



**UNIVERSITI PUTRA MALAYSIA**

**PENGUKURAN KETELUSAN LOGAM EMAS DAN CECAIR DENGAN  
KAEDAH RESONANS PLASMON PERMUKAAN**

**ROSMIZA BT. MOKHTAR**

**FSAS 1998 7**

**PENGUKURAN KETELUSAN LOGAM EMAS DAN CECAIR DENGAN  
KAEDAH RESONANS PLASMON PERMUKAAN**

**Oleh**

**ROSMIZA BT. MOKHTAR**

**Tesis ini dikemukakan bagi memenuhi keperluan  
Ijazah Master Sains Fakulti Sains dan Pengajian Alam Sekitar  
Universiti Putra Malaysia**

**Ogos 1998**



Buat emak dan ayah yang disayangi

**MOKHTAR B. YAHYA  
RABIAH BT. YAACOB**

Kakak dan keluarga

**ROSMAYA BT. MOKHTAR  
WAN MOHD. NORHISHAM B. WAN YAAKUB  
WAN MOHAMMAD IRFAN B. WAN MOHD. NORHISHAM  
WAN MOHAMMAD FAHIM B. WAN MOHD. NORHISHAM**

Adik-adik

**MOHD. RIDZUAN B. MOKHTAR  
ROSLINA BT. MOKHTAR**

**Terima kasih di atas kasih sayang, semangat dan dorongan yang diberikan.**



## **PENGHARGAAN**

Bersyukur saya ke hadrat Illahi kerana dengan limpah kurniaNya, memberi saya kekuatan, semangat dan kesabaran untuk menyiapkan tesis ini.

Saya ingin mengucapkan penghargaan khas serta terima kasih yang tidak terhingganya kepada Profesor Madya Dr. W. Mahmood b. Mat Yunus, selaku Pengerusi Jawatan Kuasa Penyeliaan kerana telah memberi peluang kepada saya menjelajah sebahagian daripada dunia optik dan juga terima kasih di atas segala tunjuk ajar, teguran dan bimbingan yang beliau curahkan sepanjang saya menyiapkan projek ini.

Saya juga ingin mengucapkan setinggi-tinggi terima kasih kepada Ahli Jawatan Kuasa Penyeliaan yang lain, iaitu, Dr. Zainal Abidin b. Talib dan Profesor Madya Dr. Mohd. Maarof b. Moxsin, yang telah memberi teguran dan pandangan yang membina dalam projek ini.

Tidak lupa juga, saya mengucapkan terima kasih kepada Profesor Madya Dr. Kaida b. Khalid dan Puan Jumiah bt. Hasan di atas sumbangan sebahagian dari sampel serta nasihat dan tunjuk ajar yang berguna kepada saya. Terima kasih juga kepada Dr. Zainul Abidin b. Hassan di atas bantuan menyediakan



program komputer yang memudahkan saya menjalankan ujikaji serta sumbangan sampel dalam bentuk logam emas.

Kepada kakitangan Jabatan Fizik (FSAS), Jabatan Kimia (FSAS) dan Unit Mikroskop Elektron (FKVSP), terima kasih kerana memberi tunjuk ajar dan kemudahan menggunakan peralatan makmal sepanjang projek ini.

Kepada rakan-rakan saya Alim, Man, Shida, Mas, Kak Ana, Anja, Lah, Azhan, Zolman, Idah, Noy, Liza, Eena dan Azah, terima kasih kerana bantuan, dorongan serta pandangan yang bernas sepanjang projek ini.

Akhir sekali saya mengucapkan terima kasih kepada semua yang terlibat sama ada orang perseorangan atau pihak tertentu yang telah terlibat baik secara langsung atau tidak langsung dalam menyiapkan projek ini.



