

4000005618

SIFAT - SIFAT ELEKTRIK DAN OPTIK BAGI FILEM NIPIS INDIUM  
TIN OXIDE ( ITO)



HADIAH

SARIMAH SULAIMAN

DISERTASI YANG DIKEMUKAKAN UNTUK MEMENUHI SEBAHAGIAN  
DARIPADA SYARAT MEMPEROLEHI IJAZAH SARJANA MUDA SAINS  
DENGAN KEPUJIAN

PERPUSTAKAAN  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

PROGRAM FIZIK DENGAN ELEKTRONIK  
SEKOLAH SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

2004

PERPUSTAKAAN UMS



1400005618



**UMS**  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

**BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS@**

JUDUL: SIFAT-SIFAT ELEKTRIK DAN OPTIK BAGI FILEM

NIPIS INDIUM TIN OXIDE (ITO)

Ijazah: SARJANA MUDA SAINS DENGAN KEPUNJIAN

SESI PENGAJIAN: 2000/2001

Saya SARIMAH BT SULAIMAN  
(HURUF BESAR)

mengaku membenarkan tesis (LPS/Sarjana/Doktor Falsafah)\* ini disimpan di Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dengan syarat-syarat kegunaan seperti berikut:

1. Tesis adalah hakmilik Universiti Malaysia Sabah.
2. Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dibenarkan membuat salinan untuk tujuan pengajian sahaja.
3. Perpustakaan dibenarkan membuat salinan tesis ini sebagai bahan pertukaran antara institusi pengajian tinggi.
4. \*\*Sila tandakan ( / )

SULIT

(Mengandungi maklumat yang berdarjah keselamatan atau kepentingan Malaysia seperti yang termaktub di dalam AKTA RAHSIA RASMI 1972)

TERHAD

(Mengandungi maklumat TERHAD yang telah ditentukan oleh organisasi/badan di mana penyelidikan dijalankan)

TIDAK TERHAD

Disahkan oleh

  
(TANDATANGAN PENULIS)

(TANDATANGAN PUSTAKAWAN)

Alamat Tetap: 2025 JLN SERINDIT,  
FELDA GNG BESOUT 2

EN. SAAFIE SALLEH  
Nama Penyelia

35600 SUNGKAI, PERAK

Tarikh: 12/3/04

Tarikh: \_\_\_\_\_

CATATAN: \* Potong yang tidak berkenaan.

\*\* Jika tesis ini SULIT atau TERHAD, sila lampirkan surat daripada pihak berkuasa/organisasi berkenaan dengan menyatakan sekali sebab dan tempoh tesis ini perlu diklasifikasikan sebagai SULIT dan TERHAD.

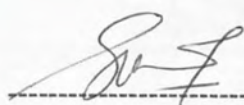
@ Tesis dimaksudkan sebagai tesis bagi Ijazah Doktor Falsafah dan Sarjana secara penyelidikan, atau disertasi bagi pengajian secara kerja kursus dan penyelidikan, atau Laporan Projek Sarjana Muda (LPSM).



**PENGAKUAN**

Saya akui karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang setiap satunya telah dijelaskan sumbernya.

