهٔ YBCO در راستای [۰۰۱] و لایهٔ PZT در راستای [۱۰۰] است [۶]. برای رشد لایه های نازک PZT و YBCO از یک لیزر تپی استفاده شد. انرژی این لیزر ۳۰۰ mj و طول تپ آن ۳۳ ns با طول موج ۲۴۸ nm است. ضخامت لایهٔ YBCO بین ۳۰۰ nm تا ۵۰۰ nm تغییر می‌کند، و ضخامت لایهٔ PZT می‌تواند از ۲۰۰ nm تا یک میکرون تغییر کند. برای تکمیل قطعه که یک خازن یا ظرفیت معمولی‌است، لایه‌ای از طلا به ضخامتی در حدود ۵۰۰ Å به روش تبخیر گرمایی روی PZT نشانده می شود. ضخامت قطعهٔ طلا به نوع کاربرد قطعه در فن آوری بستگی دارد.

بحث و برداشت

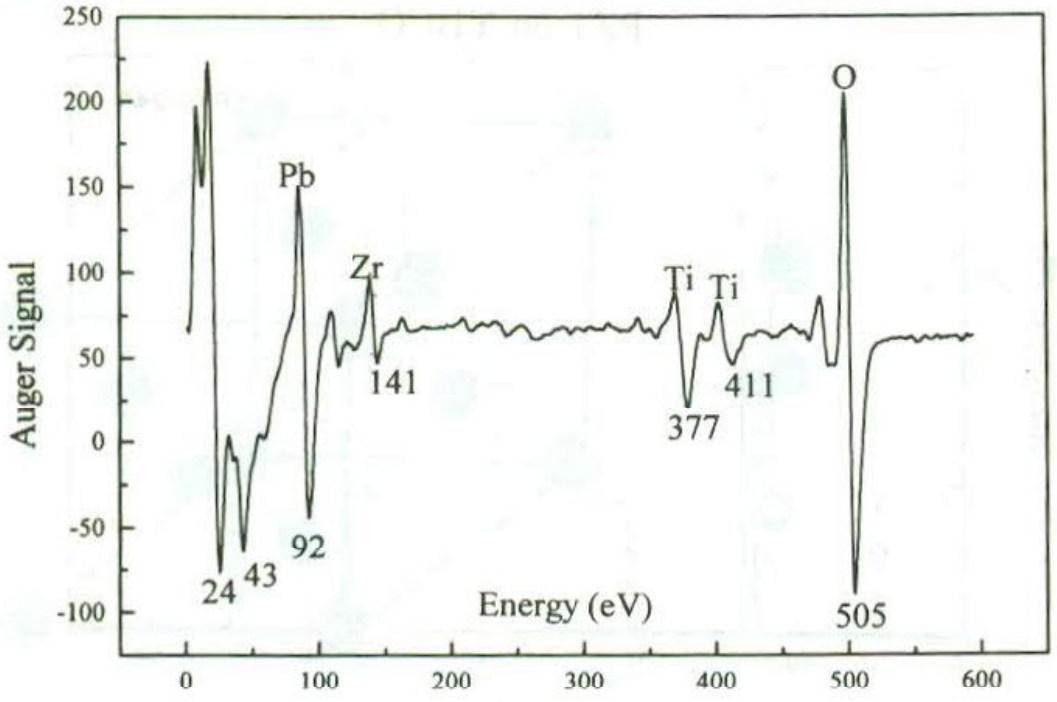
اکسید های PZT و YBCO دارای ساختار پیروسکایت (Perovskite) هستند. شمای کلی یک ساختار بلوری پیروسکایت در شکل ۱ آمده‌است. A و B کاتیون‌ها و O اکسیژن است. مطالعات اخیر نشان داده است که ابررسانای YBCO، که در دمای اطاق



شکل ۲ الگوی پراش پرتو x ازیک نمونهٔ $PZT/YBCO/LaAlO_3$

رسانای مناسبی است، به مراتب بهتر از فلزاتی مثل Pt ، که قبلا از آنها برای الکترود قطعات الکترونیکی استفاده می‌شد، عمل می‌کند. به‌خصوص به دلیل ساختار بلوری مشابهی که با اکثر اکسیدهای فروالکتریک دارد، زیر لایهٔ مناسبی برای رشد مادهٔ فروالکتریک برروی آن است. از طرفی $Pb(Zr_x\ Ti_{1-x})O_3$ در فاز مورفوترومبیک (morphotrombic) که مرز بین رخ لوزی و چارگوش است با ترکیبی در حدود ۰٫۵۲ = x بهترین کارآئی را از خود نشان می‌دهد. در نتیجه مطالعهٔ سیستم PZT/YBCO و ویژگیهای آن از نظر بلور شناسی و کیفیت رشد بلور، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

