

Teknologi Proses Produksi Sensor Cahaya untuk Pengembangan Robotik Berbasis Teknologi Lapisan Tipis Bahan Ferroelektrik Barium Stronsium Titanat ($Ba_{0,55}Sr_{0,45}TiO_3$)

Faanzir dan Umar

Fakultas Teknik Universitas Khairun

Email: anzir_unkhair@yahoo.co.id, dan umarmh@yahoo.com

Abstrak

Lapisan film tipis *ferroelectric* telah digunakan untuk aplikasi dalam medan elektronik dan listrik-optik. *Barium Strontium Titanate* (BST) adalah material *ferroelectric* yang sangat atraktif dan menjadi pusat perhatian berkaitan dengan beberapa keuntungan diantaranya: rugi-rugi optik yang rendah, konstanta dielektrik rendah, dan kapasitas penyimpanan muatan yang tinggi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan sifat-sifat optik dan susunan kristal dari *thin-film* $Ba_{0,55}Sr_{0,45}TiO_3$ (BST) 1 M. Annealing time 15 jam pada temperatur 750°C dan 775°C pada substrat silicon tipe-p dengan menggunakan metode *Chemical Solution Decomposition* (CSD) yang diikuti oleh proses spin coating pada 3000 rpm selama 30 detik. Pengujian sifat-sifat optik termasuk analisis transmitansi dan absorbansi, menunjukkan bahwa peningkatan suhu annealing dapat memperbaiki sifat absorbansi dan celah energi dari BST. Celah energi yang diperoleh dengan menggunakan plot *tauc* adalah 3.05 eV untuk temperatur annealing 750° C dan 3,225 eV untuk temperatur annealing 775° C. Susunan kristal dengan difraksi X-Ray (XRD) menunjukkan bahwa perbedaan temperatur annealing menyebabkan pergeseran sudut difraksi. Struktur pseudo tetragonal dari $Ba_{0,55}Sr_{0,45}TiO_3$ menjadi tetragonal ($c/a < 1$) dan struktur kristal memiliki distribusi orientasi kristal.

Abstract

Ferroelectric thin films have been used for different applications in the fields of electronics and electric-optics. Barium Strontium Titanate (BST) is very attractive ferroelectric material and becomes the center of attention due to its various advantages, including low optical losses, low dielectric constant and high storage capacity. The purpose of this research is to find the optical and crystal structure properties of thin-film $Ba_{0,55}Sr_{0,45}TiO_3$ (BST) 1 M. Annealing time was 15 hours at a temperature of 750°C and 775°C on p-type silicon substrate by using chemical solution decomposition (CSD) methods which is followed by spin coating process at 3000 rpm for 30 seconds. Optical properties test such as absorbance and transmittance analysis, showed that the increase in the annealing temperature can improve the absorbance properties and energy gap of BST. Energy gap obtained by using *tauc* plot are 3.05 eV for the annealing temperature of 750°C and 3.225 eV for the annealing temperature of 775°C. Crystal structure by X-Ray Diffraction (XRD) showed that the difference in annealing temperature causes a shift in the angle of diffraction. The pseudo tetragonal structure of $Ba_{0,55}Sr_{0,45}TiO_3$ becomes tetragonal ($c/a < 1$) and the crystal structure have crystal orientation distribution.

Keywords: *optic properties, thin film, $Ba_xSr_{x-1}TiO_3$, absorbance, energy gap, chemical solution decomposition (CSD)*

1. Latar Belakang

Lapisan film tipis *ferroelectric* telah digunakan untuk berbagai macam aplikasi pada bidang elektronik dan listrik-optik. Diantara bahan *ferroelectric* tersebut, *barium stronsium titanate* (BST) adalah merupakan bahan *ferroelectric* yang sangat menarik karena memiliki rugi optik yang rendah, konstanta dielektrik dan kapasitas penyimpanan muatan yang tinggi [1,6,10], sehingga dapat digunakan sebagai *ferroelectric random access* (FRAM). Selain itu sifat *hysteresis* dan konstanta dielektrik yang tinggi juga dapat diterapkan pada sel memori *dynamic random acces memory* (DRAM) dengan kapasitas penyimpanan melampaui 1 Gbit [1,2,3,6,10]. Sifat *piezoelectric* dan *piroelectric* memungkinkan BST digunakan untuk aplikasi sensor[5], sedangkan sifat elektro-optiknya dapat diterapkan pada *switch* termal infra merah [1,6]. Kelebihan-kelebihan tersebut menyebabkan BST menjadi pusat penelitian untuk dikembangkan menjadi divais generasi baru [6,7,9].