9 Februari 2004



---

SARIMAH SULAIMAN  
HS2000/4431

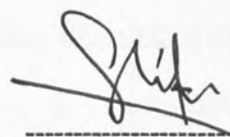


## PERAKUAN PEMERIKSA

### DIPERAKUKAN OLEH

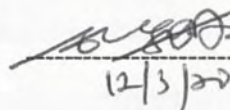
Tandatangan

1. PENYELIA  
(EN. SAAFIE SALLEH)

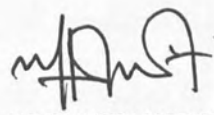


---

2. PEMERIKSA 1  
(DR. JEDOL DAYOU)

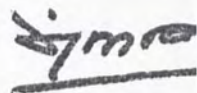
  
12/3/22

3. PEMERIKSA 2  
(PN. ZULISTIANA ZULKIFLI)



---

4. DEKAN  
( PROF. MADYA DR. AMRAN AHMED)



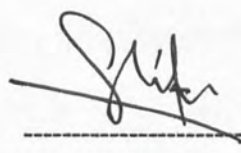
---



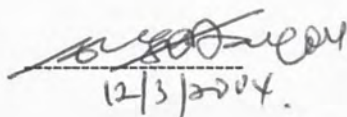
**PERAKUAN PEMERIKSA****DIPERAKUKAN OLEH**

Tandatangan

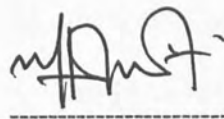
1. PENYELIA  
(EN. SAAFIE SALLEH)

  
11/3/2004

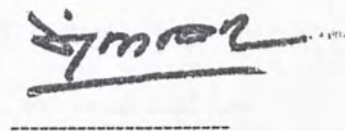
2. PEMERIKSA 1  
(DR. JEDOL DAYOU)

  
12/3/2004

3. PEMERIKSA 2  
(PN. ZULISTIANA ZULKIFLI)



4. DEKAN  
(PROF. MADYA DR. AMRAN AHMED)





## PENGHARGAAN

### *Dengan nama Allah yang Maha Pemurah lagi Maha Mengasih*

Terlebih dahulu syukur saya kehadiran Ilahi kerana berjaya menyiapkan projek tahun akhir ini. Saya ingin mengambil kesempatan ini untuk mengucapkan ribuan terima kasih kepada pihak Sekolah Sains dan Teknologi, Universiti Malaysia Sabah kerana telah menyediakan pelbagai kemudahan kepada saya sepanjang saya menjalankan projek ini. Dikesempatan ini juga ingin saya mengucapkan ribuan terima kasih terutama sekali kepada Penyelia saya En. Saafie Salleh, Pensyarah Fizik Dengan Elektronik Universiti Malaysia Sabah kerana telah banyak memberi bantuan dan bimbingan kepada saya sepanjang saya menjalankan projek ini. Tidak ketinggalan juga ucapan terima kasih kepada pembantu makmal Fizik, En. Manik, En. Jimmy dan juga pembantu Makmal Kimia En. Sani. Selain itu saya juga ingin mengucapkan terima kasih kepada Sekolah Kejuruteraan dan Teknologi Maklumat kerana telah memberikan kerjasama kepada saya untuk menjalankan kajian di Makmal Peralatan. Terima kasih juga kepada pembantu makmal iaitu Cik Norida Abas. Tidak lupa juga saya ingin mengucapkan terima kasih kepada kedua ibubapa dan keluarga saya, Nancy Julius Sambun dan rakan-rakan seperjuangan kerana telah banyak memberikan bantuan dan dorongan kepada saya dalam menyiapkan projek ini.

Yang ikhlas

Sarimah Sulaiman

## ABSTRAK

Indium Tin Oxide merupakan semikonduktor filem nipis yang banyak memberikan sumbangan dalam bidang industri elektronik dan optoelektronik. Kelebihan filem nipis adalah dari segi penjimatan kos. Kajian ini dijalankan adalah bertujuan untuk mengkaji sifat elektrik dan optik bagi filem ITO. Sifat elektrik yang dikaji adalah dari segi rintangan elektrik menggunakan teknik Penduga Empat Titik. Manakala sifat optik yang dikaji pula adalah dari segi transmisi filem nipis ITO ini dengan menggunakan Spektrofotometer UV-Visible. Dengan mendapatkan nilai transmisi bagi filem ITO, nilai bagi jurang tenaga turut diperolehi. Daripada ujikaji yang dijalankan, nilai rintangan keping bagi ITO adalah  $772.48 \Omega^{-2}$  dan nilai transmisi optik pula adalah 70%. Manakala nilai jurang tenaga adalah 3.5eV. Parameter-parameter yang dikaji dalam kajian ini adalah penting bagi menentukan kualiti suatu filem nipis.



