

PROSES FABRIKASI DAN PENCIRIAN BAHAN POLIMER HD4000
UNTUK APLIKASI FOTONIK

RAZALI BIN MUDA

Tesis ini dikemukakan
sebagai memenuhi syarat penganugerahan
ijazah Sarjana Kejuruteraan (Elektrik)

Fakulti Kejuruteraan Elektrik
Universiti Teknologi Malaysia

JUN 2004

ABSTRAK

Penyelidikan dan pembangunan dalam bidang optik bersepadu berasaskan bahan polimer sedang mengalami perkembangan pesat dewasa ini. Pelbagai jenis bahan polimer telah menunjukkan potensi yang sangat baik untuk aplikasi peranti optik atau fotonik pada masa hadapan. Oleh sebab itu, kajian ini bertujuan untuk mengenalpasti proses fabrikasi pandu gelombang planar berasaskan bahan polimida pekacahaya HD4000 dan juga untuk menjalankan proses pencirian terhadap bahan tersebut melalui kaedah –kaedah konvensional. Antara sebab utama bahan polimer HD4000 dipilih dalam kajian ini ialah kerana ia memenuhi hampir semua ciri –ciri polimer yang diperlukan untuk aplikasi peranti pandu gelombang optik seperti mempunyai indeks biasan yang sedikit lebih tinggi berbanding substrat kaca, kehilangan perambatan yang rendah dan juga proses fabrikasi yang mudah. Dalam kajian ini, proses fabrikasi yang telah dijalankan termasuklah *spin –coating*, pemanasan lembut dan juga dedahan kepada sinar ultra ungu. Kemudian, proses pencirian dijalankan terhadap pandu gelombang tersebut menggunakan beberapa kaedah tertentu seperti gandingan prisma, cahaya tersebar, spektro –fotometri, *scanning electron microscope* dan juga melalui pemerhatian fizikal. Parameter optik yang dikaji dalam kajian ini termasuklah kesan dedahan sinar ultra ungu terhadap perubahan indeks biasan, hubungan antara ketebalan lapisan pandu dan halaju putaran mesin spin –coater, ketelusan bahan terhadap tettingkap panjang gelombang dan juga perubahan warna dan sifat –sifat fizikal bahan apabila dipanaskan secara lampau. Dalam kajian ini, didapati dedahan sinar ultra ungu terhadap bahan polimida HD4000 hanya menyebabkan perubahan kecil sahaja pada nilai indeks biasan iaitu dalam julat antara 0.125% hingga 0.504% sahaja dari nilai asal. Kehilangan perambatan minima bagi bahan polimer ini yang diukur pada panjang gelombang $\lambda=0.663 \mu\text{m}$ didapati bernilai 3.78 dB/cm.

ABSTRACT

Nowadays, research and development activities in the field of integrated optics based on polymer materials are expanding rapidly. Various type of polymer materials have demonstrated very good potential to be used in optical device or photonics applications. Therefore, this study aims to identify the fabrication process of planar waveguide based on HD4000 photosensitive polyimide and to characterize its optical properties using conventional methods. The main reason HD4000 polymer was selected in this research because it has almost all the characteristics required for optical waveguiding applications for instance having refractive index slightly higher than glass substrate, low propagation loss as well as offer easy fabrication process. Among the fabrication process that were conducted during this study are spin –coating, softbaking and also ultra violet exposure. Then, characterization process of the waveguide was conducted using prism coupling method, light scattering method and spectrophotometry. The optical properties that were characterized here includes effect of UV exposure on the refractive index changes, relation between thickness of polymer guiding layer and its spin speed, optical wavelength transparency of the material and also physical and colour changes during over –heating process. In this study, it was found that UV exposure to the HD4000 polyimide waveguide caused only slight change in it refractive index, that is in the range of 0.125% to 0.504% from its original value. The minimum propagation loss of the waveguide measured at $\lambda = 0.633 \mu\text{m}$ was found to be 3.78 dB/cm. \bar{x}