Pembuatan BST dapat dilakukan dengan berbagai teknik, diantaranya dengan *Chemical Solution Deposition* (CSD), *Pulsed Laser Deposition* (PLD), *sputtering*, dan *Metallo-Organic Chemical Vapor Deposition* (MOCVD) [2,6,8]. *Chemical solution deposition* telah dikenal sebagai suatu metode deposisi film semikonduktor sejak tahun 1869. Metode ini merupakan cara pembuatan film tipis dengan mendeposisikan larutan kimia di atas substrat dan kemudian dipreparasi dengan menggunakan *spin coating* pada kecepatan tertentu. Kelebihan dari metode ini adalah lebih murah, sederhana, suhu rendah dan proses yang cepat [2,8]. Masalah utama pada metode ini adalah kestabilan larutan, dimana terkadang terjadi endapan selama penyimpanan.

Model teoritis dan eksperimen untuk meningkatkan mutu film tipis BST dengan metode *Chemical Solution Deposition* (CSD) dan *spin coating* telah dilakukan oleh Frutos et.al [13], Lim et.al [14] dan IBM J. Res. Develop [15], kemudian dimodifikasi dengan memperhitungkan faktor-faktor meliputi tegangan permukaan, viskositas film, kerapatan larutan, kecepatan alir fluida, kecepatan berputar, waktu penumbuhan, bentuk substrat, dan proses penguapan pelarut [11,12,13,14,15].

Aplikasi bahan *ferroelectric* untuk peralatan optoelektronika seperti sel surya, fotoreseptor, sensor warna memerlukan informasi tentang karakteristik optik dari material tersebut, seperti sifat absorpsi dan sifat transmisi [2]. Pada makalah ini, disampaikan hasil penelitian tentang pembuatan lapisan film tipis $Ba_{0,55}Sr_{0,45}TiO_3$ (BST) dengan menggunakan metode *chemical solution decomposit* (CSD) yang diikuti dengan proses *spin coating* pada kecepatan 3000 rpm dan proses *annealing* pada suhu 750°C dan 775°C selama 15 jam

didasar substrat silikon (100) type p. Film tipis yang didapatkan dikarakterisasi sifat optiknya meliputi pengukuran nilai absorpsi dan transmisi film BST [21]. Uji struktur kristal BST juga dilakukan dengan menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD) untuk menentukan parameter kisi film, grain size dan strain [22].

2. Metode Penelitian

2.1 Alat dan bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini berupa neraca analitik model Sartorius *BL6100*, reaktor *spin coater*, Spektroskopi UV-VIS-NIR *OceanOptics*. Furnace merek Vulcan ^{TM-3000}, dan Ultrasonik model Branson 2510. Sedangkan bahan yang digunakan berupa bubuk barium asetat $[Ba(CH_3COO)_2, 99\%]$, stronsium asetat $[Sr(CH_3COO)_2, 99\%]$, titanium isopropoksida $[Ti(C_{12}O_4H_{28}), 97.999\%]$, 2-metoksietanol $[H_3COOCH_2CH_2OH, 99\%]$, *etanol* 96%, Substrat Si tipe-p (100), aquades atau *di water* (*deionisasi water*), HF 5%. Untuk uji struktur Kristal, digunakan set X-Ray Diffraction (XRD) tipe 7000 merk SHIMADZU.

2.2 Persiapan film tipis

Pada penelitian ini digunakan substrat Silikon (Si) tipe p (100) yang dipotong dengan menggunakan pemotong kaca dengan ukuran 1 cm². Substrat tersebut kemudian dicuci dengan menggunakan campuran asam florida (HF) aquadestilasi selama 3 detik dan kemudian dicuci lagi dengan menggunakan aquadestilasi murni selama 30 detik. Substrat Si tersebut ditimbang untuk mendapatkan berat substrat silikon.

2.3 Pembuatan Larutan $Ba_xSr_{1-x}TiO_3$

Pembuatan larutan BST yang ditumbuhkan pada permukaan substrat Si dilakukan dengan menggunakan metode *Chemical Solution Decomposition* (CSD), yaitu dengan mencampurkan Barium Acetate, $Ba(CH_3COO)_2$, Stronsium Acetate $Sr(CH_3COOH)_2$ dan Titanium Isopropoxide $Ti(C_3H_7O)_4$ dengan menggunakan 2-metilethanol $C_3H_8O_2$ sebagai pelarut. Fraksi molar Ba adalah 0,55, dan Sr adalah 0,45. Larutan yang dibuat selanjutnya melalui proses sonikasi selama 90 menit untuk mendapatkan campuran BST yang homogen.

