

## PENCIRIAN ARUS-VOLTAN STRUKTUR TERAPIT SAPUT TIPIS LOGAM/TIMAH SELENIDA/LOGAM

Sabar D. Hutagalung\*, Samsudi Sakrani dan Yussof Wahab  
Makmal Saput Tipis, Jabatan Fizik  
Universiti Teknologi Malaysia  
Karung Berkunci 791  
80990 Johor Bahru  
Malaysia

### ABSTRAK

Polihablar saput tipis timah selenida (SnSe) disediakan dengan kaedah penselenidan tertudung-tebat daripada bahan pukal Sn dan Se. Untuk pencirian arus-voltan ( $I$ - $V$ ) telah disediakan sampel dengan bentuk struktur terapit iaitu Al/SnSe/Al, In/SnSe/In, Au/SnSe/Al dan Pb/SnSe/Al pada substrat kaca corning. Pengukuran  $I$ - $V$  bagi struktur tersebut dilakukan pada suhu bilik di dalam bilik gelap dengan menggunakan sumber arus terus. Daripada ciri  $I$ - $V$  diperolehi bahawa sentuhan ohmik berlaku di antara elektrod aluminium (Al) dan indium (In) dengan SnSe, manakala sentuhan dengan elektrod emas (Au) menghasilkan sentuhan tak ohmik dengan sawar keupavaannya dalam julat 0.33-0.37 eV. Struktur Pb/SnSe/Al pula menunjukkan ciri diod sawar Schottky dengan voltan runtutan -0.8 V dan voltan amabang 0.8 V. Sentuhan rektifikasi di antara elektrod Pb dan SnSe menghasilkan sawar keupayan dalam julat 0.50-0.71 eV.

### ABSTRACT

Polycrystalline thin films of tin selenide (SnSe) have been prepared onto corning glass substrates from the tin and selenium bulk materials, using an encapsulated selenization method. The samples were transformed into sandwiched structures, Al/SnSe/Al, In/SnSe/In, Au/SnSe/Al and Pb/SnSe/Al. Direct current-voltage ( $I$ - $V$ ) measurements were performed on these samples in a dark room and at room temperature. It was found that ohmic contact occurred on the electrodes Al-Al and In-In, whilst Au/Au and Pb-Al electrodes exhibited rectification. The latter results suggested the formation of Schottky barrier, with the measured barrier height 0.33-0.37 eV (Au/SnSe/Au) and 0.50-0.71 eV (Pb/SnSe/Al). The threshold and breakdown voltage of the Pb/SnSe/Al Schottky diod were 0.8 V and -0.8 V, respectively.

### PENDAHULUAN

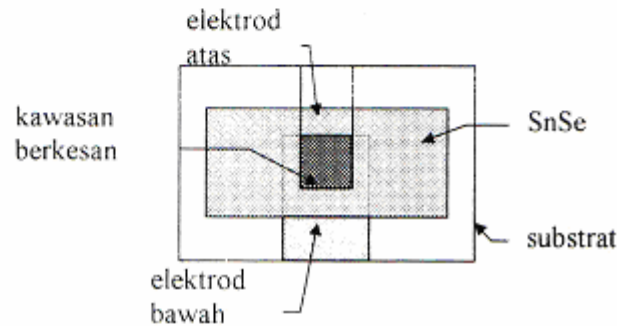
Sebatian SnSe bersifat semikonduktor[1] dan mempunyai kekonduksian jenis-p, dengan ketumpatan lohong dalam julat  $10^{15}$ - $10^{19}$   $\text{cm}^{-3}$  dan kerintangan bahn pukal dalam julat  $10^{-2}$ - $10^3$   $\Omega$  cm. [2,3] SnSe jenis-n dapat juga diperolehi jika bahan ini didop dengan atom antimoni, Sb.[4] Pendopan dengan unsur lain daripada kumpulan V jadual berkala seperti As dan P, berkemungkinan juga menghasilkan SnSe jenis-n. Kajian keatas saput tipis SnSe pula telah dilakukan oleh beberapa penyelidik dan diperolehi bahawa pekali penyerapan besar ( $\alpha \sim 10^4$   $\text{cm}^{-1}$ ) dan jurang tenaga yang