KANDUNGAN

BAB	PERKARA	MUKA SURAT
	JUDUL	i
	PENGAKUAN	ii
	DEDIKASI	iii
	PENGHARGAAN	iv
	ABSTRAK	v
	ABSTRACT	vi
	KANDUNGAN	vii
	SENARAI JADUAL	xiii
	SENARAI RAJAH	xiv
	SENARAI SIMBOL	xvii
	SENARAI SINGKATAN	xvii
	SENARAI LAMPIRAN	xix

BAHAGIAN SATU**PENGENALAN**

BAB I	PENGENALAN	1
	1.1 Pengenalan	1
	1.2 Pandu Gelombang Polimer	4
	1.3 Permasalahan Kajian	5
	1.4 Objektif Kajian	5
	1.5 Skop dan Metodologi	5
	1.6 Kandungan Tesis	6

BAHAGIAN DUA**BAHAN POLIMER OPTIK**

BAB II	BAHAN POLIMER OPTIK	8
	2.1 Pendahuluan	8
	2.2 Bahan Asas Pandu Gelombang	10
	2.2.1 Pandu Gelombang Kaca	10
	2.2.2 Pandu Gelombang Polimer	11
	2.3 Bahan –Bahan Pandu Gelombang Lain	13
	2.4 Bahan Polimer Untuk Peranti Optik	14

2.5	Struktur Pandu Gelombang	19
2.6	<i>State-of-the-art</i>	21
2.7	Pandu Gelombang Dielektrik Planar	29
2.7.1	Mod-mod Pandu Gelombang	32
2.7.2	Jumlah Mod	36
2.8	Pandu Gelombang Dua Dimensi	38
2.8.1	Pandu Gelombang Dielektrik Segi Empat Tepat	39
2.9	Kepelbagaian Geometri Pandu Gelombang Saluran	40
2.10	Kesimpulan	42

BAHAGIAN TIGA

FABRIKASI PANDU GELOMBANG PLANAR POLIMER HD4000

BAB III	FABRIKASI PANDU GELOMBANG PLANAR POLIMER HD4000	44
3.1	Pengenalan	44
3.2	Kaedah Umum Fabrikasi Pandu Gelombang	45
3.2.1	Pengendapan Spin Coating	45
3.2.2	Pemercitan (<i>Sputtering</i>)	46
3.2.3	Penukaran Ion	47
3.2.4	Implantasi Ion	47
3.2.5	Pengendapan Wap Kimia	48

3.2.6	Pempolimeran	49
3.3	Pemilihan Bahan	49
3.3.1	Bahan Pandu	50
3.3.1.1	Polimida HD4000 Peka Cahaya	51
3.3.2	Penentuan Bahan Substrat	52
3.3.3	Bahan <i>Cladding</i>	53
3.4	Proses Fabrikasi Pandu Gelombang	53
3.4.1	Penyediaan (pembersihan) Substrat	54
3.4.2	Proses Pengendapan Pandu Gelombang	55
3.4.3	Aliran Proses Fabrikasi	58
3.4.3.1	Pembersihan Substrat Kaca	60
3.4.3.2	Proses Pengendapan Polimer	64
3.4.3.3	<i>Spin Coating</i>	65
3.4.3.4	Pemanasan Lembut	67
3.5	Keputusan dan Kesimpulan	70

BAHAGIAN EMPAT PENCIRIAN PANDU GELOMBANG

BAB IV	PENCIRIAN PANDU GELOMBANG	73
4.1	Pengenalan	73
4.2	Pencirian Pandu Gelombang	74
4.2.1	Kaedah Gandingan Prisma	75
4.2.2	Kaedah Cahaya Tersebar	79
4.2.3	Kaedah Gandingan Parutan	80

