

PENYEDIAAN DAN KAJIAN SIFAT ELEKTRIK  
DAN OPTIK FILEM NIPIS KARBON

MUHAMMAD AMIRUL ARIFFUDDIN BIN ZAILANI

PERPUSTAKAAN  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

PROGRAM FIZIK DENGAN ELEKTRONIK  
SEKOLAH SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

2007



**UMS**  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

## BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS@

JUDUL: PENYEDIAAN DAN KAJIAN SIFAT ELEKTRIK DAN  
OPTIK FILEM NIPIS KARBON

Ijazah: SARJANA MUDA DENGAN KEPUJIAN FIZIK DENGAN ELEKTRONIK

SESI PENGAJIAN: 2004/05

Penyayang MUHAMMAD AMIRUL ARIFFUDDIN BIN ZAILANI  
(HURUF BESAR)

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

Tesis adalah hak milik Universiti Malaysia Sabah.

Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dibenarkan membuat salinan untuk tujuan pengajian sahaja. Perpustakaan dibenarkan membuat salinan tesis ini sebagai bahan pertukaran antara institusi pengajian tinggi.

\* Sila tandakan (/)

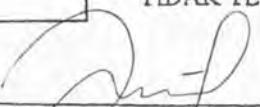
SULIT

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

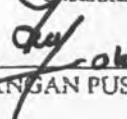
TERHAD

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

TIDAK TERHAD

  
(TANDATANGAN PENULIS)

Ditahkan oleh



(TANDATANGAN PUSTAKAWAN)

Surat Tetap:

Nama Penyclia

Nombor:

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 dikelaskan 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.

12 Mac 2007



---

MUHAMMAD AMIRUL ARIFFUDDIN BIN ZAILANI

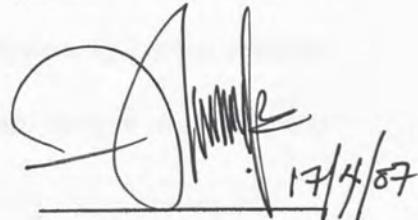
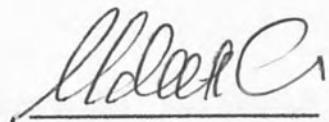
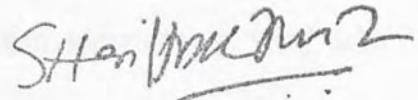
HS2004 – 2607



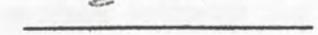
**UMS**  
UNIVERSITI MALAYSIA SARAWAK

**DIPERAKUKAN OLEH****Tandatangan****1. PENYELIA**

(Dr. Haider F. Abdul Amir)

 16/4/07**2. PEMERIKSA 1** 17/4/07**3. PEMERIKSA 2****4. DEKAN**

(Supt/KS. Prof. Madya Dr. Shariff A.K. Omang)



---

**UMS**  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

## PENGHARGAAN

Alhamdulillah bersyukur ke hadrat Ilahi kerana dengan izinNya dapat juga saya menjilidkan penulisan disertasi ini. Ribuan terima kasih diucapkan kepada penyelia saya, Dr. Haider F. Amir dan Dr. Saafie Salleh yang banyak memberi tunjuk ajar dan nasihat yang berguna kepada saya.

Sekalung penghargaan juga buat En. Rahim dan En. Saufi serta staf – staf Sekolah Sains dan Teknologi yang terlibat secara langsung atau tidak langsung kerana sentiasa memberi bantuan dan kerjasama bagi menyiapkan projek ini dengan menyediakan kemudahan peralatan dan bahan yang diperlukan.

Tidak lupa juga terima kasih kepada rakan – rakan seperjuangan yang cekal menghadapi semester akhir bersama saya dengan memberi suntikan semangat dan sokongan moral.

Terima kasih yang tidak terhingga buat keluarga saya terutama buat ibu, Siti Fadzidah binti Baharuddin dan juga ayah saya, Zailani bin Johari yang telah banyak berkorban tenaga, masa dan segala – galanya untuk menjadikan saya insan yang cemerlang.