## JADUAL KANDUNGAN

Muka surat

<b>PENGHARGAAN</b> .....	iii
<b>SENARAI JADUAL</b> .....	viii
<b>SENARAI RAJAH</b> .....	x
<b>SENARAI SIMBOL DAN SINGKATAN</b> .....	xviii
<b>ABSTRAK</b> .....	xx
<b>ABSTRACT</b> .....	xxiii
<b>BAB</b>	
<b>I PENDAHULUAN</b> .....	1
Resonans Plasmon Permukaan .....	1
Aplikasi Resonans Plasmon Permukaan .....	4
<b>II LATAR BELAKANG PROJEK</b> .....	6
Logam Emas dan Aloi Emas Sebagai Saput Tipis .....	6
Kajian-kajian Lepas .....	7
Tujuan Kajian .....	20
<b>III TEORI</b> .....	22
Gelombang Elektromagnet Permukaan pada Sempadan Antaramuka Dua Medium .....	22
Hubungan Serakan Resonans Plasmon Permukaan .....	30
Gandingan Prisma Plasmon Permukaan .....	36
<b>IV KAEDAH KAJIAN</b> .....	40
Pembinaan dan Penyusunan Alat Radas .....	40
Fotodiod sebagai Alat Pengesan .....	41
Pembinaan Meja Optik dan Gear .....	42
Meja Sampel .....	43
Pengukuran Indeks Biasan Prisma .....	44
Pembersihan Substrat (Prisma) .....	46



Penyediaan Sampel dan Sel Sampel .....	47
Penyediaan Saput Tipis .....	47
Penyediaan Sampel Larutan .....	50
Kaedah Pengukuran .....	54
Penentuan Sudut Tuju Dalaman Prisma dan Pembetulan Faktor Kehilangan (Loss) Data Ujikaji .....	55
Penentuan Pemalar Optik, $\epsilon_r$ dan $\epsilon_i$ Sampel (Cecair, Emulsi dan Serbuk) .....	57
Penentuan Pemalar $\epsilon_r$ dengan Kaedah Sudut Resonans Plasmon Permukaan, $\theta_{spp}$ .....	58
Kaedah Penyesuaian Data-data Ujikaji dengan Teori (Fitting) .....	59
<b>V HASIL DAN PERBINCANGAN .....</b>	<b>74</b>
Ciri-ciri Plasmon dan Pemalar Optik Saput Tipis Logam Emas .....	74
Ciri-ciri Plasmon Saput Tipis Logam Emas (99.99%) - Teknik Simulasi Komputer .....	75
Ujikaji Kesan Persekitaran Terhadap Kestabilan Saput Tipis Logam Emas .....	78
Ciri-ciri Plasmon dan Penentuan Pemalar-pemalar Optik Saput Tipis Logam Emas (99.99%) - Kaedah Ujikaji .....	80
Ciri-ciri Plasmon dan Penentuan Pemalar-pemalar Optik Saput Tipis Logam Emas (Teknik Peruapan) .....	87
Ciri-ciri Plasmon dan Pengukuran Pemalar Optik Aloi Emas .....	93
Ciri-ciri Plasmon Aloi Emas (750, 835 dan 916) .....	95
Pengukuran Pemalar Optik Aloi Emas (750, 835 dan 916) .....	104
Pengukuran Sifat-sifat Keterpantulan Optik dan Keterhantaran Optik Emas Tulen (99.99%) dan Aloi Emas (750, 835 dan 916) .....	107
Sifat-sifat Keterpantulan Optik Emas Tulen (99.99%) dan Aloi Emas (750, 835 dan 916) .....	108
Sifat-sifat Keterhantaran Optik Emas Tulen (99.99%) dan Aloi Emas (750, 835 dan 916) .....	113
Pengukuran Pemalar Optik, $\epsilon_r$ dan $\epsilon_i$ bagi Cecair (Lutsinar dan Penyerap) .....	121
Pemalar Optik, $\epsilon_r$ dan $\epsilon_i$ Larutan Etanol Sebagai Fungsi Kepada Kepekatan .....	129

Pemalar Optik, $\epsilon_r$ dan $\epsilon_i$ Larutan Latex pada Berbagai Nilai Kelengasan .....	132
Pemalar Optik, $\epsilon_r$ dan $\epsilon_i$ Larutan Madu .....	135
Resonans Plasmon Permukaan Sebagai Sensor Optik .....	138
Pengesanan Kandungan Etanol dalam Air Suling .....	138
Pengesanan Kelengasan Latex Menggunakan Kaedah Pengukuran Resonans Plasmon Permukaan .....	143
Pengesanan Kandungan Air dalam Larutan Madu .....	149
Mengukur Pemalar Optik, $\epsilon_r$ dan $\epsilon_i$ Sampel Emulsi dan Serbuk Menggunakan Kaedah Resonans Plasmon Permukaan .....	152
<b>VI RUMUSAN KAJIAN .....</b>	<b>158</b>
Cadangan Kajian Lanjutan .....	162
<b>BIBLIOGRAFI .....</b>	<b>164</b>
<b>VITA .....</b>	<b>168</b>





