

**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*

پژوهشی

مطالعه ساختاری لایه های نازک PZT/YBCO به وسیله XRD و AES

علیرضا زمردیان
دانشگاه فردوسی مشهد - دانشکده علوم
گروه فیزیک

چکیده: برای ساخت یک قطعه الکترونیکی، لایه های نازکی از ماده ابررسانای $\text{Pb}(\text{Zr}_{0.52}\text{Ti}_{0.48})\text{O}_3$ (PZT) و $(\text{YBCO})\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ به روش تبخیر لیزری رشد داده شد. کیفیت این لایه ها از نظر ساختاری و نیز کمیت عناصر موجود در فیلم با پراش پرتو X (XRD) و طیف نگاری الکترون اوزن (AES) مورد مطالعه قرار گرفت. بررسی نتایج نشان داد که فیلم نازک YBCO در راستای [۰۰۱] و فیلم نازک PZT در راستای [۱۰۰] رشد می کنند. با توجه به نتایج به دست آمده معلوم شد که روش تبخیر لیزری روش مطلوبی برای تهیه فیلم هایی با کیفیت مناسب است.

واژه های کلیدی: لایه های نازک، پراش، فروالکترونیک

مقدمه

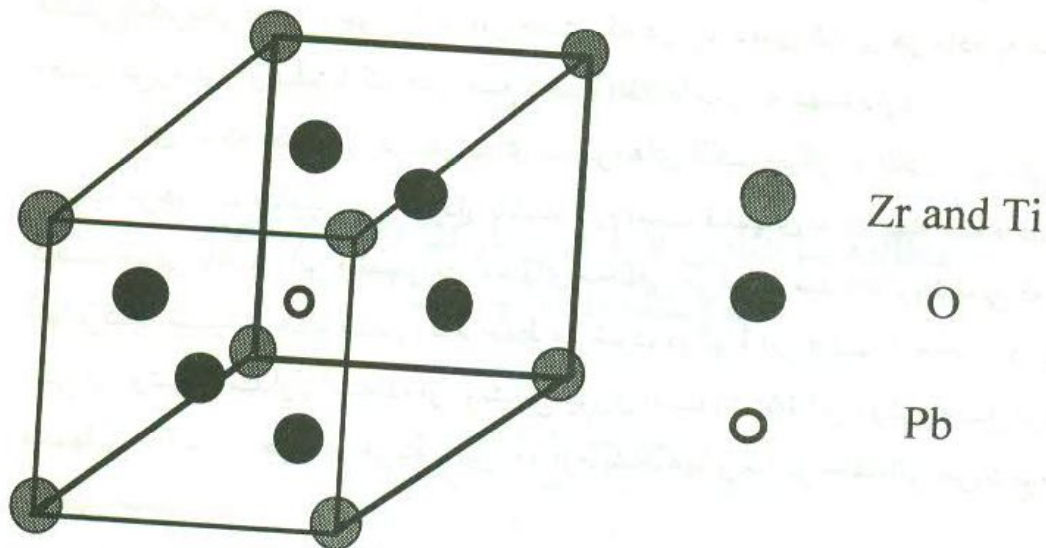
در سالهای اخیر فیلم های نازک فروالکترونیک، و استفاده از آنها در ساخت قطعات الکترونیکی و آشکارسازها، مورد توجه قرار گرفته است. از جمله این وسایل می توان از حافظه الکترونیکی، آشکارسازهای فروسرخ، و قطعات الکترواپتیک نام برد [۱-۳]. به طور کلی یک حافظه الکترونیکی یک ظرفیت ساخته شده از فیلم نازک است که عایق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

رایک ماده 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 می رسد، در فیلم نازک نقش منبع ذخیره اطلاعات را به عهده دارد. برای اینکه قطعه مورد نظر برای کاربردهای الکترونیکی و الکترواپتیکی از ضریب مرغوبیت مناسبی برخوردار باشد، لازم است فیلمهای نازک تهیه شده دارای کیفیت خوبی باشند. این فیلمها را به روشهای مختلفی می توان رشد داد. روشهایی که در آنها ترکیب شیمیایی فیلم ضمن رشد حفظ می شود، در تهیه این فیلمها ارجحیت دارند. یکی از روشهای متداول استفاده از روش لیزری است [۴-۵]. این روش به دلیل تولید فیلمهایی با کیفیت خوب و هزینه پایین در آزمایشگاهها و مراکز تحقیقاتی مورد توجه خاصی است.