4.2.4	Kaedah <i>cut –back method</i>	83
4.3	Keputusan dan Perbincangan	84
4.3.1	Kaedah Gandingan Prisma	85
4.3.1.1	Langkah Ujikaji	85
4.3.1.2	Keputusan dan Perbincangan	86
4.3.2	Kaedah Cahaya Tersebar	90
4.3.2.1	Langkah Ujikaji	90
4.3.2.2	Keputusan dan Perbincangan	91
4.3.3	Kaedah Spektrofotometri	94
4.3.3.1	Langkah Ujikaji	94
4.3.3.2	Keputusan dan Perbincangan	95
4.3.4	Scanning Electron Microscope, SEM	97
4.3.4.1	Langkah Ujikaji	98
4.3.4.2	Keputusan dan Perbincangan	99
4.3.5	Pemerhatian Sifat –sifat Fizikal	100
4.3.5.1	Perubahan Warna dan Bentuk Fizikal Apabila Dipanaskan	100
4.4	Kesimpulan	101

BAHAGIAN LIMA

KESIMPULAN

BAB V	KESIMPULAN :	103
5.1	Pendahuluan	103
5.2	Ringkasan Ujian	104

5.3	Ulasan Terhadap Hasil Kerja	105
5.4	Cadangan Penambahbaikan Pada Masa hadapan	106

**BAHAGIAN ENAM
SENARAI RUJUKAN**

RUJUKAN	107
----------------	------------

**BAHAGIAN TUJUH
LAMPIRAN**

LAMPIRAN A	115 - 126
-------------------	------------------

SENARAI JADUAL

NO. JADUAL	TAJUK	MUKA SURAT
2.1	Perbandingan antara teknologi berbeza bagi aplikasi peranti optik bersepadu	16
2.2	Ciri –ciri optik umum bahan polimida terfluorin yang digunakan	18
3.1	Kandungan komposisi bahan kimia dalam polimida HD4000	52
4.1	Perbezaan beberapa parameter bagi sampel –sampel yang diukur melalui Kaedah Cahaya Tersebar.	92

SENARAI RAJAH

NO. RAJAH	TAJUK	MUKA SURAT
1.1	Aliran proses kerja bagi penyelidikan pandu gelombang optik berasaskan bahan polimer	3
2.1	Perubahan (a) nilai indeks biasan dan (b) birefringence optik terhadap masa dedahan sinar (lampu tungsten 500W pada suhu 150 ^o C)	23
2.2	Perubahan nilai indeks biasan bahan polikarbonat dalam mod TE dan TM terhadap perubahan suhu dengan $\lambda = 1.55 \mu\text{m}$	25
2.3	Kehilangan sisipan masing –masing ialah 0.76 dB/cm dan 1.38 dB/cm bagi pengutuban TM dan TE.	26
2.4	(a) Gambarajah skema struktur pandu gelombang rusuk yang digunakan (b) Mikrograf SEM bagi struktur pandu gelombang tersebut.	27
2.5	Set –up eksperimen bagi mengukur kehilangan pandu gelombang	28
2.6	(a) Kehilangan perambatan bagi mod TE yang diukur pada $\lambda = 1.300 \mu\text{m}$ dan $\lambda = 1.55 \mu\text{m}$ (b) Kehilangan perambatan bagi mod TE dan TM yang diukur pada $\lambda = 1.300 \mu\text{m}$	29
2.7	Pandu gelombang dielektrik planar	31
2.8	Penyelesaian secara grafik untuk menentukan sudut –sudut pantulan bagi setiap mod dalam pandu gelombang planar	34
2.9	Sudut –sudut pantulan θ_m serta komponen k_x dan k_y yang sepadan	35