## ABSTRAK

Filem nipis karbon dimendapkan di atas substrat kaca oleh teknik penyejatan vakum pada jumlah sumber karbon yang berbeza. Serabut karbon digunakan sebagai sumber karbon, dengan 12 sampel terhasil di mana setiap satu daripadanya mempunyai julat ketebalan yang berbeza iaitu dari  $32.261\text{nm}$  hingga  $387.131\text{nm}$ . Sifat elektrik diperolehi dengan menggunakan Penduga Empat Titik yang digunakan untuk menentukan nilai kerintangan filem. Sampel yang terbaik ialah sampel A di mana nilai kerintangannya  $3.378 \times 10^7 \pm 3.028 \times 10^7 \Omega \text{ cm}$  dan nilai kekonduksiannya  $2.960 \times 10^{-8} \pm 1.883 \times 10^{-5} \Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$ . Sampel yang boleh menjadi sampel alternatif selain sampel A ialah sampel B di mana nilai kerintangannya  $1.204 \times 10^7 \pm 1.207 \times 10^7 \Omega \text{ cm}$  dan nilai kekonduksiannya  $8.305 \times 10^{-8} \pm 5.508 \times 10^{-5} \Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$ . Tambahan pula, perbezaan antara kedua – dua sampel ini ialah 47%. Hasil daripada ujikaji tersebut didapati bahawa kerintangan adalah berkadar terus dengan ketebalan filem nipis. Sifat optik ditentukan dengan menggunakan spektrofotometer UV – VIS. Peratus transmisi berkadar songsang dengan ketebalan filem nipis dengan sampel A iaitu sampel yang paling nipis mempunyai peratusan transmisi yang paling tinggi iaitu 69.872 pada panjang gelombang 800nm dan 57.738 pada panjang gelombang 400nm. Peratus transmisi diperolehi daripada ujikaji ini dan membuktikan sampel A boleh menyerap hanya sedikit sinaran cahaya berikutan ketebalannya yang nipis.



## ABSTRACT

Carbon thin films were deposited on glass substrates by vacuum evaporation technique at different amount of carbon source. Carbon fibre was used as carbon source; with 12 samples created which each one of them have different thickness in the range of 32.261nm to 387.131nm. Electrical properties were obtained by using four - point probe which is used to determine the resistivity of the films. The best sample is sample A which its value of is  $3.378 \times 10^7 \pm 3.028 \times 10^7 \Omega \text{ cm}$  in resistivity and  $2.960 \times 10^{-8} \pm 1.883 \times 10^{-5} \Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$  in conductivity. The other alternative sample was sample B which its value of is  $1.204 \times 10^7 \pm 1.207 \times 10^7 \Omega \text{ cm}$  in resistivity and  $8.305 \times 10^{-8} \pm 5.508 \times 10^{-5} \Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$  in conductivity. Besides, the difference between the best value and the alternative value was 47%. From the result, it shows that resistivity is directly proportional to thin film thickness. The optical property was determined using spectrophotometer UV – VIS. The percent of transmission is inversely proportional to thin film thickness with sample A which was the most thin sample has the highest percent of transmission specifically 69.872 at wavelength 400nm and 57.738nm at wavelength 800nm. The percent of transmission value for sample A and B was obtained and shows that sample A and B can absorb less emitted light because of its thicknesses.

<b>KANDUNGAN</b>		Muka Surat
PENGAKUAN		i
PENGESAHAN		ii
PENGHARGAAN		iii
ABSTRAK		vi
ABSTRACT		vii
SENARAI JADUAL		ix
SENARAI RAJAH		x
SENARAI FOTO		xi
SENARAI GRAF		xii
SENARAI SIMBOL		xiii
<b>BAB 1</b>	<b>PENDAHULUAN</b>	
1.1	PENGENALAN	1
1.2	MATLAMAT PROJEK	4
1.2.1	Tujuan	4
1.2.2	Objektif	5
1.2.3	Skop Kajian	5
<b>BAB 2</b>	<b>ULASAN PERPUSTAKAAN</b>	6
2.1	FILEM NIPIS	6
2.1.1	Ciri – ciri dan Sifat Elektrik Filem Nipis Karbon	7
2.2	TEORI KAEDAH PENYEJATAN	10
2.3	KERINTANGAN	12