2.4 Prosedur Penumbuhan Film Tipis.

Campuran BST selanjutnya diteteskan pada substrat silikon dan diputar dengan menggunakan *spin coating* selama 30 detik dengan kecepatan 3000 rpm. Proses pelapisan BST pada substrat Si dilakukan 3 kali dengan waktu jeda selama

30 detik. Setelah semua sampel telah dilapisi dengan BST, lapisan tipis film selanjutnya ditimbang

2.5 Proses Annealing.

Proses *annealing* dilakukan dengan menggunakan *furnance* model vulcan ^{TM-300} yang bertujuan untuk mendifusikan larutan BST pada substrat. Proses annealing pada suhu yang berbeda akan menghasilkan karakterisasi film BST yang berbeda dalam hal struktur kristal, ketebalan dan ukuran butir. Substrat Si tipe p yang telah ditumbuhi lapisan BST diannelling pada suhu 725°C dan 775 °C, selama 15 jam dengan kenaikan temperatur 1,67°C/menit.

2.6 Karakterisasi Optik Film Tipis BST

Pengujian absorbansi dilakukan untuk melihat spektrum serapan film tipis BST. Sumber cahaya yang digunakan adalah sumber cahaya tampak, sedangkan alat yang digunakan untuk dalam karakterisasi ini adalah spektroskopi optik VIS-NIR model ocean optics DT-mini-2. Spektroskopi optik yang digunakan dapat mendeteksi sifat absorbansi, transmitansi dan reflektansi film tipis BST. Data yang diperoleh dari hasil pengukuran ini selanjutnya diolah untuk mendapatkan kurva karakteristik absorbansi dan reflektansi dari BST. Nilai koefisien absorbansi dapat dihitung dengan menggunakan [4,10]:

$$\alpha = (1/d) \ln(1/T) \tag{1}$$

Dengan:

- α =koefisien absorbansi
- d =ketebalan lapisan film (cm)
- T =nilai transmitansi

Nilai koefisien absorbansi merupakan fungsi dari panjang gelombang dan fungsi energi foton yang dituliskan dalam bentuk persamaan [4,8]:

$$\alpha = 4\pi k / \lambda \tag{2}$$

$$\alpha \propto (hv - Eg)^n \tag{3}$$

Dengan:

- k =koefisien peredaman
- hv =energi foton (eV)
- λ =panjang gelombang(nm)
- n =menyatakan transisi electron pada semikonduktor

Energi gap diperoleh dengan membuat plotting hubungan antara $(\alpha hv)^{1/n}$ terhadap hv . Ekstrapolasi dilakukan pada kurva yang meningkat tajam untuk mendapatkan nilai Eg yang sesuai. Metode ini dikenal dengan metode tauch [10].

Jika gelombang cahaya mengenai suatu material, maka intnsitas gelombang cahaya tersebut akan diredam. Amplitude gelombang akan berkurang secara eksponensial. Salah satu parameter untuk mengetahui efek peredaman tersebut adalah konstanta redaman. Besar konstanta redaman dihitung menggunakan persamaan [12]:

$$k = (\alpha\lambda)/(4\pi k) \tag{4}$$

2.7 Uji Struktur Kristal Film Tipis BST

Uji struktur Kristal BST dilakukan dengan menggunakan XRD. Komponen utama XRD, yaitu terdiri dari tabung katoda (tempat terbentuknya sinar-X), sampel holder dan detektor. XRD memberikan data-data difraksi dan kuantisasi intensitas difraksi pada sudut-sudut dari suatu bahan. Data yang diperoleh dari XRD berupa intensitas difraksi sinar-X yang terdifraksi dan sudut-sudut 2θ . Tiap pol yang muncul pada pola XRD mewakili satu bidang kristal yang memiliki orientasi tertentu. Persamaan yang disebut dengan hukum Bragg adalah :

$$\text{Beda lintasan } (\delta) = n \tag{5}$$

$$n \lambda = 2 d \sin\theta \tag{6}$$

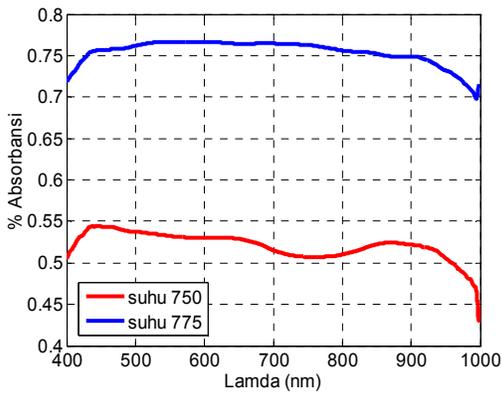
dengan λ merupakan panjang gelombang, d adalah jarak antar bidang, n adalah bilangan bulat (1,2,3, ...) yang menyatakan orde berkas yang dihambur, dan θ adalah sudut difraksi.