از میان مواد فروالکتریک فیلم های نازک $\text{Pb}(\text{Zr}_{0.52}\text{Ti}_{0.48})\text{O}_3$ (PZT) به دلیل میدان واگردانی پایین، قطبش باقی مانده قابل توجه، و ثابت دی الکتریک بالا، در فن آوری ساخت قطعات مورد توجه خاصی است. PZT نیز به دلیل دمای کوری بالایی که دارد، در آشکارسازهای تجارتي، که باید گستره وسیعی از دما را بپوشاند، بکار می رود. در بررسی زیر فیلم نازک فروالکتریک PZT و فیلم نازک ابررسانای $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ (YBCO)، که برای ساخت یک تک قطعه روی یکدیگر رشد داده شده بودند، به کمک پراش پرتو X و طیف نگاری الکترون اوزه مورد مطالعه قرار گرفت.

چگونگی ساخت لایه های نازک

برای ساخت قطعه مورد نظر نخست فیلم نازک $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ (YBCO) روی زیر لایه LaAlO_3 تهیه شد. زیر لایه YBCO تنها به عنوان یک بستر مورد استفاده قرار می گیرد، و هیچ نقشی در عملکرد قطعه ندارد. از ماده ابررسانای YBCO نیز تنها به عنوان یک الکتروود استفاده می شود 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 روش لایه های نازک، دمای بستر در 550°C ثابت نگه داشته

