

SIFAT LISTRIK DAN OPTIK LAPISAN TIPIS BAHAN SEMIKONDUKTOR Sn(S_{0,5}Te_{0,5}), Sn(S_{0,4}Te_{0,6}), DAN Sn(S_{0,2}Te_{0,8}) HASIL PREPARASI DENGAN TEKNIK EVAPORASI TERMAL UNTUK APLIKASI SEL SURYA

ELECTRICAL AND OPTICAL PROPERTIES OF Sn(S_{0,5}Te_{0,5}), Sn(S_{0,4}Te_{0,6}), AND Sn(S_{0,2}Te_{0,8}) SEMICONDUCTORS THIN FILM PREPARED BY USING THERMAL EVAPORATION TECHNIQUE FOR SOLAR CELL APPLICATION

Oleh :

Kurnia Fatmasari¹⁾, Tjipto Sujitno²⁾, dan Ariswan¹⁾

¹⁾Program Studi Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Yogyakarta

²⁾Pusat Sains dan Teknologi Akselerator Yogyakarta

kurniafatmasari19@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat listrik dan optik Sn(S_{0,5}Te_{0,5}), Sn(S_{0,4}Te_{0,6}), dan Sn(S_{0,2}Te_{0,8}) dengan teknik evaporasi termal untuk aplikasi sel surya. Untuk tujuan ini, telah dilakukan preparasi lapisan tipis Sn(S_{0,5}Te_{0,5}), Sn(S_{0,4}Te_{0,6}), dan Sn(S_{0,2}Te_{0,8}) menggunakan teknik evaporasi vakum dengan substrat kaca pada tekanan 2×10^{-5} mbar, dan jarak *crucible* ke substrat adalah 10 cm. Sifat listrik telah dianalisis dengan menggunakan metode probe empat titik (FPP) 5000 dan sifat optik menggunakan UV-Vis Spectrophotometer. Hasil penelitian menunjukkan resistivitas slice rerata dari lapisan tipis Sn(S_{0,5}Te_{0,5}) adalah 4,92 (Ω-cm) dan jenis konduktansinya adalah tipe P, untuk lapisan tipis Sn(S_{0,4}Te_{0,6}), resistivitas slice reratanya adalah 0,586 (Ω-cm) dan jenis konduktansinya adalah tipe P. Untuk lapisan tipis Sn(S_{0,2}Te_{0,8}), resistivitas slice reratanya $1,035 \times 10^{-2}$ (Ω-cm) dan tipe konduktansinya adalah tipe P. Dari pengamatan sifat optik menggunakan Spektrofotometer Lambda 25 UV-Vis dan setelah dihitung dengan menggunakan metode *taue plot*, band gap lapisan tipis dapat dihitung dengan menggunakan Software Ms.Origin 6.1. Hasil analisis menunjukkan bahwa band gap Sn(S_{0,5}Te_{0,5}) adalah 0,96 eV dan untuk Sn(S_{0,4}Te_{0,6}) <1,5 eV.

Kata kunci: Sifat listrik, sifat optik, lapisan tipis, semikonduktor

Abstract

*The aims of the research is to characterize the electrical and optical properties of Sn(S_{0,5}Te_{0,5}), Sn(S_{0,4}Te_{0,6}), and Sn(S_{0,2}Te_{0,8}) a promising solar cell application were grown on glass substrate by using thermal evaporation technique. For this purpose, the preparation has been done by grooming of thin film of Sn(S_{0,5}Te_{0,5}), Sn(S_{0,4}Te_{0,6}), and Sn(S_{0,2}Te_{0,8}) using vacuum evaporation technique on glass substrate at the pressure 2×10^{-5} mbar, and distance of crucible to substrate is in order of 10 cm. The electrical and optical properties have been analyzed using four point probe (FPP) method and UV-Vis Spectrophotometer respectively. The result of this research shows that the average slice resistivity of Sn(S_{0,5}Te_{0,5}) thin film is in order of 4,91 (Ω-cm) and the type of conductance is P type, for Sn(S_{0,4}Te_{0,6}) thin film, the average slice resistivity is in order of 0,586 (Ω-cm) and the type of conductance is P type. For Sn(S_{0,2}Te_{0,8}) thin film, the average slice resistivity is in order of $1,035 \times 10^{-2}$ (Ω-cm) and the type of conductance is P type. From optical properties observation using Lambda 25 UV-Vis Spectrophotometer and after being calculated using *taue plot*, the band gap of thin film can be calculated using Ms.Origin 6.1 Software. The result of the analysis shows that band gap of Sn(S_{0,5}Te_{0,5}) is 0,96 eV and for Sn(S_{0,4}Te_{0,6}) is <1,5 eV.*