2.3.1	Faktor Pembetulan Bagi Filem Nipis	16
2.4	KEKONDUKSIAN	17
2.5	RALAT DAN KETAKPASTIAN	17
2.5.1	Sisihan Piawai	19
2.6	TEORI PENDUGA EMPAT TITIK	21
2.7	PENCIRIAN OPTIKAL	22
2.7.1	Transmisi	23
2.8	SPEKTROFOTOMETER UV – VIS CARY 50	25
<b>BAB 3</b>	<b>METODOLOGI DAN BAHAN</b>	26
3.1	PENGENALAN	27
3.1.1	Penyediaan Bahan dan Peralatan Eksperimen	28
3.2	LANGKAH – LANGKAH EKSPERIMEN	27
3.2.1	Kaedah Penyediaan Sampel Menggunakan <i>Carbon Coater</i>	29
3.2.2	Kaedah Pencirian Sampel Menggunakan Kaedah Penduga Empat Titik	33
3.2.3	Kaedah Pencirian Menggunakan Spektrofotometer UV – VIS	34
<b>BAB 4</b>	<b>KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN</b>	
4.1	HASIL PENYEDIAAN SAMPEL	36
4.2	KERINTANGAN DAN KEKONDUKSIAN	38
4.3	UJIKAJI TRANSMISI OPTIK	45
<b>BAB 5</b>	<b>KESIMPULAN</b>	50



RUJUKAN	52
LAMPIRAN	54

## SENARAI JADUAL

No.	Tajuk Jadual	Muka Surat
2.1	Faktor pembetulan bagi pengukuran rintangan keping menggunakan penduga empat titik	17
4.1	Nilai ketebalan sampel yang dianggarkan mengikut jumlah jalur serabut karbon yang digunakan	37
4.2	Nilai rintangan keping bagi setiap sampel filem	39
4.3	Nilai kerintangan $\rho$ dan kekonduksian $\sigma$ bagi setiap bahan sampel	42
4.4	Nilai peratusan transmisi (%T) bagi setiap sampel pada panjang gelombang 400nm dan 800nm.	46



**SENARAI RAJAH**

No.	Tajuk Rajah	Muka Surat
2.1	Pergerakan atom – atom yang berlaku semasa proses penyejatan.	11
2.2	Skema sistem penyejatan vakum	11
2.3	Lakaran pengukuran menggunakan Penduga Empat Titik.	13
2.4	Rajah skematik Penduga Empat Titik	21
2.5	Skematik pengukuran transmisi	23



**SENARAI FOTO**

No.	Tajuk Foto	Muka Surat
3.1	Fotograf <i>Carbon Coater</i> model CA7615.	30
3.2	Peralatan penduga empat titik.	33
3.3	Peralatan spektrofotometer UV – VIS.	35



**SENARAI GRAF**

No.	Tajuk Foto	Muka Surat
4.1	Graf rintangan keping melawan ketebalan sampel	40
4.2	Graf Kekonduksian melawan ketebalan filem	43
4.3	Graf Ketebalan Filem melawan Peratusan Transmisi pada Panjang Gelombang 400nm	48
4.4	Graf Ketebalan Filem melawan Peratusan Transmisi pada Panjang Gelombang 800nm	49



**SENARAI SIMBOL**

$\rho$	Kerintangan
$\sigma$	Kekonduksian
$\bar{x}$	Purata atau nilai min
$\Omega$	Ohm
eV	Elektron Volt
MHz	Mega Hertz
R	Rintangan
$\rho_s$	Rintangan keping
D	Diameter
T	Transmisi
I	Arus
$s$	Jarak antara titik penduga empat titik
V	Voltan