مطالعهٔ فیلم نازک YBCO نشان می‌دهد که این فیلم در فاز راستگوشی با راستای بلوری [۰۰۱] عمود بر زیر لایه رشد می‌کند [۷]. در بهترین شرایط رشد برای PZT ، این لایه راستای بلوری [۱۰۰] را بخود می‌گیرد. پراش نگاشت شکل ۲، رشد لایه‌های YBCO و PZT را در راستای بلور نگاری بالا نشان می دهد. PZT روی YBCO در



شکل ۳ طیف اوژه از فیلم نازک PZT

فاز پیروسکایت بهتر رشد می‌کند، و در دماهای رونشانی تا حدود $700^{o}C$ این فاز از برتری قابل توجهی برخوردار است. دلیل این امر را می‌توان همخوانی مناسب شیمیایی بین YBCO و PZT در مقایسه با همخوانی بین PZT و سایر فلزات دانست. برای PZT، ۴۰۷ر۰ = a و برای ساختار پیروسکایت YBCO، ۳۸۲ر۰ nm = a و ۳۸۹ر۰ nm = b است. از شکل ۲ پیدا است که بعد از رشد PZT روی YBCO راستای بلوری C برای YBCO هنوز پابرجا است.

به منظور مطالعهٔ کمی فیلم PZT ، طیف اوژهٔ عناصر تشکیل دهندهٔ آن، که در شکل ۳ دیده می‌شود، بررسی شد. با احتساب حساسیت اوژه برای عناصر مختلف، می‌توان درصد عناصر موجود در فیلم تهیه شده را محاسبه کرد. این محاسبه نسبت بین عناصر موجود در PZT یعنی Pb:Zr:Ti:O را بصورت ۹۵ر۲:۴۴ر۰:۵۴ر۰:۱ نشان می‌دهد، که بسیار نزدیک به مقدار استاندارد (۳:۴۸ر۰:۵۲ر۰:۱) این کمیات در PZT با کیفیت مرغوب است. تجربه نشان می‌دهد که برای تهیهٔ فیلمی با درصد ترکیبی استاندارد، به روش لیزری، باید از سرامیکی با فرمول PZT + ٪۱۰ PbO استفاده

شود، زیرا به دلیل خاصیت چسبندگی کم سرب، از تنها سرامیک PZT نمی‌توان به‌طور کامل میزان مناسب Pb در فیلم PZT را تامین‌کرد، لذا بهتر است از سرامیک با ترکیب بالا استفاده شود.

به این ترتیب چنین نتیجه می‌شود که برای تهیهٔ قطعه‌ای از مادهٔ فروالکتریک PZT، مادهٔ ابررسانای YBCO زیر لایهٔ مناسبی برای رشد PZT است، زیرا، ساختار شیمیایی این دو ماده مشابه یکدیگرند و افزون بر آن، به خاطر نزدیک بودن پارامتر شبکهٔ YBCO و PZT ، لایه‌های آنها به ترتیب در راستاهای [۰۰۱] و [۱۰۰] رشد می‌کنند. ضمنا، با استفاده از سرامیک PZT با ترکیب اضافی ۱۰٪ می‌توان به روش لیزری، فیلمهای نازک PZT با ترکیب استاندارد تهیه‌کرد. فیلم های نازک PZT باترکیب استاندارد دارای خصوصیات فیزیکی ایده آل در زمینهٔ کاربردی هستند.

تشکر و قدر دانی

همکاری مرکز SVEC دانشگاه هوستون در تگزاس آمریکا و نیز مرکز TCSUH این دانشگاه برای انجام این پروژه موجب تشکر و قدردانی است. ضمنا لازم به یاد آوری است که بخشی از مخارج این پروژه را بنیاد ولچ (Welch Foundation) تامین کرده است.

مراجع

1 - Thakoor, S. (1992) *Appl. Phys. Lett.* **60**, 3319.

2 - Brody, P. S. (1981) *Appl. Phys. Lett.* **38** , 153.

3 - Zomorrodian, A. R., Wu, N. J., Lin, H., Huang, T.Q., Li, X. Y. and Ignatiev, A. (1995) *J.Appl.Phys.* **78** (1), 4780.

4 - Zomorrodian, A. R., Mesarwi, A., Wu, N. J., Ignatiev, A. (1995) *Appl. Surf. sci.* **90**,343.