Keywords: electrical properties, optical properties, thin films, semiconductor

PENDAHULUAN

Saat ini fenomena yang ada di dunia adalah tentang ketidakseimbangan permintaan dan penawaran serta akses terhadap sumber daya energi. Energi mempunyai peran yang sangat penting dalam kehidupan manusia. Hampir semua aktifitas manusia tergantung pada energi. Pemanfaatan energi secara berlebihan terutama untuk energi yang tidak dapat diperbarui menyebabkan krisis energi. Saat ini setiap tahun terjadi kelangkaan bahan bakar minyak (BBM), hal ini terjadi karena tingginya kebutuhan BBM dan permintaan serta kebutuhan BBM selalu meningkat setiap waktunya.

Perkembangan Ilmu Fisika khususnya dalam bidang elektronika mempunyai peran penting dalam perkembangan dunia teknologi. Energi matahari (surya) menjadi salah satu alternatif sebagai solusi untuk menghindari krisis energi. Saat ini para ilmuwan sedang meneliti mengenai energi surya. Teknologi sel surya (*photovoltaic*) adalah teknologi yang mampu mengubah energi matahari (surya) menjadi energi listrik dengan menggunakan piranti semikonduktor yang mempunyai sambungan p-n (*p-n junction*).

Salah satu bahan semikonduktor yang menjadi perhatian saat ini adalah bahan Sn(STe). Bahan semikonduktor Sn (S Te) terdiri dari gabungan tiga unsur yaitu Sn (*Stannum*), S (*Sulfide*), dan Te (*Telurium*). *Stannum* atau juga dikenal dengan *Tin* yang merupakan unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki simbol Sn memiliki nomor atom 50, massa atom relatif 118,71 gram/mol, titik lebur 231,93° C, dan titik didih 2602° C. Sn termasuk golongan IV pada tabel berkala dan memiliki struktur kristal *tetragonal* dan *kubik diamond* dengan mempunyai energi gap sebesar 0,7 eV (Mark Winter, 2015). Semikonduktor berbahan dasar Sn sangat berpotensi untuk digunakan sebagai pencegah korosi yang berfungsi sebagai pelindung logam lain dan pembuat kaca. *Sulfide* (S) merupakan logam berwarna kelabu dalam bentuk pelet, termasuk golongan VI pada tabel berkala, memiliki nomor atom 16, dan massa atom relatif (Ar) 32,07 gram/mol. Sulfida memiliki titik lebur 115,21°C dan titik didih 444,6°C. Sulfida menunjukkan sifat fotovoltaiik (mengubah cahaya menjadi listrik) dan sifat fotokonduktif (penurunan hambatan listrik

dengan meningkatnya cahaya dari luar dan menjadi penghantar listrik ketika terpapar cahaya dengan energi yang cukup). Sifat-sifat ini membuat sulfida berguna dalam produksi fotosel dan exposuremeter untuk tujuan fotografi, seperti sel matahari (Muhammad, 2016:14).