\*Alamat tetap: Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Sumatera Utara, Medan 20155.

sempit dalam julat 0.94-1.00 eV,[5.6] kerintangan rendah 0.32-1.77  $\Omega$  cm,[7] dan mempunyai kestabilan terma yang baik[8] maka bahan ini sangat berpotensi digunakan sebagai peranti elektronik, sel suria,[9] penderia gas dan pensuisan memori.[10]

## EKSPERIMEN

Saput tipis SnSe disediakan dengan kaedah penselenidan tertudung-tebat[11] keatas substrat kaca corning. Struktur terapan logam/SnSe/logam (logam: Al, In, Au dan Pb) disediakan menggunakan topeng khas dan diperolehi luas kawasan berkesan  $5.89 \times 10^{-6} \text{ m}^2$ . Gambar rajah skema struktur seperti pada Rajah 1. Pencirian arus-voltan bagi struktur ini dilakukan pada suhu bilik dan gelap menggunakan elektrometer Keithley 617 yang dibantu dengan program komputer. Julat voltan bagi pencirian arus-voltan struktur terapan saput tipis Al/SnSe/Al, In/SnSe/In, Au/SnSe/Au dan Pb/SnSe/Al masing-masing adalah dalam julat -6 - 6 V, -20 - 20 V, -1 -1 V dan -1.5 - 1.5 V.



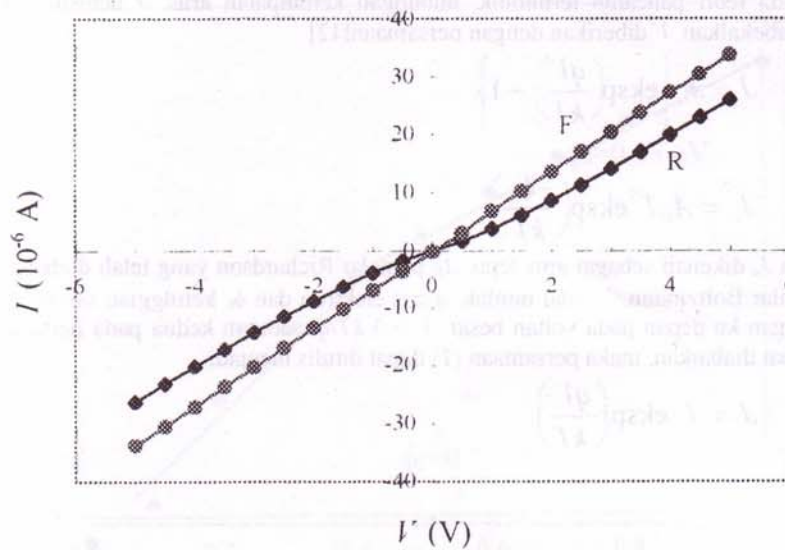
Rajah 1: Gambar rajah skema struktur terapan logam/SnSe/logam

## HASIL DAN PERBINCANGAN

Graf arus melawan voltan bagi struktur Al/SnSe/Al (ketebalan SnSe = 600 nm), seperti pada Rajah 2. Diperolehi bahawa sentuhan ohmik berlaku antara saput tipis SnSe dengan elektrode aluminium (Al). Ini berdasarkan kepada ciri arus-voltan yang linear melalui titik asalan tanpa sebarang kesan sawar yang menghalang pergerakan elektron dari elektrode aluminium ke saput tipis SnSe dan sebaliknya.

