



لیزر  
پالسی  
با این نشانی

بیستمین کنفرانس اپتیک و فوتونیک ایران  
و ششمین کنفرانس مهندسی و فناوری فوتونیک ایران  
۸ تا ۱۰ بهمن ماه ۱۳۹۲ - دانشگاه صنعتی شیراز



## لایه نشانی و مشخصه یابی فیلم نازک با ریم استرانتیم تیتانایت به روش لایه نشانی لیزر پالسی

هاجر کاظمی<sup>۱</sup>، زهرا سادات عزیزی<sup>۲</sup>، سیده مهری حمیدی<sup>۲</sup>، محمد مهدی طهرانچی<sup>۱,۲</sup> و مرتضی مظفری<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup>دانشکده فیزیک، دانشگاه شهید بهشتی، تهران

<sup>۲</sup>پژوهشکده لیزر و پلاسماء، دانشگاه شهید بهشتی، تهران

<sup>۳</sup>دانشکده فیزیک، دانشگاه اصفهان، اصفهان

چکیده - فیلم‌های نازک فرو الکتریک کاربرد وسیعی در قطعات میکروالکترونیکی دارند. در این قطعات وجود تابعیت غیر خطی ثابت دی الکتریکی به میدان الکتریکی ضروری است. از جمله مواد فرو الکتریک مناسب، باریم استرانتیم تیتانایت است. در اینجا باریم استرانتیم تیتانایت با ترکیب شیمیایی  $Ba_{0.5}Sr_{0.5}TiO_3$  به روش لایه نشانی لیزر پالسی بر روی زیرلایه  $Pt/Ti/SiO_2/Si$  لایه نشانی شده است. نتایج لایه نشانی از جمله خصوصیات ساختاری و مورفولوژی سطح فیلم، به ترتیب با پراش اشعه ایکس (XRD) و میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM) بررسی شده است.

کلید واژه- باریم استرانتیم تیتانایت، لایه نشانی لیزر پالسی، پراش اشعه ایکس، میکروسکوپ نیروی اتمی.

### The Deposition and characterization of barium strontium titanate thin film by the pulsed laser deposition method

Hajar Kazemi<sup>1</sup>, Zahra Sadat Azizi<sup>2</sup>, Seydeh Mehri Hamidi<sup>2</sup>, Mohammad Mehdi Tehranchi<sup>1,2</sup> and Morteza Mozafari<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Departman of physics, Shahid Beheshti University, Tehran

<sup>2</sup>Laser and Plasma Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran

<sup>3</sup>Departman of physics, Esfahan University, Esfahan

**Abstract-** The Ferroelectric thin films are widely used in microelectronic devices. It is important for these devices to have nonlinear dependence on electrical field. A good candidate is Barium Strontium Titanate (BST). BST thin film ( $Ba_{0.5}Sr_{0.5}TiO_3$ ) has been deposited on  $Pt/Ti/SiO_2/Si$  substrates by pulsed laser deposition method with different area of one. The structure characterization and surface morphology of the BST thin films was performed by X-ray diffraction (XRD) and atomic force microscopy (AFM).

**Keywords:** Barium Strontium Titanate, Pulsed laser deposition, X-ray diffraction, Atomic force microscopy.

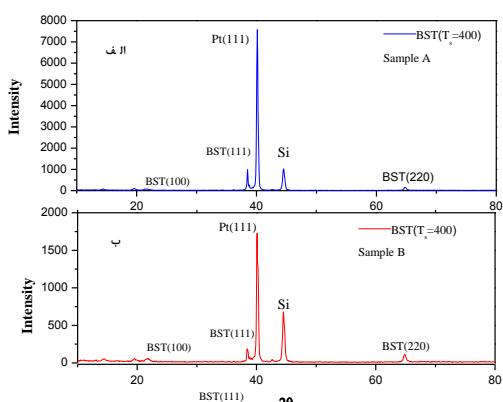
## ۱- مقدمه

در دهه‌ی اخیر، فیلم نازک باریم استرانتیم تیتانایت<sup>۱</sup> (BST) در حافظه‌های DRAM [۱]، خازن‌های کنارگذر [۲]، آشکارساز فرو سرخ [۳] و ابزار کوکپذیر میکروپیو [۴] مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این کاربردها عموماً از مواد فروالکتریک دارای سرب استفاده می‌کنند. ماده BST، به علت پایداری گرمایی خوب، وابستگی غیرخطی ثابت دی الکتریک به میدان الکتریکی و سازگاری با محیط زیست در مقایسه با فیلم‌های نازک دارای سرب، مورد توجه قرار گرفته است [۳].