Telurium termasuk golongan VI yang memiliki nomor atom 52, massa atom relatif (Ar) 127,6 gram/mol. Te memiliki titik lebur 449,51°C dan titik didih pada suhu 989,9°C (Setyaningrum, 2016: 23). *Telurium* memiliki warna putih keperak-perakan, dalam keadaan murninya menunjukkan kilau logam, biasanya terbentuk dengan warna abu-abu gelap dan bersifat semilogam (metalloid), cukup rapuh, agak beracun dan dapat dihaluskan dengan mudah. *Telurium amorf* ditemukan pada pengendapan telurium dari larutan asam tellurat. *Telurium* adalah sebuah semikonduktor yang memiliki konduktivitas listrik sedikit meningkat bila terkena cahaya (fotokonduktivitas). Bentuk dari senyawa ini masih dipertanyakan, amorf atau terbentuk dari kristal.

Sn(STe) merupakan material semikonduktor hasil perpaduan dari bahan semikonduktor antara SnS dan SnTe. Berdasarkan (Cheng, 2012: 7), bahan SnS memiliki *band gap* sebesar 1,5 eV. Sedangkan SnTe adalah material termoelektrik yang memiliki *energi gap* sekitar 0,35 eV (Saini, 2010:5).

Proses pembuatan lapisan tipis terus berkembang hingga saat ini dan sudah menjangkau dalam semua bidang, antara lain pada bidang elektronika (pembuatan foto detektor, kapasitor, dan mikroelektronika). Proses pembuatan lapisan tipis dapat dengan berbagai metode seperti *Physical Vapor Deposition* (PVD) dan *Chemical Vapor Deposition* (CVD). Metode CVD meliputi *Metalorganic Chemical Vapor Deposition* (MOCVD), *Low Pressure Chemical Vapor Deposition* (LPCVD), *Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition* (PECVD), dan *Photo Chemical Vapor Deposition* (PCVD), serta *Closed Space Vapor Deposition* (CSVD), *sputtering*, dan *evaporation vacuum* (Ohring, 2002: 96).

Pada penelitian ini disajikan hasil proses preparasi lapisan tipis dengan menggunakan teknik vakum evaporasi. Teknik vakum

evaporasi adalah salah satu teknik yang digunakan untuk memperoleh lapisan tipis dengan penguapan bahan pada ruang vakum. Keunggulan dari teknik vakum evaporasi adalah proses pendeposisian tanpa dibantu oleh ionisasi. Hasil preparasi lapisan tipis dengan teknik vakum evaporasi dapat dipengaruhi oleh beberapa parameter deposisi, diantaranya sebagai berikut tekanan gas, laju deposisi, temperatur substrat, jarak antara substrat dan temperatur sumber.

Pada penelitian ini proses pembuatan lapisan tipis $S_n(S_{0,5}Te_{0,5})$, $S_n(S_{0,4}Te_{0,6})$, dan $S_n(S_{0,2}Te_{0,8})$ yang dideposisikan pada substrat kaca dengan teknik evaporasi hampa. Kemudian lapisan tipis $S_n(S_{0,5}Te_{0,5})$, $S_n(S_{0,4}Te_{0,6})$, dan $S_n(S_{0,2}Te_{0,8})$ dikarakterisasi sifat listrik dan sifat optiknya. Metode untuk mengetahui resistivitasnya pada lapisan tipis ini diamati dengan menggunakan *Four Point Probe* (FPP) dan untuk mengetahui sifat optik dari lapisan tipis pada penelitian ini menggunakan UV-Vis *Spectrofotometer*.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan mulai bulan Juli 2016 sampai dengan Juli 2017. Tahap karakterisasi untuk mengetahui sifat listrik lapisan tipis $S_n(S_{0,5}Te_{0,5})$, $S_n(S_{0,4}Te_{0,6})$, dan $S_n(S_{0,2}Te_{0,8})$ dengan menggunakan alat *Four Point Probe* (FPP) dilaksanakan pada bulan Agustus 2016 sampai Januari 2017 di Laboratorium Fisika Partikel, Pusat Sains dan Teknologi Akselerator (PSTA) Yogyakarta. Tahap karakterisasi untuk mengetahui sifat optik dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis

dilaksanakan pada bulan Oktober 2016 dan Juli 2017 di Laboratorium kimia Universitas Gajah Mada.