## SENARAI JADUAL

JADUAL	Muka surat
1	Senarai tandaan-tandaan biasa dalam pasaran emas. .... 7
2	Senarai pemalar dielektrik nyata, $\epsilon_r$ dan khayal, $\epsilon_i$ logam-logam yang biasa digunakan sebagai sampel sput tipis dalam kajian plasmon permukaan. .... 32
3	Senarai pemalar-pemalar dielektrik, $\epsilon_r$ , $\epsilon_i$ dan ketebalan sput tipis logam emas. .... 80
4	Senarai nilai $\epsilon_r$ , $\epsilon_i$ dan ketebalan sput tipis logam emas (teknik peruapan dan teknik percikan). .... 91
5	Senarai pemalar-pemalar dielektrik $\epsilon_r$ , $\epsilon_i$ dan keterpantulan minimum untuk sampel emas tulen (99.99%) dan aloi emas (750, 835 dan 916). .... 104
6	Senarai nilai keterhantaran optik maksimum dan jarak gelombang bagi ketebalan sput tipis emas tulen (99.99%) yang berbeza. .... 115
7	Senarai nilai keterhantaran optik maksimum dan jarak gelombang bagi ketebalan sput tipis aloi emas 750 yang berbeza. .... 116
8	Senarai nilai keterhantaran optik maksimum dan jarak gelombang bagi ketebalan sput tipis aloi emas 835 yang berbeza. .... 118
9	Senarai nilai keterhantaran optik maksimum dan jarak gelombang bagi ketebalan sput tipis aloi emas 916 yang berbeza. .... 119
10	Senarai nilai keterhantaran optik maksimum dan jarak gelombang (ketika keterhantaran optik mencapai maksimum) untuk emas tulen (99.99%) dan aloi emas (750, 835 dan 916). .... 121



11	Senarai pemalar-pemalar optik, $\epsilon_r$ dan $\epsilon_i$ bagi sampel-sampel cecair lutsinar dan penyerap (analisis fitting). ....	128
12	Senarai pemalar dielektrik nyata, $\epsilon_r$ dan khayal, $\epsilon_i$ bagi setiap peratus kandungan etanol dalam air suling (analisis fitting). ....	132
13	Senarai pemalar dielektrik nyata, $\epsilon_r$ dan khayal, $\epsilon_i$ untuk empat kelengasan latex (analisis fitting). ....	135
14	Senarai pemalar dielektrik nyata, $\epsilon_r$ dan khayal, $\epsilon_i$ untuk enam sampel larutan madu (analisis fitting). ....	137
15	Senarai pemalar optik, $\epsilon_r$ dan $\epsilon_i$ untuk sampel-sampel emulsi dan serbuk (analisis fitting). ....	157



## SENARAI RAJAH

RAJAH		Muka surat
1	Graf pergantungan pemalar optik, $n$ dan $k$ terhadap ketebalan untuk (a) logam aluminium (teknik peruapan) dan (b) logam perak (teknik percikan magnetron dan teknik peruapan). .....	8
2	(a) Menunjukkan sinar terkutub P dan (b) menunjukkan sinar terkutub S. ....	24
3	Gelombang elektromagnet permukaan (SEW) pada sempadan antaramuka dua medium dengan fungsi dielektrik kompleks, $\epsilon_1$ dan $\epsilon_2$ . ....	26
4	Struktur Kretschmann bagi pengujian plasmon permukaan. $k_x$ adalah komponen vektor medan menyusut yang selari dengan permukaan logam, $k_{spp}$ adalah vektor gelombang plasmon permukaan. ....	31
5	Contoh plot simulasi keterpantulan optik sebagai fungsi kepada sudut tuju untuk logam-logam perak, kuprum, emas, aluminium dan besi (nisbah $W$ yang berbeza). ....	35
6	Struktur gandingan prisma, (a) struktur Kretschmann dan (b) struktur Otto. ....	37
7	Susunan radas optik bagi pengukuran resonans plasmon permukaan. ....	41
8	Halaju linear tangen, $V$ adalah dua kali halaju linear pusat, $V_1$ . ...	42
9	Struktur binaan meja optik dan gear. ....	43
10	Binaan meja sampel. A, B, X, Y dan Z adalah skru pelarasan. ....	44
11	Laluan sinar tuju melalui prisma. ....	45