## BAB 1

### PENDAHULUAN

#### 1.1 PENGENALAN

Antara teknologi yang terpenting dalam industri elektronik ialah filem nipis. Filem nipis adalah elemen yang menyediakan sambungan antara peranti dalaman litar bersepadu (IC). Peranti filem nipis dan kumpulan litar berkembang dengan cepat kerana keperluan komersial, pembangunan ketenteraan dan angkasa lepas daripada alat pengguna yang boleh dipercayai, prestasi tinggi, kos rendah, padat dan serbaguna kepada hebat, ringan, menjimatkan tenaga, komunikasi yang tahan lasak, sistem kawalan dan pengesan. Filem nipis magnetik, superkonduktor, dielektrik, akustik dan optik menyediakan fungsi dalam peranti mikro dan rekabentuk litar dalam sistem bersepadu berketumpatan tinggi. Tambahan lagi, telah diperhatikan bahawa filem nipis menunjukkan penambahan atau sifat-sifat unik apabila dimensi kritikalnya berada dalam aturan nano (<50 nm).

Terdapat berbagai cara yang boleh diaplikasikan untuk menyediakan filem nipis, iaitu secara percikan (*sputtering*), penyejatan terma, penyejatan alur elektron dan teknik pemendapan wap kimia (CVD). Teknik-teknik tersebut dilakukan dalam keadaan vakum. Ia dilakukan dalam keadaan vakum supaya kualiti lapisan logam lebih baik dengan kurangnya kehadiran bendasing semasa proses dijalankan. Keadaan vakum juga penting



supaya atom logam yang hendak dimendakkan boleh bergerak lurus tanpa banyak pelanggaran dengan molekul-molekul gas (Burhanuddin Yeop Majlis, 1999). Pemilihan teknik penyediaan adalah bergantung kepada takat lebur logam dan kualiti lapisan logam yang diperlukan.

Untuk projek ini, teknik penyejatan terma dengan menggunakan alat *carbon coater* digunakan. Ini kerana, proses penyejatan amat sesuai untuk bahan seperti karbon kerana proses ini mudah berbanding dengan proses lain, tetapi dengan keadaan eksperimen yang teratur, ia boleh menghasilkan filem yang berketalenan tinggi dan pada sesuatu tahap struktur yang terbaik.

Ujian pencirian juga dilakukan terhadap sampel yang dihasilkan. Terdapat dua ujikaji pencirian yang dijalankan iaitu sifat elektrik dan sifat optik. Bagi pencirian mengenai sifat elektrik, Penduga Empat Titik digunakan. Sampel yang dihasilkan mempunyai ketebalan yang berbeza akan diambil nilai kerintangannya dan seterusnya dibandingkan.

Selain itu, sifat optik seperti transmisi sampel turut dikaji. Bagi ujikaji ini, alat Spektrofotometer UV-VIS digunakan bagi melihat perbandingan peratusan transmisi dengan sampel yang mempunyai ketebalan yang berlainan.

Teknologi filem nipis ini mempunyai kepentingan dalam menjimatkan tenaga dan bahan mentah. Selain itu, filem nipis mempunyai kekonduksian yang tinggi dan sifat

kelutsinaran yang baik dalam spektrum cahaya nampak dan pantulan yang tinggi dalam spektrum inframerah.

Filem nipis turut digunakan di dalam teknologi litar hibrid mikroelektronik, di mana filem nipis akan dimendapkan ke atas substrat penebat dalam bentuk cip bagi menggantikan fungsi perintang dan kapasitor yang konvensional (Gupta, Tapak K., 2003). Teknologi ini telah digunakan dengan meluas dalam sektor perindustrian, komputer, dan pertahanan.

Di samping itu, filem nipis juga diaplikasikan dalam litar berfrekuensi tinggi dan litar berketumpatan tinggi. Ini memandangkan kelebihan filem nipis dalam kualiti, kestabilan, boleh dipercayai dan kebolehlenturan.