Langkah Penelitian

Proses pengambilan data pada penelitian ini dibagi menjadi dua tahapan. Tahap pertama adalah tahap persiapan dan pelaksanaan preparasi. Tahap kedua adalah tahap karakterisasi material bahan semikonduktor lapisan tipis $S_n(S_{0,5}Te_{0,5})$, $S_n(S_{0,4}Te_{0,6})$, dan $S_n(S_{0,2}Te_{0,8})$ yang merupakan bahan hasil preparasi dengan menggunakan teknik vakum evaporasi klasik,

Teknik Analisis Data

Data sifat optik yang diuji menggunakan spektrofotometer UV-VIS berupa nilai absorbansi terhadap panjang gelombang. Kemudian data tersebut dianalisis menggunakan metode *taue plot* dengan bantuan software Ms.Origin 6.1.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Dari hasil karakterisasi menggunakan FPP 5000 untuk bahan $S_n(S_{0,5}Te_{0,5})$, $S_n(S_{0,4}Te_{0,6})$, dan $S_n(S_{0,2}Te_{0,8})$ diperoleh data pada table 1, 2, dan 3.

Tabel 1. Tabel Hasil Karakterisasi Sifat Listrik Sampel $S_n(S_{0,5}Te_{0,5})$

V/I (10^2) (Ω)	Sheet (10^3) (Ω/SQ)	Slice ($\Omega.cm$)	Thick (10^{-3}) (cm)	Type
4,27	1,936	4,92	0,517	P
4,26	1,932	4,91	0,517	P
4,26	1,933	4,91	0,517	P

Tabel 2. Tabel Hasil Karakterisasi Sifat Listrik Sampel $S_n(S_{0,4}Te_{0,6})$

V/I (10^2) (Ω)	Sheet (10^3) (Ω/SQ)	Slice ($\Omega.cm$)	Thick (10^{-3}) (cm)	Type
0,519	0,235	0,598	4,25	P
0,502	0,228	0,578	4,39	P
0,507	0,230	0,584	4,35	P

Tabel 3. Tabel Hasil Karakterisasi Sifat Listrik Sampel $S_n(S_{0,2}Te_{0,8})$

V/I (Ω)	Sheet (Ω/SQ)	Slice (10^{-2}) ($\Omega.cm$)	Thick (10^{-3}) (cm)	Type
0,907	4,11	1.044	2,43	P
0,896	4,06	1.032	2,46	P
0,894	4,05	1.029	2,47	P

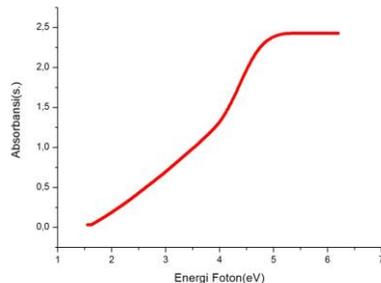
Dari hasil analisis sifat listrik lapisan tipis $S_n(S_{0,5}Te_{0,5})$, $S_n(S_{0,4}Te_{0,6})$, dan $S_n(S_{0,2}Te_{0,8})$ ternyata semuanya bertipe-p. Untuk Sampel $S_n(S_{0,5}Te_{0,5})$ diperoleh nilai resistivitas sheet reratanya sebesar $(1,934 \times 10^3) \Omega/SQ$ dan resistivitas slice reratanya adalah $4,92 \Omega.cm$.

Untuk Sampel $\text{Sn}(\text{S}_{0,4}\text{Te}_{0,6})$ diperoleh nilai resistivitas slice reratanya sebesar $0,586 \Omega\cdot\text{cm}$. Dan resistivitas sheetnya sebesar $(0,236 \times 10^3) \Omega/\text{SQ}$. Untuk Sampel $\text{Sn}(\text{S}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$ nilai resistivitas sheet reratanya sebesar $(0,407 \times 10^3) \Omega/\text{SQ}$ dan besar resistivitas slice nya adalah $(1,035 \times 10^{-2}) \Omega\cdot\text{cm}$.