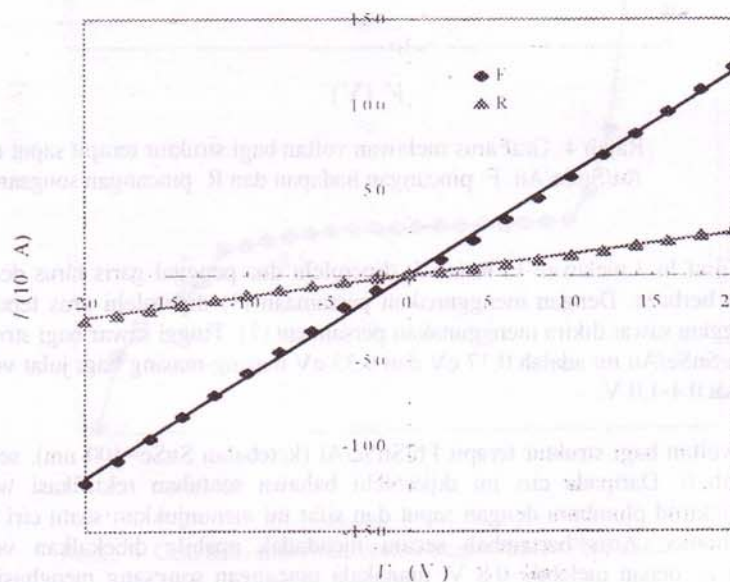
Daripada kajian ini diperolehi bahawa logam aluminium sangat sesuai digunakan sebagai sentuhan ohmik bagi saput tipis SnSe pada suhu bilik. Ciri arus-voltan menunjukkan bahawa secara terma, elektron dapat mengatasi sawar yang wujud diantara elektrode dan saput untuk bergerak secara bebas dari logam ke saput pada suhu bilik.

Graf arus melawan voltan bagi struktur terapan In/SnSe/In (ketebalan SnSe=400 nm), seperti pada Rajah 3. Graf ini juga menunjukkan bahawa sentuhan ohmik terjadi diantara saput tipis SnSe dengan elektrode indium (In). Berbeza dengan elektrode aluminium, garis linear bagi pincangan hadapan dan songsangnya agak lebih ketara kerana arus yang diuku pada pincangan songsang sangat kecil jika dibandingkan dengan arus pincangan hadapan.



Rajah 2: Graf arus melawan voltan bagi struktur terapis sapat tipis Al/SnSe/Al. F: pincangan hadapan dan R: pincangan songsang

Graf arus melawan voltan bagi struktur Au/SnSe/Au (ketebalan SnSe=400 nm), seperti pada Rajah 4. Ciri arus-voltan bagi elektrod emas ini sangat berbeza dengan ciri elektrod aluminium dan indium. Diperolehi bahawa diantara sapat tipis SnSe dengan elektrod emas (Au) wujud suatu sawar keupayaan yang menghalang pergerakan elektron dari elektrod emas memasuki sapat tipis SnSe. Ketinggian sawar ini dapat dikira dengan cara melakarkan graf  $\ln J$  melawan  $V$ , seperti pada Rajah 5.



Rajah 3: Graf arus melawan voltan bagi struktur terapis sapat tipis In/SnSe/In. F: pincangan hadapan dan R: pincangan songsang

Daripada teori pancaran termionik, hubungan ketumpatan arus,  $J$  dengan voltan yang dibekalkan,  $V$  diberikan dengan persamaan[12]

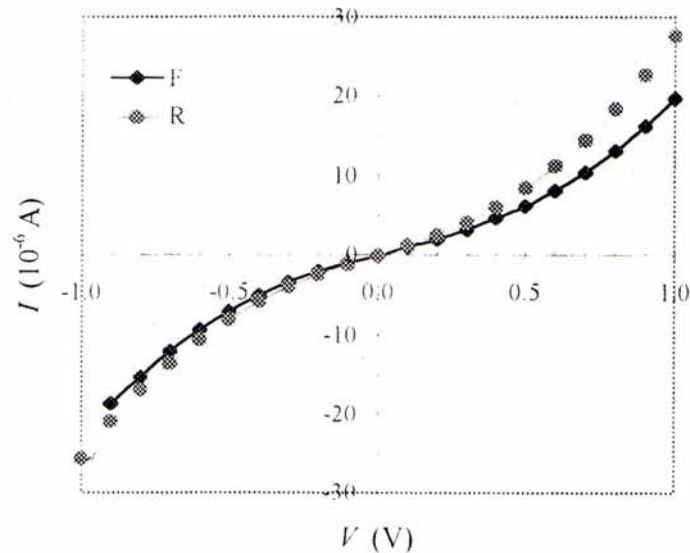
$$J = J_0 \left\{ \exp\left(\frac{qV}{kT}\right) - 1 \right\} \quad (1)$$