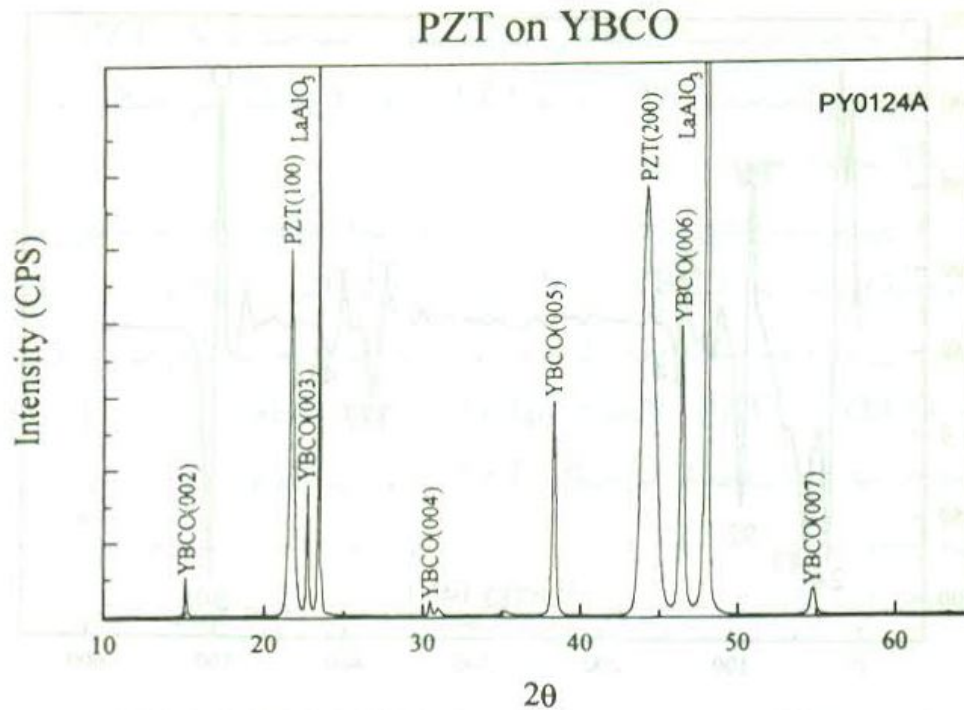


شکل ۱ ساختار بلوری پیروسکایت

می شود، که مناسب ترین دما برای رشد لایه YBCO در راستای $[001]$ و لایه PZT در راستای $[100]$ است [۶]. برای رشد لایه های نازک PZT و YBCO از یک لیزر تپی استفاده شد. انرژی این لیزر 300 mJ و طول تپ آن 33 ns با طول موج 248 nm است. ضخامت لایه YBCO بین 300 nm تا 500 nm تغییر می کند، و ضخامت لایه PZT می تواند از 200 nm تا یک میکرون تغییر کند. برای تکمیل قطعه که یک خازن یا ظرفیت معمولی است، لایه ای از طلا به ضخامتی در حدود 500 \AA به روش تبخیر گرمایی روی PZT نشانده می شود. ضخامت قطعه طلا به نوع کاربرد قطعه در فن آوری بستگی دارد.

بحث و برداشت

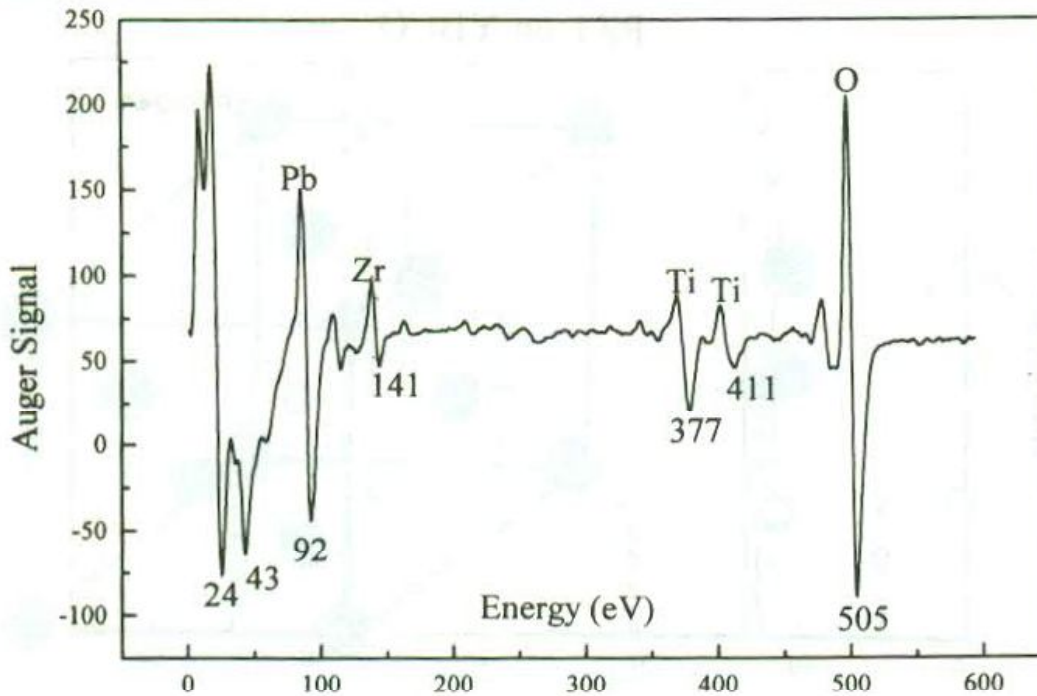
اکسیدهای PZT و YBCO دارای ساختار پیروسکایت (Perovskite) هستند. شمای کلی یک ساختار بلوری پیروسکایت در شکل ۱ آمده است. A و B کاتیون ها و O اکسیژن است. مطالعات اخیر نشان داده است که ابررسانای YBCO، که در دمای اطاق