2.10	Jumlah mod TE dalam fungsi frekuensi gelombang	38
2.11	Geometri sebuah pandu gelombang dielektrik segi empat sama. Nilai –nilai k_x dan k_y bagi mod pandu gelombang ditandakan oleh titik –titik.	39
2.12	Pelbagai bentuk geometri pandu gelombang (a) strip (b) embedded strip (c) rib atau ridge (d) strip loaded	41
2.13	Pelbagai konfigurasi pandu gelombang (a) lurus (b) bengkok –S (c) cabang –Y (d) Mach –Zehnder (e) pengganding berarah (f) persilangan	41
3.1	Empat tahap yang berlaku semasa proses <i>spin –coating</i>	57
3.2	Salah satu mesin spin coater yang digunakan dalam kajian ini	58
3.3	Proses fabrikasi pandu gelombang berasaskan bahan polimida HD4000	59
3.4	Kelihatan sebuah bikar berisi larutan aseton yang digunakan dalam proses pembersihan substrat kaca.	62
3.5	Mesin ultra –sonik yang digunakan dalam proses pembersihan substrat kaca.	63
3.6	Beberapa peringkat spin –coating dalam proses fabrikasi pandu gelombang: (a) Bahan polimer dititiskan (b) Cuk vakum mula berputar (c) Cuk vakum berputar dengan laju (d) Akhir putaran	67
3.7	Proses pemanasan lembut pandu gelombang polimer dijalankan menggunakan plat panas.	70
3.8	Graf spincurve yang menunjukkan hubungan antara ketebalan lapisan pandu gelombang dengan halaju putaran.	71
4.1	Kaedah gandingan prisma secara umum	75
4.2	Rajah skematik menunjukkan kaedah asas dalam pengukuran gandingan prisma.	76
4.3	Setup eksperimen dalam kaedah gandingan prisma untuk mengukur sudut –sudut gandingan.	78
4.4	Kaedah cahaya tersebar untuk mengukur kehilangan perambatan pandu gelombang slab.	79

4.5	Rajah skema kaedah gandingan parutan	81
4.6	Setup eksperimen untuk mengukur nilai sudut θ_m cahaya terbelau dalam kaedah gandingan parutan.	82
4.7	Graf menunjukkan hasil pengukuran kaedah cut –back method	84
4.8	Rajah skematik susunan ujikaji gandingan prisma	85
4.9	Susunan sebenar eksperimen kaedah gandingan prisma	86
4.10	Ketebalan lapisan pandu gelombang melawan halaju putaran	87
4.11	Perubahan indeks biasan Polimida HD4000 terhadap perubahan kuasa dedahan sinar ultra ungu.	88
4.12	Perubahan indeks biasan Polimida HD4000 terhadap perubahan tempoh dedahan sinar ultra ungu.	89
4.13	Rajah skematik ujikaji kaedah cahaya tersebar	91
4.14	Hasil pengukuran kaedah cahaya tersebar	93
4.15	Peralatan spektrofotometer yang digunakan	95
4.16	Hasil pengukuran transmisi Polimida HD4000 terhadap panjang gelombang isyarat	96
4.17	Hasil pengukuran serapan Polimida HD4000 terhadap panjang gelombang isyarat	97
4.18	Mesin scanning electron microscope (SEM) yang digunakan dalam kajian ini.	98
4.19	Mikrograf SEM menunjukkan dengan jelas struktur planar pandu gelombang polimer yang dihasilkan dalam kajian ini.	99
4.20	Struktur pandu gelombang planar ditunjukkan dengan jelas melalui mikrograf SEM.	100

SENARAI SIMBOL

φ_r	-	Anjakan Fasa
c_0	-	halaju cahaya
α	-	kehilangan perambatan
β_m	-	pemalar perambatan
$\overline{\theta_c}$	-	sudut genting pelangkap
θ_m	-	sudut pantulan
T_g	-	suhu peralihan kaca
Λ	-	tempoh parutan
k_x	-	vektor gelombang komponen -x
k_y	-	vektor gelombang komponen -y
k_z	-	vektor gelombang komponen -z
P_o, P_1	-	kuasa optik
d	-	ketebalan lapisan pandu
M	-	Mod
NA	-	Bukaan Berangka
λ	-	panjang gelombang

SENARAI SINGKATAN

UV	-	ultra violet
<i>LiNbO₃</i>	-	lithium niobate
GaAs	-	Galium arsenida
CVD	-	chemical vapor deposition
PMMA	-	polymethylmethacrylate
VLSI	-	very large scale integrated
EO	-	elektro optik
TE	-	transverse electric
TM	-	transverse magnetic
SEM	-	scanning electron microscope
LHS	-	Sebutan Kiri
RHS	-	Sebutan Kanan
NMP	-	N-Methyl Pyrrolidone
dB	-	desibel