12	Kedudukan prisma dan logam emas (target) dalam teknik percikan (Polaron E5100). .....	48
13	Kedudukan prisma dan logam emas (target) dalam teknik peruapan (Edwards AUTO 306). .....	49
14	Prosedur penyediaan dan penentuan kelengasan latex. ....	51
15	Struktur binaan sel bagi menempatkan sampel cecair, emulsi dan serbuk. ....	53
16	Keterpantulan dalam penuh pada sempadan antaramuka prisma dan saput tipis logam emas. ....	56
17	Carta alir prosedur fitting secara manual. ....	60
18	Carta alir prosedur fitting secara automatik. ....	61
19	Contoh plot $y = f(x)$ bagi menentukan nilai anggaran punca, $x_1$ yang menghampiri nilai punca, $x_a$ dalam kaedah Newton. ....	62
20	Contoh plot $y = f(x)$ bagi menentukan nilai anggaran punca, $x_2$ yang menghampiri nilai punca, $x_a$ dalam kaedah Secant (untuk nilai $x_0$ dan $x_1$ berada pada kedua-dua belah nilai $x_a$ ). ....	65
21	Contoh plot $y = f(x)$ bagi menentukan nilai anggaran punca, $x_2$ yang menghampiri nilai punca, $x_a$ dalam kaedah Secant (untuk nilai $x_0$ dan $x_1$ berada pada belah yang sama di sebelah nilai $x_a$ ). ....	65
22	Lengkungan parabolik plot $\Delta$ melawan $(d, \varepsilon_{2r}$ atau $\varepsilon_{2i}$ ) untuk $g_{-1} > g_0$	
23	Lengkungan parabolik plot $\Delta$ melawan $(d, \varepsilon_{2r}$ atau $\varepsilon_{2i}$ ) untuk $g_{-1} < g_0$ dan $g_0 < g_1$ . ....	69
24	Lengkungan parabolik plot $\Delta$ melawan $(d, \varepsilon_{2r}$ atau $\varepsilon_{2i}$ ) untuk $g_{-1} > g_0$ dan $g_1 > g_0$ . ....	69



25	Lengkungan parabolik plot $\Delta$ melawan ( $d$ , $\varepsilon_{2r}$ atau $\varepsilon_{2i}$ ) untuk $g_{-1} = g_0$ dan $g_1 = g_0$ . .....	70
26	Plot taburan $\chi^2$ untuk menyatakan tahap persetujuan nilai fitting. ....	72
27	Plot simulasi keterpantulan optik sebagai fungsi kepada sudut tuju untuk ketebalan saput tipis logam emas yang berbeza. ....	76
28	Plot simulasi keterpantulan minimum sebagai fungsi kepada ketebalan saput tipis logam emas. ....	76
29	Plot simulasi sudut resonans sebagai fungsi kepada ketebalan saput tipis logam emas. ....	77
30	Plot keterpantulan optik sebagai fungsi kepada sudut tuju bagi saput tipis logam emas untuk hari pertama, hari ke-10 dan hari ke-28. ....	79
31	Contoh plot penyesuaian data ujikaji dengan data teori bagi sempadan antaramuka logam emas dan udara (teknik percikan). ....	82
32	Plot keterpantulan optik sebagai fungsi kepada sudut tuju bagi ketebalan saput tipis logam emas yang berbeza (teknik percikan). ....	83
33	Plot pemalar dielektrik nyata, $\varepsilon_r$ dan khayal, $\varepsilon_i$ sebagai fungsi kepada ketebalan saput tipis logam emas. ....	84
34	Plot data eksperimen dan data simulasi bagi keterpantulan minimum sebagai fungsi kepada ketebalan saput tipis logam emas. ....	85
35	Contoh plot penyesuaian data ujikaji dengan data teori bagi sempadan antaramuka logam emas dan udara (teknik peruapan). ....	88
36	Plot keterpantulan optik sebagai fungsi kepada sudut tuju bagi ketebalan saput tipis logam emas yang berbeza (teknik peruapan). ....	89