## ABSTRACT

Indium Tin oxide is semiconductor thin film that give many contribution in the electronic and optoelectronic industry. One of the advantages of the ITO film is the cost saving. The study of ITO thin film is to determine the electrical and optical properties. The electrical properties that have been studies is the sheet resistance of the sample, while the optical properties have been measure is the optical transmittance of the ITO film. The instrument involve in this study is the four point probe used to measure sheet resistance. Spectrophotometer UV-Visible is used to measure the optical transmittance . Beside that, the value of the energy gap can be obtain from the data of the transmittance. The result from the measurement for the value of sheet resistance is  $772.48 \Omega^{-2}$  and the optical transmission for ITO is 70%. Energy gap for ITO is 3.5 eV. All the parameter have been studied are important to determine the quality of the film.





## KANDUNGAN

## HALAMAN

PENGAKUAN	ii
PENGAKUAN PEMERIKSA	iii
PENGHARGAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KANDUNGAN	vii
SENARAI JADUAL	x
SENARAI RAJAH	xi
SENARAI FOTO	xii
SENARAI SIMBOL DAN SINGKATAN	xiii
<b>BAB 1            PENDAHULUAN</b>	
1.1 PENGENALAN.	1
1.2 INDIUM TIN OXIDE	2
1.3 TUJUAN KAJIAN	3
1.4 OBJEKTIF KAJIAN	4
1.5 SKOP KAJIAN	5
<b>BAB 2            ULASAN PERPUSTAKAAN.</b>	
2.1 PEPEJAL	6
2.2 SEMIKONDUKTOR	7
2.3 SEMIKONDUKTOR INTRINSIK	8
2.4 SEMIKONDUKTOR EKSTRINSIK	9
2.4.1 Semikonduktor Jenis-n	11
2.4.2 Semikonduktor Jenis-p	12



2.5 SEMIKONDUKTOR FILEM NIPIS	13
2.5.1 Unsur-unsur Semikonduktor Filem Nipis	14
2.5.2 Tin Dop Indium Oksida.	15
2.6 TEKNIK-TEKNIK PENGHASILAN FILEM NIPIS.	17
2.7 SIFAT FILEM NIPIS ITO	19
2.8 SIFAT ELEKTRIK	20
2.8.1 Pengangkutan Elektron Dalam Semikonduktor.	20
2.8.2 Kerintangan.	22
2.9 SIFAT OPTIK.	23
2.9.1 Transmisi (Kehantaran)	26
2.9.2 Tenaga yang terhasil Daripada Sinar Cahaya.	27
2.9.3 Penyerapan Optik.	28
2.10 INTERFEROMETRI.	29
2.10.1 Prinsip Pembelauan Optik.	29
2.11 SPEKTROSKOPI INFRAMERAH	31
2.11.1 Teori Jalur Inframerah IR	31
2.11.2 Ringkasan Spektroskopi FTIR	32
2.11.3 Kegunaan Spektrum Inframerah	32
<b>BAB 3        BAHAN DAN KAEDAH.</b>	
3.1 PENGENALAN	33
3.2 LOKASI	33
3.3 BAHAN DAN ALATAN	34
3.4 PENGUKURAN RINTANGAN KEPING	34
3.5 PENGUKURAN TRANSMISI OPTIK	38
3.5.1 Ringkasan Spektrofotometer UV-Visible	39
3.6 FROURIER TRANSFORM INFRARED (FTIR)	40
3.6.1 Proses Penyerapan	41
3.6.2 Ringkasan FTIR	42