SENARAI LAMPIRAN

NO. LAMPIRAN	TAJUK	MUKA SURAT
A	HD4000 Datasheet	118

BAB I

PENGENALAN

1.1 Pengenalan

Dewasa kini, penggunaan rangkaian komputer global atau internet telah menjadi semakin penting. Malahan, internet telah menjadi satu keperluan asas kepada setiap orang. Melalui penggunaan internet, mereka boleh menerima dan menghantar data dan maklumat dengan lebih cekap dan pantas. Penggunaannya di kalangan masyarakat semakin meningkat menyebabkan permintaan yang semakin tinggi terhadap lebar jalur (*bandwidth*) dan juga kecepatan perkhidmatan. Bagi mengatasi masalah ini, para pengguna internet semakin ramai bertukar kepada kemudahan rangkaian perhubungan optik. Kemudahan ini menawarkan lebar jalur serta kecepatan yang tinggi kepada pengguna.

Pada masa kini, gentian optik telah menjadi medium telekomunikasi yang paling popular di seluruh dunia bagi aplikasi perhubungan jarak jauh dan pemindahan data berkapasiti tinggi. Justeru, fenomena ini telah mendorong kepada aktiviti penyelidikan dan pembangunan yang sangat pesat dalam bidang perhubungan optik, lantas menghasilkan pelbagai peranti serta komponen optik yang berasaskan teknologi pandu gelombang (Kobayashi et al, 1998). Antara contoh peranti optik ialah pembahagi kuasa (*power splitter*), pemultipleksan (*multiplexer*), penapis optik (*optical filter*), pemodulat (*modulator*) dan juga suis (Kang et al, 2002).

Teknologi pandu gelombang optik telah mendapat perhatian yang agak meluas di kalangan para penyelidik di seluruh dunia. Mereka telahpun menjalankan pelbagai aktiviti penyelidikan dan pembangunan peranti –peranti pandu gelombang yang berasaskan bahan –bahan seperti Galium Arsenida, (GaAs), Lithium Niobate (LiNbO_3), Silikon Dioksida (SiO_2), Silikon Oksi-Nitrida (SiON) dan beberapa jenis bahan polimer (Houbertz et al, 2003).

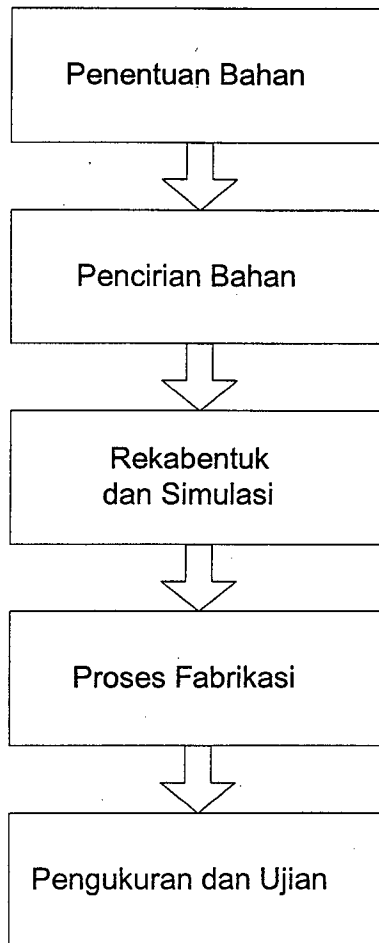
Kajian tentang penggunaan bahan polimer sebagai asas kepada peranti optik adalah disebabkan pelbagai kelebihan dalam banyak segi berbanding bahan-bahan lain seperti kaca dan sebagainya. Antara kelebihannya yang jelas ialah kebolehan untuk menghasilkan peranti optik yang bersaiz lebih besar melalui proses fabrikasi yang lebih mudah berbanding dengan peranti pandu gelombang yang berasaskan bahan silika (Chen, R. T., 2002).