37	Plot keterpantulan minimum sebagai fungsi kepada ketebalan sapat tipis logam emas (teknik peruapan dan teknik percikan). .....	90
38	Plot pemalar dielektrik nyata, $\epsilon_r$ sebagai fungsi kepada ketebalan sapat tipis logam emas (teknik peruapan dan teknik percikan). .....	92
39	Plot pemalar dielektrik khayal, $\epsilon_i$ sebagai fungsi kepada ketebalan sapat tipis logam emas (teknik peruapan dan teknik percikan). .....	93
40	Contoh plot penyesuaian data ujikaji dengan data teori untuk sempadan antaramuka aloi emas 750 dan udara. ....	95
41	Plot keterpantulan optik sebagai fungsi kepada sudut tuju bagi ketebalan sapat tipis aloi emas 750 yang berbeza. ....	96
42	Plot keterpantulan minimum sebagai fungsi kepada ketebalan sapat tipis aloi emas 750. ....	97
43	Contoh plot penyesuaian data ujikaji dengan data teori untuk sempadan antaramuka aloi emas 835 dan udara. ....	98
44	Plot keterpantulan optik sebagai fungsi kepada sudut tuju bagi ketebalan sapat tipis aloi emas 835 yang berbeza. ....	99
45	Plot keterpantulan minimum sebagai fungsi kepada ketebalan sapat tipis aloi emas 835. ....	99
46	Contoh plot penyesuaian data ujikaji dengan data teori untuk sempadan antaramuka aloi emas 916 dan udara. ....	100
47	Plot keterpantulan optik sebagai fungsi kepada sudut tuju bagi ketebalan sapat tipis aloi emas 916 yang berbeza. ....	101
48	Plot keterpantulan minimum sebagai fungsi kepada ketebalan sapat tipis aloi emas 916. ....	102
49	Plot keterpantulan optik sebagai fungsi kepada sudut tuju untuk emas tulen (99.99%) dan aloi emas (750, 835 dan 916). ....	103



50	Plot pergantungan pemalar dielektrik nyata, $\epsilon_r$ terhadap ketebalan saput tipis emas tulen (99.99%) dan aloi-aloi emas 750, 835 dan 916. ....	105
51	Plot pergantungan pemalar dielektrik khayal, $\epsilon_i$ terhadap ketebalan saput tipis emas tulen (99.99%) dan aloi-aloi emas 750, 835 dan 916. ....	106
52	Plot keterpantulan optik sebagai fungsi kepada jarak gelombang bagi ketebalan saput tipis emas tulen (99.99%) yang berbeza. ....	108
53	Plot keterpantulan optik sebagai fungsi kepada jarak gelombang bagi ketebalan saput tipis aloi emas 750 yang berbeza. ....	109
54	Plot keterpantulan optik sebagai fungsi kepada jarak gelombang bagi ketebalan saput tipis aloi emas 835 yang berbeza. ....	110
55	Plot keterpantulan optik sebagai fungsi kepada jarak gelombang bagi ketebalan saput tipis aloi emas 916 yang berbeza. ....	110
56	Plot keterpantulan optik sebagai fungsi kepada jarak gelombang bagi saput tipis emas tulen (99.99%) dan aloi emas (750, 835 dan 916). ....	112
57	Plot keterhantaran optik sebagai fungsi kepada jarak gelombang bagi ketebalan saput tipis emas tulen (99.99%) yang berbeza. ....	114
58	Plot keterhantaran optik sebagai fungsi kepada jarak gelombang bagi ketebalan saput tipis aloi emas 750 yang berbeza. ....	116
59	Plot keterhantaran optik sebagai fungsi kepada jarak gelombang bagi ketebalan saput tipis aloi emas 835 yang berbeza. ....	117
60	Plot keterhantaran optik sebagai fungsi kepada jarak gelombang bagi ketebalan saput tipis aloi emas 916 yang berbeza. ....	119
61	Plot keterhantaran optik sebagai fungsi kepada jarak gelombang bagi saput tipis emas tulen (99.99%) dan aloi emas (750, 835 dan 916). ....	120
62	Plot keterpantulan optik sebagai fungsi kepada sudut tuju bagi sempadan antaramuka logam emas (99.99%) dengan udara, air suling, etanol dan dakwat hitam. ....	124