Filem nipis karbon, oleh kerana kestabilan mekanikal, kekonduksian elektrik yang baik, isyarat latar belakang yang rendah, ianya biasa digunakan dalam teknik penyediaan sampel untuk mikroskopi elektron (EM). Filem nipis dalam lingkungan sehingga 5 nm ( $50\text{\AA}$ ) digunakan dalam mikroskopi elektron penghantaran (TEM) sebagai sokongan zarah dan untuk memencarkan lapisan dalam autoradiografi. Filem tebal agak lebih daripada 5 nm ( $50\text{\AA}$ ) digunakan dalam mikroskopi elektron pengimbasan (SEM) juga sebagai sokongan, tambahan lagi kepada salutan untuk analisis mikro sinar-X. Ia juga mungkin menjadi keperluan untuk berikutnya menjadi sokongan kepada filem dengan cara menyahcas bara. Secara umumnya, terdapat satu keperluan untuk kesemua filem

untuk menjadi butir yang baik, salutan yang rata, dengan serupa dan tebal filemnya dapat dihasilkan.

Teknik penyejatan zarah bergantung kepada beberapa faktor. Luas permukaan, suhu, dan panjang filamen. Filamen tersebut boleh dibahagikan kepada beberapa bentuk termasuklah pelbagai serabut karbon dalam bentuk utas-utas dan “bentuk sedia siap” walaupun secara umumnya “bentuk sedia siap” lebih sesuai. Serabut karbon dipilih kerana ia dapat memberikan prestasi yang terbaik.

Dengan melakukan pengkajian terhadap filem nipis karbon ini, diharapkan kepentingan terhadap kegunaan dan kualitinya di dalam bidang penyelidikan mahupun bidang perindustrian dapat ditentukan, sejajar dengan aplikasi teknologi filem nipis dalam memudahkan dan memajukan litar elektronik.

## 1.1 TUJUAN

Tujuan kajian ini adalah untuk menyediakan filem nipis karbon dan mencirikan tentang sifat elektrik iaitu kerintangan dan sifat optik transmisi, di mana sampel disediakan dengan menggunakan alat *Carbon Coater* manakala alat penduga empat titik digunakan untuk mengukur kerintangannya dan alat spektrofotometer UV-VIS digunakan untuk mendapatkan peratusan transmisinya.



## 1.2 OBJEKTIF KAJIAN

Objektif yang hendak dicapai dalam menjalankan kajian adalah:

1. Menyediakan filem nipis karbon melalui kaedah penyejatan vakum dengan menggunakan *Carbon Coater*.
2. Menentukan kerintangan sampel dengan menggunakan alat penduga empat titik.
3. Menentukan nilai transmisi sampel dengan menggunakan spektrofotometer UV-VIS.

## 1.4 SKOP KAJIAN

Kajian ini menyediakan filem nipis daripada karbon melalui kaedah penyejatan vakum. Dalam eksperimen pencirian sampel , hanya sifat elektrik kerintangan dan sifat optik transmisi sahaja yang dikaji.



## BAB 2

### ULASAN PERPUSTAKAAN

#### 2.1 FILEM NIPIS

Filem nipis ialah struktur lapisan berterusan yang mempunyai julat ketebalan daripada beberapa nanometer sehingga 1000 nm dan di mana memancar sejumlah sinaran yang boleh diukur. Filem nipis juga merupakan satu lapisan nipis yang berukuran antara  $10^{-6}$  –  $10^{-9}$  m yang dimendapkan ke atas bahan pepejal seperti kaca, seramik dan sebagainya. Filem nipis boleh disediakan melalui proses mendapan vakum, ablasi laser, pemercikan, mendapan wap kimia dan teknik semburan pirolisis (Burhanuddin,1999).

Pada masa sekarang, filem nipis dikatakan penting kerana kita dapat melihat peningkatan penggunaan filem nipis secara meluas dalam aplikasi teknikal sebagai contohnya, filem nipis dielektrik digunakan sebagai salutan pada komponen sistem optik yang membawa kepada pengurangan yang agak banyak dalam kehilangan akibat daripada pantulan. Satu timbunan filem nipis yang sesuai bahan dan ketebalannya barangkali digunakan sebagai penapis sama ada untuk pemancaran atau penyekatan jalur panjang gelombang yang diperlukan.