dan

$$J_0 = A_R T^2 \exp\left(\frac{-\phi_b}{kT}\right) \quad (2)$$

dengan  $J_0$  dikenali sebagai arus tepu,  $A_R$  pemalar Richardson yang telah diubahsuai,  $k$  pemalar Boltzmann,  $T$  suhu mutlak,  $q$  cas elektron dan  $\phi_b$  ketinggian sawar. Bagi pincangan ke depan pada voltan besar,  $V > 3 kT/q$ , sebutan kedua pada persamaan (1) dapat diabaikan, maka persamaan (1) dapat ditulis menjadi

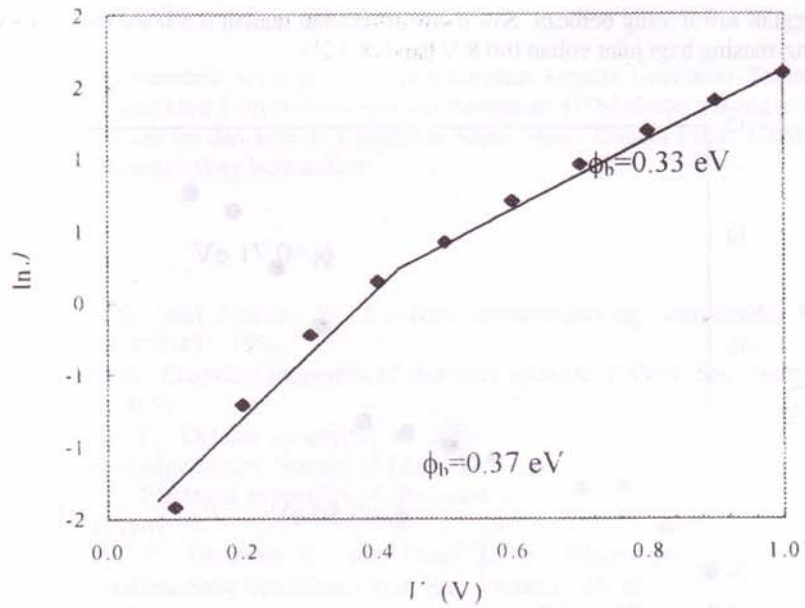
$$J = J_0 \exp\left(\frac{qV}{kT}\right) \quad (3)$$



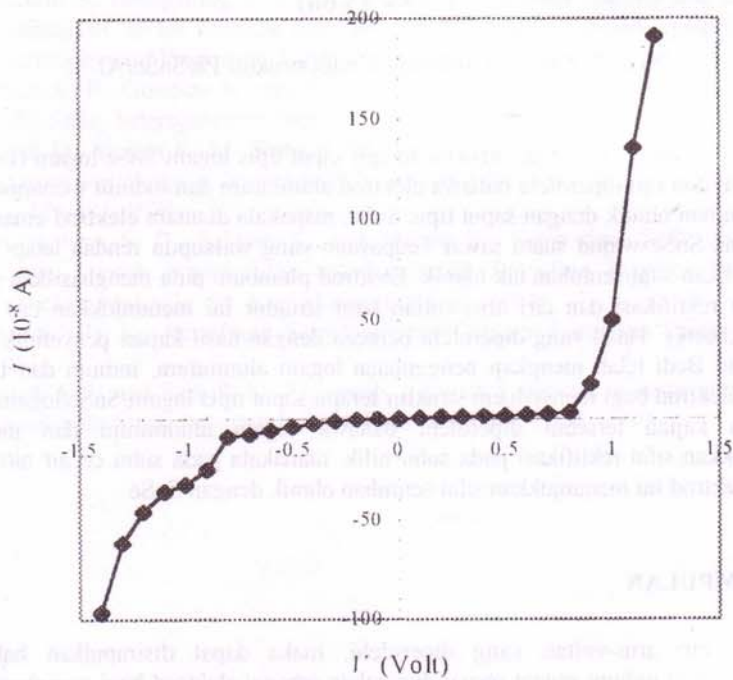
Rajah 4: Graf arus melawan voltan bagi struktur terapit saput tipis Au/SnSe/Au. F: pincangan hadapan dan R: pincangan songsang