<b>BAB 4</b>	<b>HASIL DAN KEPUTUSAN</b>	
4.1	PENGENALAN	44
4.2	KEPUTUSAN UJIKAJI NILAI RINTANGAN KEPING	44
4.3	KEPUTUSAN NILAI TRANSMISI OPTIK	46
4.4	KEPUTUSAN UJIKAJI FTIR	51
<b>BAB 5</b>	<b>PERBINCANGAN</b>	
5.1	PENGENALAN	52
5.2	ANALISIS NILAI RINTANGAN KEPING	52
5.3	ANALISIS NILAI KEPUTUSAN TRANSMISI OPTIK	53
5.4	ANALISIS SPEKTRUM PENYERAPAN	54
5.5	PUNCA-PUNCA RALAT	55
<b>BAB 6</b>	<b>KESIMPULAN DAN CADANGAN</b>	57
	<b>RUJUKAN</b>	59



**SENARAI JADUAL**

<b>No. Jadual</b>		<b>Halaman</b>
2.1	Sifat filem ITO yang dibuat menggunakan pelbagai teknik.	19
2.2	Spektrum elektromagnet yang menunjukkan julat nombor gelombang	31
3.1	Faktor Pembetulan Bagi Pengukuran Rintangan Keping Menggunakan Penduga Empat Titik	36
4.1	Nilai Rintangan Keping, Kerintangan dan $V/I$	45
4.2	Bacaan nilai transmisi optik pada panjang gelombang tertentu	47
4.3	Nilai tenaga foton dan pekali penyerapan	49



## SENARAI RAJAH

<b>No Rajah</b>		<b>Halaman</b>
2.1	Jalur tenaga bagi pengalir , penebat dan semikonduktor .....	6
2.2	Kedudukan jalur tenaga antara logam, penebat dan semikonduktor	8
2.3	Skema jalur tenaga semikonduktor instrinsik	9
2.4	Skema jalur yang ditunjukkan oleh penderma dan penerima dalam semikonduktor.	10
2.5	Semikonduktor jenis-n.	12
2.6	Semikonduktor jenis -p	13
2.7	Jalur tenaga bagi In <sub>2</sub> O <sub>3</sub> dan ITO.	16
2.8	Penduga Empat Titik.	24
2.9	Medan elektrik yang terhasil pada permukaan filem	25
2.10	Skema dua alur cahaya pantulan dan transmisi yang melalui bahan lutsinar.	29
3.1	Sistem di dalam spektrofotometer UV-Visible	39
3.2	Spektroskopi FTIR	40
3.3	Interferometer Michelson	42
4.1	Graf Nilai Transmisi melawan panjang gelombang	46
4.2	Graf $(\alpha h\nu)^2$ lawan $h\nu(\text{eV})$	50



**SENARAI FOTO**

<b>No. Foto</b>		<b>Halaman</b>
3.1	Set Penduga Empat Titik	36
3.2	Spektrofotometer UV-Visible	37



## SENARAI SIMBOL DAN SINGKATAN

$\mu$	Kelincahan elektron
$\rho$	Kerintangan elektrik
$\sigma$	Kekonduksian elektrik
J	Ketumpatan arus.
$\Omega$	Ohm
V	Voltan
R	Rintangan
I	Arus
$R_s$	Rintangan keping
$C_f$	Faktor Pembetulan
$\Phi$	Fluks elektrik
q	Cas elektrik
n	Indek biasan
$\alpha$	Pekali Penyerapan
$\theta$	Sudut
d	Ketebalan
$\lambda$	Panjang Gelombang
T	Transmisi optik
A	Penyerapan
v	Halaju
f	Frekuensi
c	Halaju cahaya



$h$	Pemalar Plank
$e$	Cas elektron
$E_g$	Jurang tenaga
$E_v$	Tenaga jalur valensi
$E_k$	Tenaga jalur konduksi
UV	<i>Ultraviolet</i>
FTIR	<i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i>





## **BAB 1**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 PENGENALAN**

Sejak akhir-akhir ini para saintis banyak membuat kajian yang berkaitan dengan semikonduktor filem nipis, yang mana kajian ini banyak melibatkan tentang kajian terhadap sifat-sifat elektrik dan optik bagi filem nipis. Sifat-sifat ini adalah amat penting untuk menentukan kebolehan dan kualiti sesuatu filem nipis dalam bidang industri dan penyelidikan.