در این مقاله، لایه نشانی فیلم نازک باریم استرانتیم تیتانایت برای استفاده در قطعات کوکپذیر میکروپیو گزارش شده است. خصوصیات الکتریکی فیلم باریم استرانتیم تیتانایت تاثیر بسزایی در عملکرد قطعه دارد. تفاوت بین ثابت شبکه‌ی زیرلایه و فیلم یکی از عوامل نزدیکی ثابت شبکه پلاتین(39/2nm) به فیلم باریم استرانتیم تیتانایت(39/4nm) در اینجا از Pt/Ti/SiO<sub>2</sub>/Si به عنوان زیرلایه استفاده شده است.

فرآیند ساخت فیلم نازک BST و شرایط لایه نشانی تاثیر بسزایی بر خصوصیات الکتریکی فیلم نازک دارد. برای ایجاد فیلم نازک باریم استرانتیم تیتانایت روش‌های لایه نشانی متعددی از جمله سل-ژل<sup>۲</sup>، RF Sputtering<sup>۳</sup>، لایه نشانی بخار شیمیایی فلز آلی<sup>۴</sup> (MOCVD) و لایه نشانی لیزر پالسی<sup>۵</sup> (PLD) مورد استفاده قرار می‌گیرد [۱،۴].

در این مطالعه، فیلم نازک BST نیاز به استوکیومتری شیمیایی و رشد همبافته بر زیر لایه دارد. در اینجا برای کنترل استوکیومتری و کیفیت بالای فیلم، از روش PLD استفاده شده است. و برای بررسی ساختار بلوری فیلم و موفولوژی سطح آن به ترتیب پراش اشعه‌ی ایکس<sup>۶</sup> (XRD) و میکروسکوپ نیروی اتمی<sup>۷</sup> (AFM) بکار رفته است.



شکل ۱. تحلیل ساختاری با پراش اشعه‌ی ایکس. (الف) نمودار XRD نمونه‌ی A با مساحت زیرلایه<sup>۲</sup>(2mm<sup>2</sup>) و (ب) نمودار XRD نمونه‌ی B با مساحت زیرلایه<sup>۴</sup>(4mm<sup>2</sup>).

<sup>1</sup> Barium Strontium Titanate

<sup>2</sup> Sol-gel

<sup>3</sup> Metal organic chemical vapor deposition

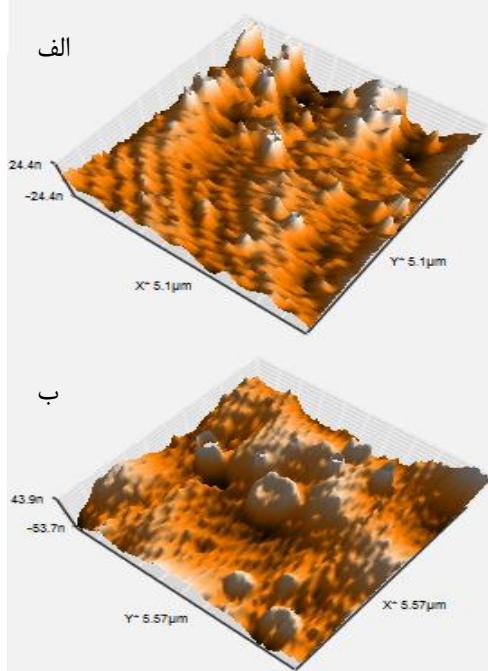
<sup>4</sup> Pulsed laser deposition

<sup>5</sup> X-Ray Diffraction

<sup>6</sup> Atomic Force Microscopy

جدول ۱. خلاصه نتایج XRD نمونه‌های رشد یافته در دمای ۴۰۰ درجه و مساحت زیرلایه‌ی متفاوت.

نمونه	صفحه	زاویه(درجه)	پهنا در نصف طول بیشینه (درجه)	ارتفاع پیک‌ها(cts)	فاصله‌ی بین صفحات (انگستروم)
A( $2\text{mm}^2$ )	(111)	38/46	0/21	580/61	2/33
	(220)	64/74	0/43	99/91	1/43
	(100)	21/35	1/15	31/55	4/15
B( $4\text{mm}^2$ )	(220)	64/75	0/5	74/43	1/43
	(111)	38/41	0/28	119/7	2/34
	(100)	21/75	0/86	23/36	4/08



شکل ۲. بررسی مورفولوژی و ناهمواری سطح با میکروسکوپ نیروی اتمی. الف) میکروگراف AFM سه بعدی نمونه‌ی A (ب) میکروگراف AFM سه بعدی نمونه‌ی B.