3. Hasil dan Pembahasan

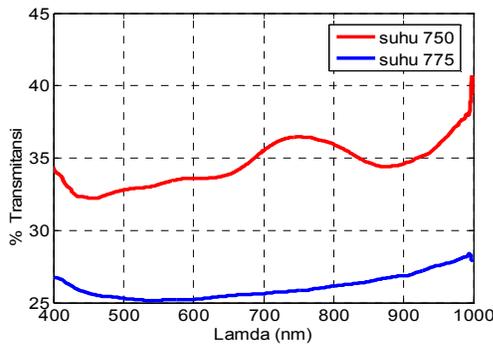
2.8 Sifat Absorpsi dan Transmitansi

Uji absorbansi dan transmitansi dilakukan untuk melihat spektrum serapan BST, yang selanjutnya dijadikan dasar untuk memilih sumber cahaya yang akan digunakan ketika film BST dijadikan sensor, terutama sensor cahaya.

Hasil karakteristik absorbansi pada Gambar 1 menunjukkan bahwa sampel dengan suhu *annealing* 750 °C maksimum menyerap cahaya dengan panjang gelombang 440nm spektrum cahaya ungu dan minimum menyerap cahaya pada panjang gelombang 750nm. Sampel dengan suhu 775°C mempunyai titik maksimum penyerapan cahaya yang cukup lebar, yaitu 510nm – 560nm, sedangkan titik minimum penyerapan berada pada panjang gelombang kurang dari 500nm dan lebih besar dari 900nm.



Gambar 1. Karakteristik Absorbansi Film Tapis Barium Stronsium Titanat (BST).



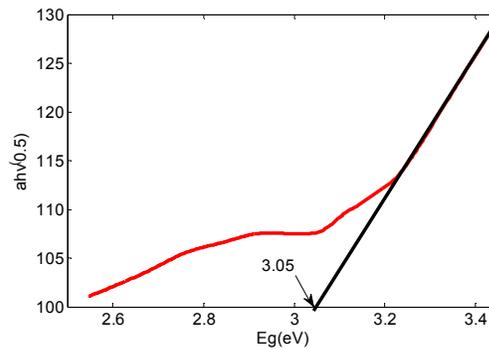
Gambar 2. Karakteristik Transmittansi Film Tapis Barium Stronsium Titanat (BST)

Sifat transmittansi dari BST diperlihatkan pada Gambar 2. Sampel dengan suhu 750°C memiliki titik transmittansi maksimum pada panjang gelombang 750 nm dan titik transmittansi minimum terjadi pada 440nm. Kemudian subtrak dengan suhu *annealing* 775°C memiliki titik transmittansi minimum pada panjang gelombang 550nm dan transmittansi maksimum pada gelombang kurang dari 400nm dan lebih dari 850 nm. Pada titik transmittansi minimum ini menunjukkan bahwa elektron tidak dapat menyerap energi pada panjang gelombang tersebut sehingga energi yang diberikan hanya dilewatkan saja.

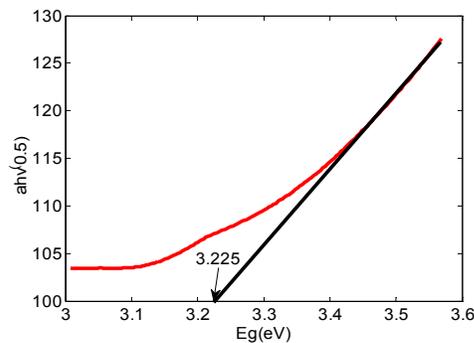
Peningkatan suhu *annealing* menyebabkan semakin bertambah besarnya *grand sized* dan *strain* mikro film BST yang ditumbuhkan [11]. Hal ini menyebabkan kemampuan absorpsi cahaya oleh BST dengan suhu *annealing* juga meningkat seperti yang diperlihatkan pada Gambar 1.

2.9 Energi gap (Eg)

Gambar 3 dan 4 menunjukkan hubungan $(\alpha h\nu)^{0.5}$ sebagai fungsi $h\nu$. Nilai E_g diperoleh dengan melakukan ekstrapolasi pada masing-masing grafik tersebut. Gambar 3 menunjukkan bahwa energi gap untuk BST dengan suhu *annealing* 750°C adalah 3,05 eV, sedangkan untuk suhu *annealing* 775°C diperoleh energi gap sebesar 3,225 eV, hal ini disebabkan peningkatan nilai absorbansi BST pada suhu 775°C menyebabkan energi gap untuk BST pada suhu 775°C memiliki energi gap yang lebih besar dibandingkan dengan BST pada suhu 750°C