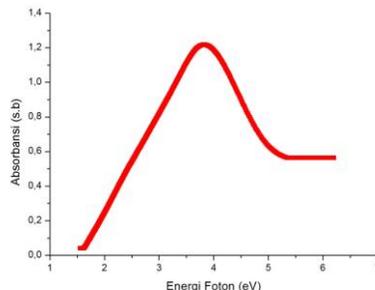
Suatu bahan lapisan tipis dapat diketahui sifat optiknya dengan menggunakan Spektrofotometer UV-Vis. Informasi langsung dari uji optik berupa nilai absorbansi lapisan tipis $\text{Sn}(\text{S}_{0,5}\text{Te}_{0,5})$ dan $\text{Sn}(\text{S}_{0,4}\text{Te}_{0,6})$.

Untuk menentukan besarnya celah energi/ band gap bahan, digunakan metode *taue plot* menggunakan software Ms. Origin 6.1. Pada Gambar 4, 5, 6 dan 7 disajikan plot untuk menentukan besarnya band gap.

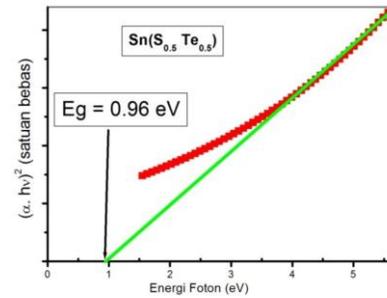
Dari hasil pengujian sampel yang telah dilakukan dengan menggunakan metode UV-Vis, selanjutnya dibuat grafik 4,5,6, dan 7 dengan bantuan software Ms.Origin 6.1 untuk mengetahui besarnya energi gap dari lapisan tipis $\text{Sn}(\text{S}_{0,5}\text{Te}_{0,5})$ dan $\text{Sn}(\text{S}_{0,4}\text{Te}_{0,6})$.



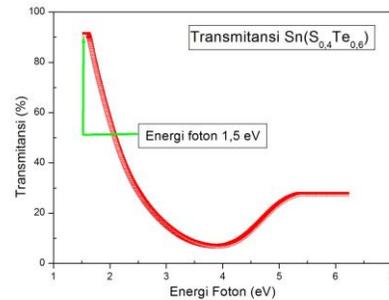
Gambar 1. Grafik Absorbansi Terhadap Energi Foton untuk Lapisan Tipis Bahan Semikonduktor $\text{Sn}(\text{S}_{0,5}\text{Te}_{0,5})$.



Gambar 2. Grafik Absorbansi Terhadap Energi Foton untuk Lapisan Tipis Bahan Semikonduktor $\text{Sn}(\text{S}_{0,4}\text{Te}_{0,6})$.



Gambar 3. Grafik Koefisien Absorbansi Terhadap Energi Foton untuk Lapisan Tipis Bahan Semikonduktor $\text{Sn}(\text{S}_{0,5}\text{Te}_{0,5})$.



Gambar 4. Grafik Transmittansi Terhadap Energi Foton untuk Lapisan Tipis Bahan Semikonduktor $\text{Sn}(\text{S}_{0,4}\text{Te}_{0,6})$.

Dari Gambar 3 diperoleh nilai band gap $\text{Sn}(\text{S}_{0,5}\text{Te}_{0,5})$ sebesar $0,96 \text{ eV}$. Selanjutnya dari Gambar 4 kita tidak bisa menentukan secara pasti nilai band gap untuk $\text{Sn}(\text{S}_{0,4}\text{Te}_{0,6})$ karena pada energi foton sebesar $1,5 \text{ eV}$ menghasilkan transmittansi sebesar 90% hal ini menunjukkan bahwa band gap $\text{Sn}(\text{S}_{0,4}\text{Te}_{0,6})$ lebih kecil dari $1,5 \text{ eV}$.