Teknologi filem nipis telah memberikan sumbangan yang besar dalam industri semikonduktor. Filem nipis telah digunakan sebagai konduktor kapasitor dan perintang. Filem yang disediakan melalui kaedah tertentu di atas substrat dinamakan filem nipis. Penggunaan filem nipis bukan sahaja dapat membantu penggunaan bahan mentah tempatan, malah ia juga dapat menyokong industri bangunan, industri kereta, industri elektronik dan elektrik, tenaga dan elektronik perubatan. Filem nipis juga banyak memberikan sumbangan dalam bidang optoelektronik. Pada bangunan filem nipis ITO yang disadur pada cermin di dinding dapat mengawal keadaan suhu sejuk dibilik. Begitu

juga di dalam kereta, filem nipis ITO yang mempunyai sifat menarik, yakni jernih dan lutsinar dapat memanaskan cermin semasa hujan.

Salah satu teknik untuk menjimatkan tenaga dan menjimatkan bahan mentah adalah dengan menggunakan filem nipis. Filem nipis mempunyai kekonduksian elektrik yang tinggi dan sifat lutsinar yang baik dalam spektrum cahaya nampak dan kepantulan yang tinggi dalam spektrum inframerah .

Penggunaan filem nipis yang paling meluas adalah filem nipis sebagai lapisan anti-pantulan. Lazimnya didalam sesuatu sistem optik yang mengandungi kanta kaca dan prisma, ia melibatkan beberapa permukaan pantulan. Permukaan-permukaan ini akan melakukan pantulan separa, dan dengna ini mengurangkan tenaga cahaya yang lalu menerusi sistem optik tersebut. Jika pantulan dikurangkan, cahaya yang dipancarkan akan membawa tenaga. Oleh itu adalah penting untuk menghapuskan pantulan pada sesuatu permukaan. ini boleh dilakukan dengan meletakkan satu lapisan filem nipis di atas permukaan kaca. Filem yang memantulkan haba perlulah mempunyai pembawa cas yang tinggi dan juga tebal yang sesuai sebaliknya untuk mentransmisi cahaya filem ini haruslah mempunyai jurang tenaga yang luas dan nipis.

## 1.2 INDIUM TIN OXIDE (ITO)

Indium dop tin oksida merupakan filem nipis lutsinar yang mempunyai kerintangan dan transmisi yang tinggi sehingga  $1.0 \times 10^{-4} \Omega/\text{cm}$  dan 95% dan merupakan filem yang paling banyak digunakan kebelakangan ini.

Filem nipis ITO memberi banyak kegunaan dalam pelbagai bidang terutamanya dalam bidang optoelektronik. Di antara kegunaan ITO adalah sebagai elemen pemanas dala kapal terbang dan cermin kereta, lapisan antistatik bagi panel paparan elektronik, cermin pemantul haba, lapisan anti pantulan dan juga sebagai pengesan gas pada suhu tinggi. Manakala bagi bidang elektronik pula ITO digunakan sebagai sel solar, pemancar cahaya, fotodiod, fototransistor dan laser. Selain daripada itu ITO juga digunakan dalam bidang alat elektro-optik termasuk paparan CCD, *liquid crystal display* (LCD) dan juga sebagai elektrod yang lutsinar untuk beberapa alat paparan.