شکل ۲ الگوی پراش پرتو X از یک نمونه PZT/YBCO/LaAlO₃

رسانای مناسبی است، به مراتب بهتر از فلزاتی مثل Pt، که قبلاً از آنها برای الکتروود قطعات الکترونیکی استفاده می‌شد، عمل می‌کند. به خصوص به دلیل ساختار بلوری مشابهی که با اکثر اکسیدهای فروالکتریک دارد، زیر لایه مناسبی برای رشد ماده فروالکتریک بر روی آن است. از طرفی $Pb(Zr_x Ti_{1-x})O_3$ در فاز مورفوترومبیک (morphotropic) که مرز بین رخ لوزی و چارگوش است با ترکیبی در حدود $x = 0.52$ بهترین کارائی را از خود نشان می‌دهد. در نتیجه مطالعه سیستم PZT/YBCO و ویژگیهای آن از نظر بلور شناسی و کیفیت رشد بلور، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

مطالعه فیلم نازک YBCO نشان می‌دهد که این فیلم در فاز راستگوشی با راستای بلوری [001] عمود بر زیر لایه رشد می‌کند [7]. در بهترین شرایط رشد برای PZT، این لایه راستای بلوری [100] را بخود می‌گیرد. پراش نگاشت شکل ۲، رشد لایه‌های YBCO و PZT را در راستای بلور نگاری بالا نشان می‌دهد. PZT روی YBCO



شکل ۳ طیف اوژه از فیلم نازک PZT

فاز پیروسکایت بهتر رشد می‌کند، و در دماهای روشنایی تا حدود 700°C این فاز از برتری قابل توجهی برخوردار است. دلیل این امر را می‌توان همخوانی مناسب شیمیایی بین PZT و YBCO در مقایسه با همخوانی بین PZT و سایر فلزات دانست. برای PZT، $a = 0.407$ و برای ساختار پیروسکایت YBCO، $a = 0.382$ nm و $b = 0.389$ nm است. از شکل ۲ پیداست که بعد از رشد PZT روی YBCO راستای بلوری C برای YBCO هنوز پابرجا است.

به منظور مطالعه کمی فیلم PZT، طیف اوژه عناصر تشکیل دهنده 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 ۲۹۵:۴۴:۵۴:۱ نشان می‌دهد، که بسیار نزدیک به مقدار استاندارد (۳:۴۸:۵۲:۱) این کمیات در PZT با کیفیت مرغوب است. تجربه نشان می‌دهد که برای تهیه فیلمی با درصد ترکیبی استاندارد، به روش لیزری، باید از سرامیکی با فرمول $\text{PbO} + 10\% \text{ PZT}$ استفاده

شود، زیرا به دلیل خاصیت چسبندگی کم سرب، از تنها سرامیک PZT نمی توان به طور کامل میزان مناسب Pb در فیلم PZT را تامین کرد، لذا بهتر است از سرامیک با ترکیب بالا استفاده شود.

به این ترتیب چنین نتیجه می شود که برای تهیه قطعه ای از ماده فروالکتریک PZT، ماده ابررسانای YBCO زیر لایه مناسبی برای رشد PZT است، زیرا، ساختار شیمیایی این دو ماده مشابه یکدیگرند و افزون بر آن، به خاطر نزدیک بودن پارامتر شبکه YBCO و PZT، لایه های آنها به ترتیب در راستاهای [۰۰۱] و [۱۰۰] رشد می کنند. ضمناً، با استفاده از سرامیک PZT با ترکیب اضافی ۱۰٪ می توان به روش لیزری، فیلمهای نازک PZT با ترکیب استاندارد تهیه کرد. فیلم های نازک PZT با ترکیب استاندارد دارای خصوصیات فیزیکی ایده آل در زمینه کاربردی هستند.

تشکر و قدردانی

همکاری مرکز SVEC دانشگاه هوستون در تگزاس آمریکا و نیز مرکز TCSUH این دانشگاه برای انجام این پروژه موجب تشکر و قدردانی است. ضمناً 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.