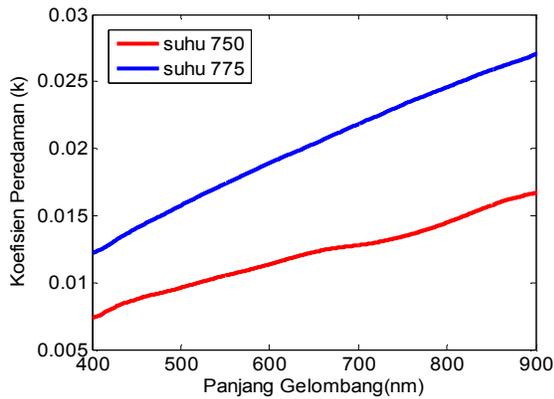
Gambar 3. Energi Gap Film Tapis Barium Stronsium Titanat (BST) pada Suhu *annealing* 750°C



Gambar 4. Energi Gap Film Tapis Barium Stronsium Titanat (BST) pada Suhu *Annealing* 775°C

2.10 Konstanta Peredaman (k)

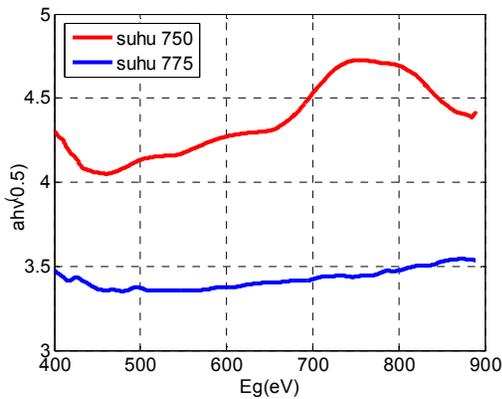
Dari Gambar 5, terlihat bahwa konstanta peredaman dari BST dengan suhu *annealing* 775°C lebih tinggi dibandingkan dengan BST dengan suhu *annealing* 750°C. Hal ini disebabkan bahwa nilai absorbansi dari BST 775 oC lebih besar karena pengaruh bertambahnya *grand sized* dan *strain* mikro BST ketika suhu *annealing*nya ditingkatkan.



Gambar 5. Konstanta Peredaman (k) Film Tipis Barium Stronsium Titanat (BST) pada Suhu *Annealing* 775°C

2.11 Indeks Bias

Gambar 6 menunjukkan hubungan antara indeks bias sampel sebagai fungsi dari panjang gelombang. Dari gambar tersebut terlihat bahwa indeks bias sampel dengan suhu *annealing* 775°C lebih kecil dari indeks bias sampel dengan suhu *annealing* 750°C.



Gambar 6. Indeks Bias Film Tipis Barium Stronsium Titanat (BST) pada Suhu *Annealing* 750°C dan 775°C.

2.12 Struktur Kristal

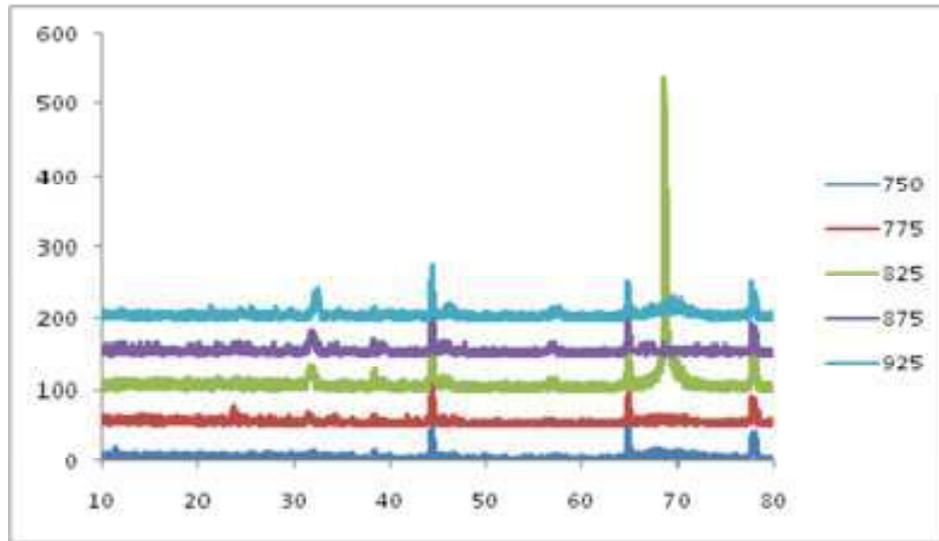
Analisa struktur kristal dilakukan menggunakan alat XRD tipe 7000 merk SHIMADZU pada film tipis Ba_{0.55}Sr_{0.45}TiO₃ yang telah di *annealing* pada variasi suhu 750°C, 775°C, 825°C, 875°C dan 925°C selama 15 jam. Pola difraksi sinar-X film yang dihasilkan pada Gambar 7, menunjukkan puncak-puncak difraksi yang terbentuk mengindikasikan partikel film Ba_{0.55}Sr_{0.45}TiO₃ memiliki

distribusi orientasi kristal. Munculnya puncak Si yang terlalu tinggi sendiri pada suhu 825 °C dikarenakan masih terlalu tipisnya lapisan Ba_{0.55}Sr_{0.45}TiO₃ yang terbentuk sehingga sinar-X mampu menembus film, dengan demikian hamburan yang dihasilkan berasal dari Si.