## 1.3 TUJUAN KAJIAN

Kajian ini dijalankan adalah bertujuan untuk mengkaji sifat-sifat elektrik dan optik bagi filem nipis Indium Tin Oksida (ITO). Kajian dijalankan ke atas sampel yang diperolehi untuk mengenalpasti ciri-ciri sampel yang diperolehi (sampel lapisan nipis ITO) daripada beberapa aspek. Kajian yang dijalankan akan menggunakan teknik Penduga Empat

Titik bagi menentukan sifat elektrik bagi sampel ITO dari segi rintangan keping sampel. Manakala bagi sifat optik, kajian ini akan menggunakan Spektrofotometer UV-Visible untuk menentukan transmisi optik bagi filem nipis ITO dalam spektrum cahaya nampak dan bagi ruang inframerah kajian in akan menggunakan alat Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) atau dikenali sebagai Spektrokopi Jelmaan Fourier bagi mendapatkan spektrum penyerapan sample ITO. Pengukuran nilai rintangan keping dan juga nilai transmisi optik bagi sampel ITO ini dapat menentukan kualiti sampel ITO tersebut.

#### 1.4 OBJEKTIF KAJIAN

Terdapat beberapa objektif yang perlu dicapai dalam menjalankan kajian ini,

1. Mendapatkan nilai rintangan keping dan juga nilai tranmisi dalam spektrum cahaya nampak dan spektrum cahaya inframerah bagi sampel ITO.
2. Mendapatkan graf bagi parameter-parameter yang diukur iaitu graf transmisi optik lawan panjang gelombang dan graf penyerapan melawan nombor gelombang.
3. Mendapatkan nilai jurang tenaga ( $E_g$ ) bagi sample ITO.

## 1.5 SKOP KAJIAN

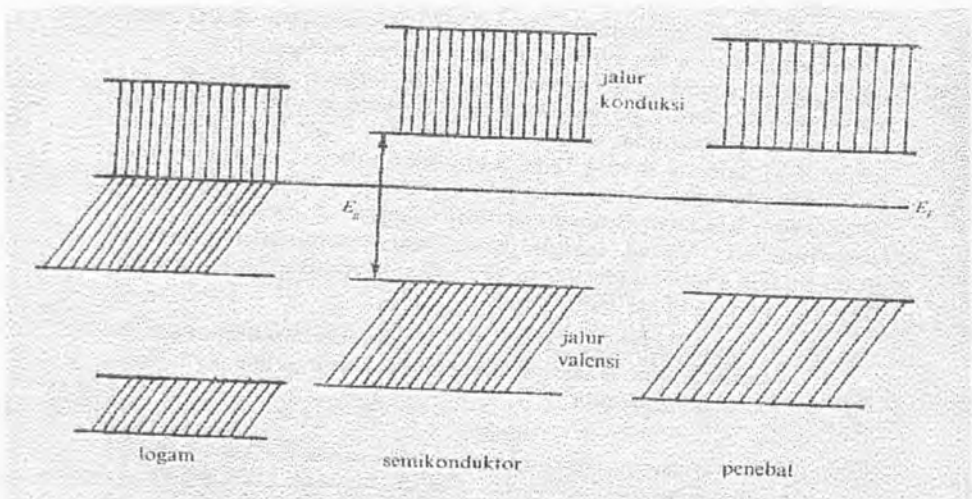
Kajian ini akan berkisar tentang pengukuran nilai rintangan keping bagi sampel filem nipis ITO. Selain itu kajian ini juga akan mengukur nilai transmisi optik bagi sampel ITO. Nilai rintangan keping ini akan diperolehi melalui pengukuran yang dijalankan menggunakan Penduga Empat Titik. Manakala bagi nilai transmisi optik kajian ini akan melihat nilai dalam ruang cahaya nampak dan juga inframerah. Untuk mengukur kerintangan filem, nilai parameter bagi panjang gelombang adalah dalam julat  $(0-50)\mu\text{m}$ . Manakala bagi mengukur transmisi filem berkenaan, pengukuran parameter bagi panjang gelombang yang digunakan adalah dalam 200 hingga 1100 nm. Pengukuran nilai transmisi dalam julat cahaya nampak adalah dengan menggunakan spektrofotometer UV-Visible. Manakala bagi pengukuran nilai penyerapan dalam ruang inframerah adalah menggunakan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* dalam julat  $4000 - 700 \text{ cm}^{-1}$