Daripada graf  $\ln J$  melawan  $V$ , Rajah 5, diperolehi dua penggal garis lurus dengan kecerunan berbeza. Dengan menggunakan persamaan (3) diperolehi arus tepu,  $J_0$ , dan ketinggian sawar dikira menggunakan persamaan (2). Tinggi sawar bagi struktur terapit Au/SnSe/Au ini adalah 0.37 eV dan 0.33 eV masing-masing bagi julat voltan 0-0.4 V dan 0.4-1.0 V.

Ciri arus-voltan bagi struktur terapit Pb/SnSe/Al (ketebalan SnSe=400 nm), seperti pada Rajah 6. Daripada ciri ini diperolehi bahawa sentuhan rektifikasi wujud diantara elektrod plumbum dengan saput dan sifat ini menunjukkan suatu ciri diod sawar Schottky. Arus bertambah secara mendadak apabila dibekalkan voltan pincangan ke depan melebihi 0.8 V, manakala pincangan songsang menghasilkan voltan runtuh kurang daripada -0.8 V.



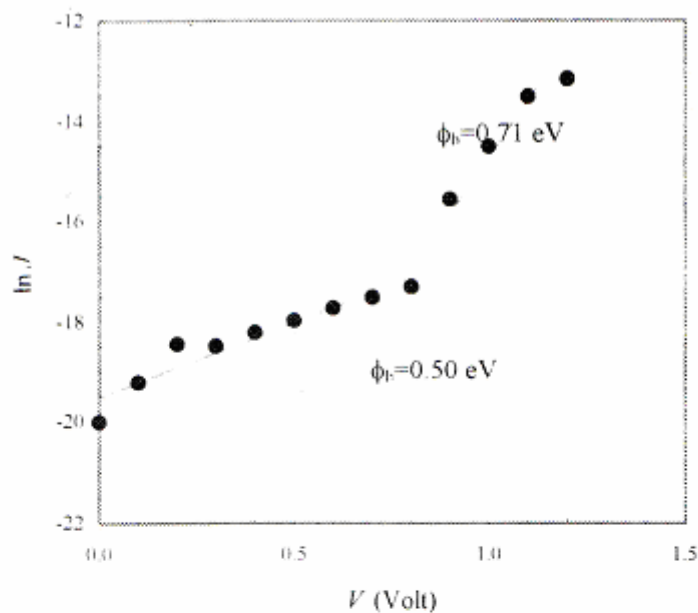
Rajah 5: Graf  $\ln I$  melawan  $V$  bagi pincangan hadapan struktur Au/SnSe/Au.



Rajah 6. Graf arus melawan voltan bagi struktur Pb/SnSe/Al

Tinggi sawar yang wujud diantara sapat tipis SnSe dan elektrod plumbum (Pb) dikira dengan melakarkan graf  $\ln I$  melawan  $V$ . lihat Rajah 7, dan persamaan (2) dan (3). Pada Rajah 7 diperolehi dua kawasan garis lurus dengan kecerunan yang berbeza dan ini menunjukkan terdapat dua kawasan julat voltan yang menghasilkan

ketinggian sawar yang berbeza. Sawar-sawar tersebut adalah 0.50 eV dan 0.71 eV masing-masing bagi julat voltan 0-0.8 V dan 0.8-1.2 V.