Indeks miller film Ba_{0.55}Sr_{0.45}TiO₃ ditentukan dari puncak-puncak difraksi dengan menganggap struktur kristal film Ba_{0.55}Sr_{0.45}TiO₃ adalah struktur kubik. Indeks miller yang diperoleh digunakan untuk menentukan parameter kisi dengan menganggap film BST dalam struktur tetragonal. Puncak-puncak difraksi memperlihatkan nilai parameter kisi a dan c dari film BST berturut-turut 4.189281 Å, 4.508277 Å, 4.099440 Å, 3.769150 Å, 3.988887 Å dan 3.859866 Å, 3.853330 Å, 4.102501 Å, 3.221581 Å, 3.409395 Å. Parameter kisi c lebih kecil dari parameter kisi a kecuali pada suhu 825°C, dengan nilai c/a masing-masing film BST berturut-turut 0.921367, 0.854723, 1.000747, 0.854723, 0.854723, sehingga diperoleh c/a untuk masing-masing film BST kurang dari 1 kecuali pada suhu 825°C. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa struktur film Ba_{0.55}Sr_{0.45}TiO₃ yang dibuat adalah peusedo tetragonal. Hal tersebut menunjukkan telah terjadinya perubahan fasa pada film Ba_{0.55}Sr_{0.45}TiO₃ dari struktur tetragonal menjadi peusedo tetragonal.

Suatu kristal mengandung beberapa bidang atom. Bidang-bidang ini mempengaruhi sifat dan perilaku material, sehingga bermanfaat untuk mengidentifikasi berbagai bidang dalam kristal. Difraksi kuat tiap film BST terjadi pada bidang (200). Hal ini disebabkan oleh banyaknya bidang pendifraksi pada bidang (200) yang memiliki parameter kisi sama dengan jarak yang berdekatan, sehingga gelombang-gelombang yang mengalami difraksi tidak terlalu berbeda fasa, dan cenderung konstruktif.

Perbedaan dari tiga film Ba_{0.55}Sr_{0.45}TiO₃ yang di sintesa terlihat pada tinggi dan rendahnya intensitas difraksi pada masing-masing film Ba_{0.55}Sr_{0.45}TiO₃. Secara keseluruhan intensitas difraksi tertinggi dimiliki oleh sampel dengan suhu *annealing* 925°C. Intensitas difraksi terendah dimiliki oleh sampel dengan suhu *annealing* 750°C. Disimpulkan film dengan *annealing* 925°C adalah sampel yang memiliki struktur kristal paling baik dibanding kedua sampel lainnya. Hal ini dikarenakan semakin tinggi puncak intensitas difraksi maka semakin menunjukkan banyaknya jumlah bidang pendifraksi yang seragam dalam orientasi bidang yang sama. Perbedaan lainnya, yaitu terlihat adanya sedikit pergeseran sudut difraksi pada sebagian bidang yang terlihat berbeda disetiap film Ba_{0.55}Sr_{0.45}TiO₃. Hal ini dikarenakan adanya pengaruh perbedaan perlakuan suhu *annealing*.



Gambar 7. Pola Difraksi Film $Ba_{0.55}Sr_{0.45}TiO_3$

Indeks miller film BST ditentukan dari puncak-puncak difraksi dengan menganggap struktur kristal film BST adalah struktur kubik. Indeks miller yang diperoleh digunakan untuk menentukan parameter kisi dengan menganggap film BST dalam struktur tetragonal. Suatu kristal mengandung beberapa bidang atom. Bidang-bidang ini mempengaruhi sifat dan perilaku material, sehingga bermanfaat untuk mengidentifikasi berbagai bidang dalam kristal. Difraksi kuat tiap film BST terjadi pada bidang (110). Hal ini disebabkan oleh banyaknya bidang pendifraksi pada bidang (110) yang memiliki parameter kisi sama dengan jarak yang berdekatan, sehingga gelombang-gelombang yang mengalami difraksi tidak terlalu berbeda fasa, dan cenderung konstruktif. Intensitas difraksi terendah terjadi pada bidang (210) yang disebabkan difraksi sinar-X yang terjadi berupa interferensi destruktif sehingga

gelombang yang dihamburkan akan saling menghilangkan.