Berdasarkan data hasil karakterisasi sifat optik $\text{Sn}(\text{S}_{0,5}\text{Te}_{0,5})$ dan $\text{Sn}(\text{S}_{0,4}\text{Te}_{0,6})$ menghasilkan energi gap yang relevan dengan referensi menurut Cheng dan Saini, yaitu energi gap bahan semikonduktor lapisan tipis $\text{Sn}(\text{S}_x\text{Te}_x)$ yaitu sekitar $0,35 \text{ eV}$ hingga $1,5 \text{ eV}$.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Hasil penelitian menyatakan bahwa sifat listrik lapisan tipis $\text{Sn}(\text{S}_{0,5}\text{Te}_{0,5})$ yang terbentuk merupakan semikonduktor tipe P dengan resistivitas $0,492 \Omega\cdot\text{cm}$, untuk lapisan tipis bahan $\text{Sn}(\text{S}_{0,4}\text{Te}_{0,6})$ merupakan semikonduktor tipe P dengan resistivitas $0,586 \Omega\cdot\text{cm}$, dan

$\text{Sn}(\text{S}_{0,2}\text{Te}_{0,8})$ merupakan semikonduktor tipe P dengan resistivitas ($1,035 \times 10^{-2}$) $\Omega \cdot \text{cm}$. Semakin besar fraksi Te maka semakin kecil nilai resistivitasnya. Band gap lapisan tipis $\text{Sn}(\text{S}_{0,5}\text{Te}_{0,5})$ diperoleh yaitu 0,96 eV dan untuk lapisan tipis $\text{Sn}(\text{S}_{0,4}\text{Te}_{0,6})$ diperkirakan band gapnya <1,5 eV.

Saran

Untuk penelitian selanjutnya penulis menyarankan untuk memahami petunjuk manual penggunaan FPP-5000, sehingga tidak mengalami kesulitan saat mengkarakterisasi sifat listrik lapisan tipis dan memahami cara mengoperasikan software Ms. Origin sehingga tidak mengalami kesulitan saat melakukan analisis data hasil uji UV-Vis.

DAFTAR PUSTAKA

- Cheng, L.L, Liu, M.H, Wang, S.C, Wang, G.D, Zhou, Q.Y, Chen, Z.Q. 2012. *Preparation of SnS films using solid sources deposited by the PECVD method with controllable film characters*. Journal of Alloys and Compounds, 545122-129.Hlm.1-8.
- Muhammad, Rully Fakhry. 2016. *Studi Pengaruh Suhu Substrat terhadap Sifat Listrik dan Sifat Optik Bahan Semikonduktor Lapisan Tipis Tin Sulfide (SnS) Hasil Preparasi dengan Teknik Vakum Evaporasi*. Skripsi. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Saini, R., Pallavi, Singh, M., Kumar, R., & Jain, G. 2010. *Structural and Electrical Characterization of Sinters SnTe Films*. Chalcogenide Letters. Vol. 7, No.3P. 19-202.Hlm. 1-6.
- Setianingrum, Mahmudah. 2016. *Studi Tentang Struktur dan Komposisi Kimia Lapisan Tipis $\text{Sn}(\text{S}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$ Hasil Preparasi dengan Teknik Evaporasi Vakum untuk Aplikasi Sel Surya*. Skripsi. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Ohring, Milton. 2002. *Materials Science of Thin Films Deposition and Structure*. 2nd. Ed. San Diego: Academic Press.

Winter, Mark. 2015. *Tin*. Diakses dari http://www.webelements.com/compounds/tin/tin_selenide.html. pada tanggal 08 Januari 2017, Jam 20.00 WIB.

Yogyakarta, 16 April 2018

Menyetujui

Penguji Utama



Dr. Heru Kusmanto

NIP. 19611112 198702 1 001

Pembimbing I



Drs. B.A. Tjipto Sujitno, M.T.A.P.U

NIP. 19541229 198103 1 005

Pembimbing II



Dr. Ariswan

NIP. 19590914 198803 1 003