Rajah 7. Graf  $\ln J$  melawan  $V$  bagi struktur Pb/SnSe/Al

Daripada ciri arus-voltan bagi struktur terapan saput tipis logam/SnSe/logam (logam: Al, In, Au dan Pb) diperolehi bahawa elektrod aluminium dan indium menunjukkan sifat sentuhan ohmik dengan saput tipis SnSe, manakala diantara elektrod emas dan saput tipis SnSe wujud suatu sawar keupayaan yang walaupun rendah tetapi jelas menunjukkan sifat sentuhan tak ohmik. Elektrod plumbum pula menghasilkan suatu sentuhan rektifikasi dan ciri arus-voltan bagi struktur ini menunjukkan ciri diod sawar Schottky. Hasil yang diperolehi berbeza dengan hasil kajian penyelidik lain. Singh dan Bedi telah mengkaji penggunaan logam aluminium, indium dan timah sebagai elektrod bagi menyediakan struktur terapan saput tipis logam/SnSe/logam.[13] Daripada kajian tersebut diperolehi bahawa logam aluminium dan indium menunjukkan sifat rektifikasi pada suhu bilik, manakala pada suhu cecair nitrogen ketiga elektrod ini menunjukkan sifat sentuhan ohmik dengan SnSe.

#### KESIMPULAN

Daripada ciri arus-voltan yang diperolehi, maka dapat disimpulkan bahawa aluminium dan indium sangat sesuai digunakan sebagai elektrod bagi menghasilkan sentuhan ohmik dengan saput tipis SnSe pada suhu bilik. Sentuhan diantara elektrod emas dengan SnSe pula menghasilkan suatu sawar rendah yang menyebabkan sentuhan tak ohmik, manakala plumbum dapat digunakan untuk menyediakan diod sawar Schottky Pb/SnSe/Al kerana logam ini membentuk sentuhan rektifikasi dengan SnSe.

## PENGHARGAAN

Penulis menyampaikan setinggi-tinggi penghargaan kepada Universiti Teknologi Malaysia melalui Unit Penyelidikan dan Pembangunan UTM diatas sokongan dana bagi penvelidikan ini dan kepada Kumpulan Saput Tipis, Jabatan Fizik, UTM atas segala perbincangan yang bermanfaat.

## RUJUKAN

- [1] Mooser E. and Pearson W. B., New semiconducting compounds, Phys. Rev., 101, 492-493, 1956.
- [2] Asanabe A., Electrical properties of stannous selenide, J. Phys. Soc. Japan, 14, 281-296, 1959.
- [3] Mochida Y., Optical properties of stannous selenide in the fundamental absorption edge region, Science of Light, 17, 57-75, 1968.
- [4] Umeda J., Electrical properties of Sb-doped n-type SnSe, J. Phys. Soc. Japan, 16, 124, 1961.
- [5] Bhatt V. P., Gireesan K., and Desai C. F., Electrooptic properties of polycrystalline SnSe thin films, Cryst. Res. Technol., 24, 187-192, 1989.
- [6] Singh J. P., Transport and optical properties of hot-wall-grown tin selenide films, J. Mater. Science: Materials in Electronics, 2, 105-108, 1991.
- [7] Hutagalung S. D., Samsudi S., and Wahab Y., The resistivity of tin selenide thin films, Kertas kerja dibentangkan pada Malaysian Science & Technology Congress '95, Kuala Lumpur, 22-25 August 1995.
- [8] Sakrani S., Hutagalung S. D., and Wahab Y., Thermal stability and electrical conductivity of tin selenide thin films, First Southeast Asian Symposium on Thermophysical Properties, Kuala Lumpur, 12-15 November 1995.
- [9] Bhatt V. P., Gireesan K., and Desai C. F., Preparation and characterization of SnSe-SnSe<sub>2</sub> heterojunction, Indian J. Pure and Appl. Phys., 29, 27-30, 1991.
- [10] Chun D., Walser R. M., Bene R. W., and Courtney T. H., Polarity-dependent memory switching in devices with SnSe and SnSe<sub>2</sub> crystals, Appl. Phys. Lett., 24, 479-481, 1974.
- [11] Hutagalung S. D., Sakrani S., and Wahab Y., Saput tipis SnSe disediakan dengan kaedah penselenidan tertudung-tebat, Prosiding Kongres Sains dan Teknologi Malaysia '94, Kuala Lumpur, 91-97 (1994).
- [12] Henisch H. K., Rectifying Semiconductor Contact, Larendon Press, Oxford, 1957.
- [13] Singh J. P., and Bedi R. K., Thermally stimulated currents in epitaxially grown tin selenide films, Japanese J. Appl. Phys., 29, L869-L871, 1990.