Nilai parameter kisi masing-masing film $Ba_{0.55}Sr_{0.45}TiO_3$ ditunjukkan pada Tabel 1. Suhu annealing 825^oC memiliki nilai parameter kisi sedangkan suhu annealing 750^oC memiliki grain size paling besar. Kristalinitas lapisan film sebanding dengan bertambahnya ukuran grain. Ini berarti bahwa semakin besar grain size dari suatu morfologi film, kualitas kristalnya semakin baik. Perlakuan panas menggunakan suhu annealing yang bervariasi dapat berpengaruh terhadap mikrostruktur bahan. Ketika suhu annealing dinaikkan menjadi 925^oC nilai parameter kisi dan grain sizenya menurun. Hal ini menunjukkan fungsi annealing maksimum pada suhu 875^oC.

Tabel 1. Parameter Kisi Film, Grain Size dan Strain Film $Ba_{0.55}Sr_{0.45}TiO_3$

Suhu Annealing (°C)	Parameter kisi			Grain size (°A)	Strain
	a (°A)	c (°A)	c/a		
750	4.189281	3.859866	0.921367	5305.778	0.00197
775	4.508277	3.853330	0.854723	451.7771	0.00001
825	4.099440	4.102501	1.000747	242.9905	0.00491
875	3.769150	3.221581	0.854723	2169.803	0.00433
925	3.988887	3.409395	0.854723	304.4585	0.00283

Annealing pada suhu 925°C mempengaruhi ukuran grain film menjadi lebih kurang rapat, kurang kompak, kurang teratur dan kurang homogen, sehingga menurunkan *grain size* dari morfologi film, sehingga kualitas kristalnya menjadi kurang baik. Semakin tinggi suhu *annealing* akan mengakibatkan ukuran butir kristal film membesar. Membesarnya ukuran butir mempengaruhi jarak atom-atom dalam kristal yang semakin berdekatan sehingga akan mengakibatkan parameter kisi menurun.

4. Kesimpulan

1. Film tipis $Ba_{0,55}Sr_{0,45}TiO_3$ (BST) yang ditumbuhkan diatas substrat Si tipe p memiliki spektrum absorbansi cahaya pada gelombang yang lebar, dimana kurva absorbansi sampel dengan suhu *annealing* 775°C lebih besar dibandingkan dengan suhu 750°C. Titik maksimum penyerapan cahaya sampel dengan suhu *annealing* 775°C adalah 510nm – 560nm dan titik minimum penyerapan berada pada panjang gelombang kurang dari 500nm dan lebih besar dari 900nm.
2. Peningkatan suhu *annealing* meningkatkan sifat absorbansi dan energi gap film, dari 3,05 eV pada suhu 750°C menjadi 3,225 eV pada suhu *annealing* 775°C.
3. Indeks bias film tipis BST dengan suhu *annealing* 775°C lebih kecil dari indeks bias suhu 750 °C. Hal ini berarti daya serap cahaya (absorbansi) pada sampel 775oC lebih besar dibandingkan dengan suhu *annealing* 750°C.
4. Perbedaan perlakuan suhu *annealing* menyebabkan pergeseran sudut difraksi pada sebagian bidang yang terlihat berbeda di setiap film $Ba_{0,55}Sr_{0,45}TiO_3$.
5. Partikel film $Ba_{0,55}Sr_{0,45}TiO_3$ memiliki distribusi orientasi Kristal.
6. Terjadinya perubahan fasa pada film $Ba_{0,55}Sr_{0,45}TiO_3$ dari struktur tetragonal menjadi peusedo tetragonal ($c/a < 1$).