Pemilihan teknik pemendakan adalah bergantung kepada takat lebur dan kualiti serabut karbon yang digunakan. Proses ini dilakukan dalam keadaan vakum supaya kualiti lapisan karbon yang terhasil baik dengan kadar kehadiran bendasing yang rendah. Keadaan vakum juga amat perlu bagi membolehkan atom karbon yang hendak dimendakkan bergerak lurus tanpa banyak pelanggaran dengan molekul gas. (Burhanuddin, 1999)

### **2.1.1 Ciri-ciri Dan Sifat Elektrik Filem Nipis Karbon**

Karbon ialah unsur dalam kumpulan 14 jadual berkala. Karbon merupakan unsur bukan logam tetapi mempunyai sifat-sifat yang hampir sama dengan unsur logam. Ia mempunyai takat lebur yang tinggi iaitu pada  $4100^{\circ}\text{C}$ . Selain itu, nilai haba pelakuran bagi karbon juga tinggi. Ikatan yang boleh terhasil antara atom-atom ialah ikatan kovalen. Karbon terbahagi kepada bentuk alotrop iaitu amorfus, grafit dan intan. Kajian ini menggunakan serabut karbon sebagai bahan untuk menyediakan sampel.

Karbon juga merupakan bahan yang menarik kerana sifat – sifatnya boleh mencecah grafistik kepada intan bergantung kepada ikatan atomnya. Karbon grafit adalah konduktif dan agak lembut manakala intan adalah keras dan merupakan penebat yang baik.



Dalam karbon grafit, terdapat empat daripada hibrid  $2s$  dan  $2p$  dalam tiga orbital ikatan  $sp^2$  dan satu orbital  $2p$  yang tidak penuh. Dalam kes intan, elektron valens menghibrid ke dalam orbital ikatan  $sp^3$  sama jarak antara satu sama lain. Dalam intan tiada hibrid yang tidak penuh atau orbital *ground state*, oleh itu tiada ikatan pi. Bentuk tetrahedral yang terkenal dan ikatan sigma yang kuat dalam molekul intan membuatkan ia kuat dan tahan lasak.

Oleh kerana sifat – sifat karbon boleh dikawal menjangkau lingkungan yang meluas bergantung kepada bagaimana ia dibuat, ia menjadi bahan yang menarik untuk diaplikasikan dalam filem nipis. Karbon amorfus adalah secara amnya merujuk kepada karbon dengan campuran berkadarana ikatan  $sp^2$  dan  $sp^3$ . Serabut karbon yang digunakan dalam projek ini kemungkinan mempunyai sifat – sifat yang hampir sama dengan grafit.

Kemunculan serabut karbon telah mewujudkan prinsip baru untuk teknik penyejatan karbon dalam aplikasi elektromagnetik. Asasnya ialah filamen karbon pada suhu yang tinggi membakar dengan cepat, dalam kira-kira 1 saat atau kurang, menjadikan ia dipanggil penyejatan karbon “kilasan”. Ia adalah bersama dengan jumlah input yang rendah, disebabkan masa salutan yang pendek, membezakan ia daripada proses penyejatan rod karbon mengambil masa yang lama. Ia tambahan pula unggul dalam jumlah kitaran masa, di mana lebih kurang 4 minit termasuk proses mengepam dan mengeluarkan gas, berdasarkan fakta ia boleh dijalankan pada tekanan pam vakum putaran. Tekanan ini (vakum berkaitan) pada julat 0.05 hingga 0.01 torr memberikan laluan bebas min daripada urutan 1 hingga 5 mm masing-masing.