Dalam proses pencirian sifat-sifat optik serta parameter sesuatu bahan polimer, pada kebiasaannya para penyelidik dalam bidang ini menggunakan aliran proses kerja seperti dalam Rajah 1.1. untuk menjalankan penyelidikan mereka terhadap sifat- sifat bahan polimer optik.

Tiga bahan utama dalam pembinaan peranti pandu gelombang optik perlu ditentukan terlebih dahulu iaitu bahan pandu/ teras, bahan *cladding* serta bahan substrat. Untuk pencirian, kaedah seperti kaedah gandingan prisma, kaedah cahaya tersebar (*light scattering method*) dan spektro-fotometer boleh digunakan untuk mencirikan pandu gelombang optik planar serta saluran yang berasaskan bahan polimer (Mormile et al, 2002). Ciri- ciri penting yang perlu dikenalpasti ialah ketebalan filem (*film thickness*), profail indeks biasan (*refractive index profile*) serta kehilangan perambatan (*propagation loss*) bahan tersebut (Yang et al, 2003).

Dalam proses fabrikasi, pelbagai parameter rekabentuk disimulasikan menggunakan perisian komputer bagi menghasilkan keadaan optima bagi proses fabrikasi peranti optik. Kebergantungan antara parameter-parameter rekabentuk peranti pandu gelombang akan dikaji di mana kesan perubahan setiap parameter diuji ketika parameter lain ditetapkan. Tujuan proses simulasi ini ialah supaya kita

mendapatkan nilai- nilai yang optima serta nilai toleransi bagi proses fabrikasi peranti itu nanti.



Rajah 1.1: Aliran proses kerja secara umum bagi penyelidikan pandu gelombang optik bahan polimer.

Parameter - parameter yang diperolehi daripada proses pencirian akan diguna pakai sepanjang proses penyelidikan. Dengan sebab itu, ketepatan serta kejituan nilai-nilai yang diukur sangat penting untuk diperolehi daripada eksperimen-ekseperimen yang dijalankan. Ini supaya ia benar-benar mewakili bahan yang dikaji. Jika parameter yang dimasukkan semasa simulasi kurang tepat, proses fabrikasi akan menghasilkan peranti yang tidak berfungsi.

1.2 Pandu Gelombang Polimer

Memandangkan bahan polimer akan menjadi satu bahan yang penting dan meluas penggunaannya untuk aplikasi fotonik pada masa hadapan, maka kerja-kerja penyelidikan dan pembangunan telah berjalan dengan sangat intensif dan meluas. Antara bidang yang diberi perhatian dan tumpuan dalam penyelidikan ialah sintesis dan penghasilan bahan polimer optik yang baru (Liu, J.M. & Chen, H. F., 2000), pencirian sifat-sifat optik bahan-bahan polimer sedia ada (Hasegawa, M. & Horie, K., 2001), dan juga meneroka aplikasi –aplikasi baru menggunakan bahan polimer optik ini (Yoshimura, R. et al, 1998). Tidak kurang juga kerja-kerja penyelidikan dijalankan bagi mengenalpasti hubungan antara sifat fizikal bahan polimer dengan ciri-ciri optik bahan tersebut (Lee, T. S. et al, 2002).

Menyedari perkembangan yang pesat dalam bidang kajian bahan polimer optik ini, kami juga mengambil inisiatif untuk menjalankan kajian dan pembangunan dalam bidang ini dengan menumpukan terhadap pembangunan peranti optik yang berasaskan bahan polimer. Projek ini menumpukan kepada kajian ciri-ciri optik bahan polimer Polimida Peka Cahaya HD4000 (*HD4000 Photosensitive Polyimides*) dari segi perubahan indeks biasan melawan kesan dedahan terhadap sinar UV, kehilangan perambatan dalam beberapa panjang gelombang (?), ciri – ciri transmisi dan serapan pada pelbagai julat panjang gelombang, kesan sebaran cahaya dan juga kesan dedahan sinar ultra ungu terhadap beberapa parameter optik bahan ini. Kajian juga menumpukan kepada sifat- sifat fizikal bahan polimer ini. Perubahan warna serta bentuk fizikal apabila dipanaskan, kekerasan dan kelekatan bahan terhadap bahan substrat kaca serta kerataan permukaan pandu gelombang yang dihasilkan telah dikaji dengan teliti dalam kajian ini.