#### ۴- نتیجه‌گیری

فیلم نازک باریم استرانتیم تیتانیت با ترکیب شیمیایی  $\text{Ba}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{TiO}_3$  روی زیرلایه‌ی  $\text{Pt}/\text{Ti}/\text{SiO}_2/\text{Si}$  با روش لایه نشانی لیزر پالسی ایجاد شده است. ساختار بلوری و میکروساختار فیلم با روش XRD، مورفولوژی و ناهمواری سطح با AFM مشخص شده است. فیلم‌های نازک ایجاد شده ساختاری بس بلور، سطحی بدون شکاف و ناهمواری سطحی کوچکی دارند. این نتایج نشان می‌دهد که روش لایه نشانی لیزر پالسی در ایجاد فیلم‌های نازک باریم استرانتیم تیتانیت با کیفیت بالا بر روی زیر لایه‌ی  $\text{Pt}/\text{Ti}/\text{SiO}_2/\text{Si}$  کارایی بالایی دارد.

شکل (۱ب) پراکندگی اشعه‌ی ایکس از فیلم نازک BST لایه‌نشانی شده روی زیرلایه B را نشان داده است. در این فیلم نیز بازتاب از صفحات (111)، BST(100) و BST(220) مشاهده می‌شود که شدت بازتاب از دو صفحه‌ی (111) و (220) تقریباً یکسان است. بنابراین این فیلم بصورت بس بلور و بدون جهت ترجیه‌ی رشد یافته است. با استفاده از معادله‌ی شرر<sup>۷</sup> ( $d = \frac{0.9\lambda}{\beta \cos \theta}$ ) سایز ذرات نمونه‌ی A، ۲۲/۹۸ نانومتر و نمونه‌ی B، ۲۳/۸۷ نانومتر بدست آمده است. ارتفاع پیک‌ها، پهنا نصف طول (d-spacing)<sup>۸</sup> و فاصله‌ی بین صفحات (FWHM)<sup>۹</sup> برای دو نمونه در جدول (۱) آمده است.

برای مطالعه و بررسی مورفولوژی و ناهمواری سطح فیلم دو نمونه‌ی A و B از میکروسکوپ نیروی اتمی استفاده شده است. در شکل (۲) میکروگراف AFM سه بعدی از سطح فیلم‌ها آمده است. در هر دو شکل الف و ب هیچ گونه شیار طولانی و یا چاله عمیقی مشاهده نمی‌شود، بنابراین در سطح فیلم‌ها شکاف و یا ناحیه‌ی کوچکی با سطح آزاد وجود ندارد. شکل (۲ الف) گراف سه بعدی از AFM سطح نمونه‌ی A نشان می‌دهد. برای این نمونه ناهمواری میانگین<sup>۹</sup> ۶/۵۲ RMS نانومتر و جذر مربع میانگین<sup>۱۰</sup> (RMS) ناهمواری سطح ۹/۱۲ نانومتر است. برای نمونه‌ی B ناهمواری میانگین ۱۳/۷۲ RMS نانومتر و ناهمواری ۱۷/۸۵ RMS نانومتر است. در شکل (۲ب) گراف سه بعدی از AFM سطح آن آمده است.

<sup>7</sup> Sherrer equation

<sup>8</sup> Full Width at Half Maximum

<sup>9</sup> Average roughness

<sup>10</sup> Root –mean square

## مراجع

- [1] Ashok.Kumar, Sriraj G.Manvalan, *Characterization of barium strontium titanate thin films for tunable microwave and DRAM application*, Surface & Coating Technology, vol.198, pp.406, 2005.
- [2] Kazuaki Kurihara, Tekeshi Shioga, John D.Baniecki, *Electrical properties of low-inductance barium strontium titanate thin film decoupling capacitors*, Journal of European Ceramic Society, vol.24, pp.1873, 2003.
- [3] Koppole C.Sekhar, et al, *Enhanced dielectric and tunable characteristics of K-doped  $Ba_{0.5}Sr_{0.5}TiO_3$  thin films prepared by pulsed laser deposition*, Thin Solid Films, vol.527, pp.267, 2013
- [4] P Bao, T.J.Jackson, X Wang, M.J.Lancaster, *Barium strontium titanate thin film varactors for room temperature microwave device applications*, J. Phys. D: Appl. Phys, vol.41, pp.063001, 2008