Teori elektronik kuantum moden menyatakan bahawa kekonduksian elektrik di dalam sesuatu bahan adalah disebabkan oleh elektron, sementara kerintangan elektriknya pula hasil daripada serakan elektron pada kekisi. Disebabkan sifat gelombangnya, elektron boleh terus melalui kekisi sempurna tanpa wujudnya sebarang kemerosotan akibat kerintangan, maka darjah pengukuran untuk kekisi logam menyimpang daripada syarat kesempurnaan. Namun pada hakikatnya, kekisi yang sempurna tidak wujud. Elektron sentiasa mengalami serakan ketika ia bergerak melalui pepejal, di mana purata jarak laluannya di antara pelanggaran dipanggil sebagai laluan bebas min (*mean free path*) (Maissel, 1983).

Apabila satu atom bendasing larut ke dalam sesuatu logam, kebiasaannya ia membawa cas elektrik berkesan yang berlainan daripada logam asalnya. Maka, ia akan bertindak sebagai suatu sumber kepada serakan elektron. Kerintangan bahan meningkat dengan bertambahnya kepekatan bendasing, di mana ia akan menuju puncak maksimum kerintangan dengan komposisi aloi lebih kurang 50% bahan bendasing (Maissel, 1983).

Rintangan keping pula adalah satu kuantiti yang amat berguna dan digunakan secara meluas dalam perbandingan dan perihalan filem-filem nipis, khususnya untuk bahan yang sama dan melalui proses pengewapan yang sama (Maissel, 1983). Rintangan keping adalah ukuran kerintangan untuk filem nipis yang mempunyai ketebalan yang sekata, ia diukur di dalam unit ohm per segi. Ia lebih bermakna untuk ukuran kerintangan dua dimensi, di mana arus akan dialirkan di sepanjangnya bukan melaluinya. Rintangan keping ini didapati meningkat dengan penurunan ketebalan filem nipis (Whitmer, 1997).



## RUJUKAN

Blackmore, J.S., 1995. *Fizik Keadaan Pepejal*. Dewan Bahasa dan Pustaka (ptjr), Kuala Lumpur.

Burhanuddin Yeop Majlis, 1999, *Teknologi Fabrikasi Litar Bersepadu*. Universiti Kebangsaan Malaysia, Bangi, 133 – 148.

Dawar, A.L., Hartnagel, H.L., Jagadish, C. dan Jain, A.K., 1995. *Semiconducting Transparent Thin Film*. Institute of Physics, London, 219 – 226.

Gupta, Tapan K., 2003. *Handbook of Thick- and Thin Film Hybrid Microelectronics*. New Jersey, 183 – 226.

Islam, S.S., 2006. *Semiconductor Physics and Devices*. Oxford University Press, India, 203 – 205.

Maissel, L. I. dan Glang. R, 1983. *Handbook of Thin Film Technology*, New York, 13-7 – 13-11.

Mohd. Yusof Hj. Othman, 1986. Analisis Ralat dan Ketakpastian Dalam Amali, Dewan Bahasa dan Pustaka, Kuala Lumpur.



Mustaffa Hj. Abdullah, 1991. *Sains Bahan Jilid 1*. Dewan Bahasa dan Pustaka, Kuala Lumpur, 127 – 128.

\_\_\_\_\_, Operating Manual CA7615 Carbon Accessory, Thermo VG Scientific, West Sussex, England, 22 – 23.

Patil, V.N., Patil, A.R., Bhosale, P.N., dan Chape, D.N., 2004. Optical, electrical and growth mechanism of  $[Sb_2(S_{1-x}Se_x)_3]$  thin fil prepared by Arrested Precipitation Technique (APT). *Physics of Semiconductor Devices*, 120 – 124.

Schroder, D. K., 1990. *Semiconductor Material and Device Characterization*, Arizona State University, Arizona, 446 – 476.

Strongin, M., Miller, D. L., Budhani, R. C., dan Ruckman, M. W., 1991. *Encyclopedia of Physics – Second Edition*. New York, 1276 – 1280.

Varian, 2000. *Cary 50 Hardware Manual*, Varian Australia Pty Ltd, Mulgrave, Victoria, Australia, 1 – 3.

Whitmer, J. K., 1997. Superconducting – Insulating Quantum Phase Transition in Homogenous Thin Films. *Physical Review Letters*, jilid 78, 2632 – 2635.