Akhirnya, kajian ini telah menyumbangkan sebahagian daripada kaedah-kaedah piawai yang boleh digunakan untuk mengkaji mana- mana bahan polimer optik yang pelbagai tentang kesesuaiannya untuk dijadikan bahan asas pembinaan serta aplikasi peranti optik pada masa hadapan.

1.3 Permasalahan Kajian

Secara umumnya, permasalahan yang cuba dijelaskan dalam kajian ini ialah untuk mengenal pasti bahan polimer yang sesuai dijadikan bahan asas bagi pembinaan serta aplikasi peranti optik yang berasaskan teknologi pandu gelombang. Seterusnya, parameter- parameter optik bahan polimer tersebut seperti perubahan indeks biasan, transmisi dan serapan, ketebalan filem, kehilangan perambatan serta kesan dedahan sinar ultraungu terhadap bahan polimer tersebut akan dicirikan menggunakan kaedah- kaedah konvensional.

1.4 Objektif Kajian

Bagi mencapai matlamat yang telah digariskan seperti di atas, beberapa objektif telah digariskan untuk kajian ini, seperti yang ditunjukkan di bawah:

- (i) Berusaha mengenal pasti suatu bahan polimer optik yang sesuai bagi digunakan dalam aplikasi peranti optik yang berasaskan teknologi pandu gelombang.
- (ii) Menjalankan kerja-kerja pencirian sifat-sifat optik bahan polimer tersebut menggunakan kaedah konvensional.

1.5 Skop dan Metodologi

Skop kajian ini adalah seperti yang digariskan di bawah:

- (i) Mengenal pasti serta mendapatkan bahan polimer yang sesuai digunakan dalam proses pembinaan pandu gelombang planar melalui kajian literasi yang mendalam.
- (ii) Merekabentuk sampel pandu gelombang planar berasaskan bahan polimer tersebut menggunakan perisian simulasi berkomputer.
- (iii) Membina sampel –sampel pandu gelombang polimer planar berdasarkan keputusan proses simulasi dan rekabentuk.

- (iv) Menjalankan ujikaji serta kajian yang telah ditentukan bagi mengenalpasti sifat- sifat serta parameter optik bahan polimer tersebut.

Pertamanya, bahan polimer tersebut akan melalui proses pengendapan menggunakan kaedah *spin coating* bagi menghasilkan pandu gelombang planar. Bahan substrat yang digunakan dalam kajian ini ialah kaca. Pandu gelombang akan melalui proses pemanasan lembut bagi mengeraskan lapisan pandu. Setelah melalui proses pada suhu serta tempoh tertentu, lapisan pandu polimer itu akan menjadi cukup keras bagi melalui proses pencirian. Pencirian sifat- sifat bahan polimer seterusnya dilakukan menggunakan kaedah- kaedah konvensional seperti kaedah gandingan prisma, kaedah cahaya tersebar, kaedah spektro-fotometri, *scanning electron microscope* dan juga melalui pemerhatian fizikal. Antara parameter yang menjadi tumpuan kajian ialah perubahan indeks biasan bahan (Δn) serta hubungannya dengan parameter dedahan sinar UV, kehilangan perambatan (α) pada panjang gelombang tertentu iaitu $\lambda = 0.633 \mu\text{m}$ serta sifat transmisi dan serapan terhadap spektra panjang gelombang.

1.6 Kandungan Tesis

Tesis yang ditulis ini terdiri daripada enam bab. Bab pertama ialah pengenalan kepada tesis ini. Di dalam bab ini dijelaskan tentang motivasi penyelidikan, pernyataan kajian, objektif – objektif kajian, skop dan metodologi kajian serta pembahagian bab.