## BAB 2

### ULASAN PERPUSTAKAAN

#### 2.1 PEPEJAL

Pada asasnya, pepejal boleh dibahagikan kepada tiga jenis iaitu konduktor, penebat dan pengalir. Sifat elektrik bagi bentuk-bentuk pepejal ini dapat diterangkan dengan menggunakan konsep jalur tenaga. Dalam konsep jalur tenaga, ia menerangkan tentang tenaga jalur valensi ( $E_v$ ), jalur konduksi ( $E_k$ ) dan jurang tenaga ( $E_g$ ). Perbezaan antara konduktor, penebat dan pengalir dapat dilihat melalui rajah 2.1 iaitu rajah jalur tenaga bagi ketiga-tiga jenis pepejal.



**Rajah 2.1** Jalur tenaga bagi pengalir , penebat dan semikonduktor.

Pengalir merupakan bahan yang mempunyai banyak elektron yang bebas. Jalur konduksi dan jalur valensi di dalam bahan pengalir adalah bertindih. Ini bermakna tidak terdapat jurang tenaga di dalam pengalir. Jika medan elektrik diberikan, tenaga kinetik elektron bertambah dan kekonduksian berlaku.

Bagi bahan penebat pula, elektron valensnya terikat kuat dan medan elektrik yang tinggi diperlukan untuk melepaskan daya ikatannya. Penebat mempunyai jurang jalur yang besar. Bahan penebat mempunyai jalur valensi yang dipenuhi oleh elektron. Sementara jalur konduksi dari jalur valensi dapat melompat ke jalur konduksi. Ini bermakna penebat tidak mengalirkan elektrik (Kok Sai Ling, 2000).

Untuk semikonduktor pula, tingkat keadaan tidak penuh terisi. Jadi apabila suhu meningkat elektron akan dapat menduduki tempat yang tidak terisi. Semikonduktor mempunyai jalur konduksi yang kosong, manakala jalur valensi dipenuhi elektron. Jurang tenaga bagi bahan adalah sangat kecil (Muhammad Yahya, 1989).

## **2.2 SEMIKONDUKTOR**

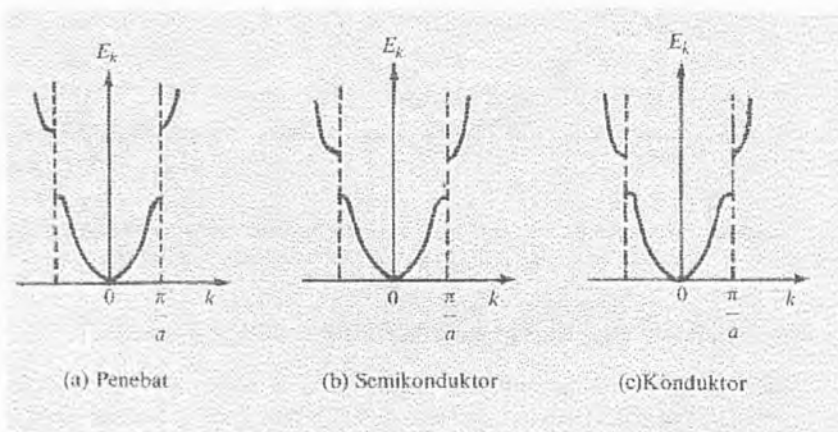
Semikonduktor adalah satu bahan yang sifat-sifat elektroniknya terletak diantara sifat logam dan penebat. Kesemua elektron dalam semikonduktor berada pada jalur valens dan tidak ada elektron pada jalur konduksi oleh itu semikonduktor merupakan pengkonduksi yang lemah pada suhu bilik. Berbanding dengan logam, pembawa cas semikonduktor terdiri daripada lohong dan elektron.