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Dirjen Dikti Kemendikbud atas dana hibah Pekerti Unkhair-IPB. Ucapan yang sama pula kami sampaikan kepada bapak Irzaman, bapak Husin Alatas, bapak Akhiruddin Maddu, saudara Ridwan Siskandar dan saudara Abd. Wahidin Nuayi atas segala bantuan dan saran yang sangat berharga pada saat peneliti ini dilaksanakan di IPB.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Irzaman. 2008. *Studi Fotodiode Film Tipis Semikonduktor $Ba_{0,6}Sr_{0,4}TiO_3$ Di Dadah Tantalum*, Jurnal Sains Material Indonesia. 10(1): 18-22.
- [2] Ananto Yudi H. 2008. *Sifat Optik Film Tipis $Ba_{0,6}Sr_{0,4}TiO_3$ Doping Fe_2O_3* , Skripsi. Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam IPB.
- [3] Bud Noren. 2004. *Thin Film Barium Stronsium Titanate (BST) For New Class Of Tunable RF Components*. Microwave Journal, Horizon House Publication.
- [4] Abd. Wahidin Nuayi. 2013. *Peningkatan Absorpsi Foton pada Film Tipis Semikonduktor $Ba_xSr_{1-x}TiO_3$ dengan Menggunakan Kristal Fotonik*. Thesis. Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam IPB.
- [5] A. Ardian et al, *Penerapan Film Tipis $Ba_{0,6}Sr_{0,4}TiO_3$ (BST) yang Didadah Ferium Oksida Sebagai Sensor Suhu Berbantuan Mikrikontroler*. Jurnal Berkala Fisika 13(2): C53-C64.
- [6] Ayub Imanuel A.S. 2012. *Pembuatan Dan Karakterisasi Film $Ba_{0,4}Sr_{0,6}TiO_3$ dibandingkan dengan Film $Ba_{0,5}Sr_{0,5}TiO_3$* . Skripsi. Departemen Fisika, Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam IPB.
- [7] M. Enhessari et al. 2011. *Synthesis and Characterization of Barium Stronsium Titanate (BST) Micro / Nanostructures Prepared By Improved Methods*. International Journal of Nano Dimension: 85-103.
- [8] S. Bobby Singh et al. 2008. *Optical and Structural Properties of Nano-Sized Barium Stronsium Titanate ($Ba_{0,6}Sr_{0,4}TiO_3$) Thin Film*. Modern Physics Letters, 22 (9): 693-700.
- [9] Thomas Rimmel et al. 1999. *Characterization of Barium Strontium Titanate Using XRD, JCPDS*.
- [10] M.Romzie. 2008. *Studi Konduktivitas Listrik, Kurva I-V dan Celah Energi Fotodiode Berbasis Film Tipis $Ba_{0,75}Sr_{0,25}TiO_3$ (BST) yang Didadah Galium (BSGT) Menggunakan Metode Chemical Solution Deposition (CSD)*. Skripsi. Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam IPB.
- [11] Irzaman et al. 2007. *Microstrain, Particle Size and Lattice Constant of $CaCO_3$ Ceramic by Rietveld Analysis*. International Publication of The Malaysia Nuclear Society (MNS), pp 43-46.

- [12] Akhiruddin Maddu, *Pengaruh Ketebalan Terhadap Sifat Optik Lapisan Semikonduktor CuO₂ yang Dideposisikan dengan Chemical Bath Deposition*.
- [13] Frutos, J., et al. 1998. *New Environmental Infrared Sensors*. IEEE Electron Device Letters. pp. 203 – 206.
- [14] Lim, S.S. et al. 2000. *Dielectric and Pyroelectric Properties of (Ba,Sr,Ca)TiO₃ Ceramics for Uncolled Infrared Detectors*. Jpn. J. Appl. Phys. **39** (8): 4835 – 4838.
- [15] Washo, B.D. 1997. *Reology and Modelling of the Spin Coating Process*. IBM Res. Develop. pp. 190 – 198.
- [16] Meyerhofer, D. 1978. *Characteristics of Resist Films Produced by Spining*. J. Appl. Phys. **49** (7):3993 – 3997.
- [17] Daughton, W.J. and F.L. Givens. 1982. *An Investigation of the Thickness Variation of Spun-on Thin Films Commonly Associated with The Semiconductor Industry*. J. Electrochem. Soc., pp. 173 – 179.
- [18] Scriven, L.E. 1988. *Physics and Application Dip Coating and Spin Coating*. Mat. Res. Soc. Symp. Proc. **121**, page 717 – 729.
- [19] Fitrilawati, et al. 1999. *Effects of Solvent and Processing Parameters on The Surface and Optical Qualities of Sincoated PVK Films*. *Internal publication*.
- [20] Walsh, C.B., and E.I. Franses. 1999. *Thickness and Quality of Spin Coated Polymers Films by Two Angle Ellispometer*. Thin Solid Films. **347**, pp. 167 - 177.
- [21] Umar et all. 2013. *Uji Sifat Optik Pada Film Tipis Ba_{0,55}Sr_{0,45}TiO₃*. Simposium Nasional Inovasi Pembelajaran dan Sains 2013 (SNIPS 2013). 3-4 Juli 2013, Bandung, Indonesia. Hal. 280 -283.
- [22] Faanzir et all. 2013. *Analisis Struktur Kristal pada Lapis Tipis Ba_{0,55}Sr_{0,45}TiO₃*. Simposium Nasional Inovasi Pembelajaran dan Sains 2013 (SNIPS 2013). 3-4 Juli, Bandung, Indonesia. Hal. 317-319.