Di dalam bab yang kedua pula, perbincangan adalah tertumpu kepada kajian literasi berkenaan hasil –hasil kerja terawal yang dilaporkan berkenaan pembangunan peranti pandu gelombang optik yang berasaskan bahan polimer. Kemudian, dibincangkan juga tentang perbandingan beberapa sifat optik pelbagai jenis bahan polimer optik yang telah digunakan dalam hasil kerja para penyelidik yang lepas.

Bab yang ketiga pula menumpukan kepada perbincangan teori perambatan isyarat cahaya dalam pandu gelombang planar indeks langkah yang berasaskan bahan dielektrik. Parameter-parameter umum perambatan gelombang serta sifat-sifat mod terpandu dibincangkan di sini. Perambatan cahaya dalam bahan ini diterangkan menggunakan Teori Maxwell.

Di dalam bab yang keempat, barulah dibincangkan dengan mendalam tentang segala kerja yang dilaksanakan di dalam kajian ini. Bab keempat ini dimulakan dengan menerangkan tentang segala proses yang berkaitan dalam proses fabrikasi pandu gelombang. Proses – proses seperti pembersihan substrat, pengendapan polimer, *spin-coating* dan pemanasan lembut (*softbake*) diterangkan serta dibincangkan dengan terperinci di sini. Kemudian, bab ini juga membincangkan secara mendalam semua proses yang berlaku dalam proses fabrikasi pandu gelombang planar berasaskan bahan polimer yang dijalankan di Makmal Teknologi Fotonik UKM.

Bab yang kelima pula membincangkan proses pencirian dan pengukuran yang dilakukan terhadap pandu gelombang planar berasaskan bahan polimer ini. Segala keputusan yang diperolehi dalam menentukan parameter optik pandu gelombang ini ditunjukkan. Pengukuran indeks biasan berkesan serta ketebalan dilaksanakan menggunakan kaedah gandingan prisma manakala pengukuran kehilangan perambatan menggunakan kaedah cahaya tersebar. Bagi mengukur kesan-kesan perubahan sifat-sifat optik lain seperti transmisi dan serapan, satu alat yang dinamakan *spektrofotometer* telah digunakan. Pandu gelombang polimer planar yang dihasilkan juga dikaji daripada segi perubahan bentuk fizikal, kerataan serta ketulenan permukaan menggunakan mikroskop serta dikaji pengaruh kesan dedahan sinar UV terhadap indeks biasan serta kehilangan perambatannya.

Di dalam bab yang terakhir diterangkan kesimpulan hasil kajian yang telah diperolehi dalam kajian ini. Beberapa langkah penambahbaikan terhadap kajian ini yang boleh diambil pada masa hadapan untuk meneruskan kajian ini juga telah digariskan.

BAB II

BAHAN POLIMER OPTIK

2.1 Pendahuluan

Semenjak beberapa tahun kebelakangan ini, ramai para penyelidik dari hampir seluruh dunia telah menunjukkan minat yang sangat mendalam untuk menjalankan kajian dan penyelidikan dalam bidang litar optik bersepadu berasaskan bahan polimer. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor. Antaranya ialah keupayaan bahan polimer yang menawarkan pelbagai kelebihan dalam ciri –ciri optik serta kemudahan dalam proses fabrikasi litar optik bersepadu berbanding bahan –bahan lain. Di samping itu, penggunaan bahan polimer tententu sebagai asas pembuatan peranti optik juga mempunyai potensi dalam menghasilkan peranti optik berkelajuan tinggi. Proses fabrikasi yang mudah dalam menghasilkan pandu gelombang optik telah menarik ramai penyelidik untuk menghasilkan pelbagai jenis bahan polimer serta menguji kesesuaiannya dalam aplikasi pandu gelombang optik (Kim, J. P. et al, 2001).

Sebuah litar optik bersepadu terdiri daripada satu litar filem tipis yang direka bentuk bagi menjalankan fungsi –fungsi tertentu komponen optik seperti pensuisan (*switching*), gandingan (*coupling*), jeriji (*grating*), pemisah (*splitter*) dan juga sambungan (*connector*). Litar optik tunggal yang menjalankan satu fungsi tertentu boleh digabungkan dengan litar –litar yang lain di atas sebuah substrat tunggal bagi