Sifat-sifat fizik semikonduktor pertama kalinya dikemukakan oleh Wilson pada tahun 1931 selepas teori jalur dikemukakan. Semikonduktor mempunyai sifat-sifat khas seperti:

1. Semikonduktor mempunyai kerintangan sekitar  $10^{-3} - 10^6 \Omega\text{m}$ .
2. Pekali rintangan yang negatif

$$\alpha = dp/dT < 0 \quad (2.1)$$

3. Kuasa termoelektrik yang tinggi.
4. Kuasa tidak mematuhi hukum Ohm.
5. Peka terhadap cahaya.



**Rajah 2.2** Kedudukan jalur tenaga antara logam, penebat dan semikonduktor.

(sumber : Muhammad Yahya, 1989).

Rajah 2.2 menunjukkan jalur tenaga antara logam, penebat dan semikonduktor dimana jurang tenaga terjadi kerana perbezaan tenaga keupayaan. Kewujudan jurang tenaga dapat menjelaskan sifat kekonuksian dalam bahan konduksi, penebat dan semikonduktor. Secara umum terdapat beberapa jenis semikonduktor iaitu



## RUJUKAN

- Bach, H. dan Neuroth, N., 1995. *The Properties Of Optical Glass*. Springer-Verlag, Germany.
- Beiser, A., 1995. *Concept Of Modern Physic*. Ed. ke-5. McGraw-Hill Inc, New York.
- Burgess, C. dan Knowles, A., 1981. *Standard In Absorption Spectrometry UV*. Chapman and Hall, U.S.A.
- Dieter, K.S., 1990. *Semiconductor Material and Device Characterization*. A Wiley-Interscience Publication, Tempe Arizona.
- Gunzler, H. dan Gremlich, U., 2002. *IR Spectroscopy*. Wiley-VCH, Germany.
- Hartnagel, H. L, Dawar, A. L, Jain, A. K. dan Jagadish, C., 1995. *Semiconducting Transparent Thin Films*. Institute of Physics Publishing, Bristol.
- Jasprit, S., 1994. *Semiconductor Devices An Introduction*. McGraw-Hill, New York.
- Ling, K.S., 2000. *Mengkaji Sifat t- sifat Elektrik Bagi Bahan Si Dan ITO Dengan Ujikaji Kesan Hall*. Sekolah Sains dan Teknologi, UMS.
- Mahajan, S. dan Harsha, K.S, 1999. *Principle Of Growth And Processing Of Semiconductor*. McGraw-Hill, New York.
- Muhammad Yahya, 1989. *Pengenalan F'izik Keadaan Pepejal*. DBP, Kuala Lumpur.
- Muhammad Yahya, 1997. *Teknologi Filem Nipis*. UKM, Kuala Lumpur.

- Nyquist, R.A. dan Kagel, R.O, 1971. *Handbook Of Infrared And Raman Spectra Of Inorganic Compound And Salt*. Vol. 4. Academic Press, London.
- Peter, Y.Y. dan Cardona, M., 1999. *Fundamentals Of Semiconductor Physic And Material Properties*. Ed. ke-2. Springer-Verlag, New York.
- Satapah Ahmad dan Mohd Jain Nordin, 1982. *Kimia Fizik*. Jilid II. DBP, Kuala Lumpur.
- Schwartz, G.C., Srikrishnan, K.V. dan Bross, A., 1998. *Handbook Of Semiconductor Interconnection Technology*. Marcel Dekker Inc, New York.
- Shea, L.E, 1996. *The Esssence Of Solid State Electronic*. Printice Hall, New York.
- Smith, B., 1999. *Infrared Spectral Interpretation A Systematic Approach*. CRC Press, USA.
- Sze, S.M., 1991. *Semiconductor Device :Pioneering Paper*. World Scientific, Singapore.