63	Plot keterpantulan optik sebagai fungsi kepada sudut tuju bagi sempadan antaramuka logam emas (99.99%) dengan udara, air suling, latex, minyak masak dan madu asli. ....	125
64	Plot penyesuaian nilai ujikaji dengan nilai teori untuk sempadan antaramuka logam emas dengan air suling, dakwat hitam (0.13%) dan etanol (15.0%). ....	127
65	Plot penyesuaian nilai ujikaji dengan nilai teori untuk sempadan antaramuka logam emas dengan latex (37.7%), minyak masak dan madu asli. ....	128
66	Plot penyesuaian data ujikaji dengan data teori untuk sempadan antaramuka logam emas dengan 5.0% etanol dalam air suling (nisbah isipadu). ....	130
67	Perkaitan pemalar dielektrik nyata, $\epsilon_r$ terhadap peratus kandungan etanol dalam air suling (analisis fitting). ....	131
68	Perkaitan pemalar dielektrik khayal, $\epsilon_i$ terhadap peratus kandungan etanol dalam air suling (analisis fitting). ....	131
69	Plot penyesuaian data ujikaji dengan data teori untuk sempadan antaramuka logam emas dengan sampel latex yang mempunyai kelengasan 60.3%. ....	133
70	Perkaitan pemalar dielektrik nyata, $\epsilon_r$ dengan kelengasan latex (analisis fitting). ....	134
71	Perkaitan pemalar dielektrik khayal, $\epsilon_i$ dengan kelengasan latex (analisis fitting). ....	134
72	Plot penyesuaian data ujikaji dengan data teori untuk sempadan antaramuka logam emas dengan larutan madu yang mempunyai 75.0% air. ....	136
73	Perkaitan pemalar dielektrik nyata, $\epsilon_r$ dengan peratus air dalam larutan madu (analisis fitting). ....	137
74	Plot keterpantulan optik sebagai fungsi kepada sudut tuju bagi sempadan antaramuka logam emas dan etanol (peratus yang berbeza). ....	140





75	Perkaitan linear di antara sudut resonans, $\theta_{spp}$ dan peratus kandungan etanol dalam air suling. Plot kecil menunjukkan garis lurus bagi plot delta sudut resonans, $\Delta\theta_{spp}$ melawan peratus kandungan etanol dalam air suling adalah melalui titik asalan. ....	141
76	Plot keterpantulan minimum sebagai fungsi kepada peratus kandungan etanol dalam air suling. ....	143
77	Plot keterpantulan optik sebagai fungsi kepada sudut tuju untuk sempadan antaramuka logam emas dengan udara dan latex (kelengasan 37.7%, 42.2%, 47.9% dan 60.3%). ....	144
78	Perkaitan linear di antara sudut resonans, $\theta_{spp}$ dan kelengasan latex. Plot kecil menunjukkan perkaitan di antara sudut resonans, $\theta_{spp}$ dan peratus kandungan latex dalam larutan latex (keadaan matang). ....	146
79	Plot keterpantulan optik sebagai fungsi kepada sudut tuju untuk kelengasan latex 42.2% bagi tempoh masa 0 jam, 4 jam, 24 jam dan 48 jam. ....	147
80	Plot menunjukkan perkaitan di antara sudut resonans, $\theta_{spp}$ dengan masa untuk keempat-empat kelengasan latex (37.7%, 42.2%, 47.9% dan 60.3%). ....	148
81	Plot keterpantulan optik sebagai fungsi kepada sudut tuju untuk sempadan antaramuka logam emas dengan udara dan keenam-enam sampel larutan madu. ....	150
82	Perkaitan linear di antara delta sudut resonans, $\Delta\theta_{spp}$ dan peratus air dalam larutan madu. Plot kecil menunjukkan perkaitan di antara delta sudut resonans, $\Delta\theta_{spp}$ dan peratus madu dalam larutan madu. ....	151
83	Plot keterpantulan optik sebagai fungsi kepada sudut tuju untuk sempadan antaramuka logam emas dan sampel emulsi (marjerin dan krim rambut). ....	154



84	Plot keterpantulan optik sebagai fungsi kepada sudut tuju untuk sempadan antaramuka logam emas dan sampel serbuk (talkum dan susu tepung). ....	154
85	Plot penyesuaian data ujikaji dengan data teori untuk sempadan antaramuka logam emas dengan sampel emulsi (marjerin dan krim rambut) dan sampel serbuk (talkum dan susu tepung). ....	156



## SENARAI SIMBOL DAN SINGKATAN

$\alpha$	sudut tuju dalaman prisma
$\Delta\theta_{spp}$	delta sudut resonans plasmon permukaan
$n_1$	indeks biasan prisma
$n_m$	indeks biasan medium bersebelahan prisma
$n_o$	indeks biasan udara
$\mu$	ketelapan magnet
$\lambda$	jarak gelombang
$\epsilon_i$	pemalar dielektrik khayal
$\epsilon_r$	pemalar dielektrik nyata
$\epsilon_1$	pemalar dielektrik nyata prisma
$\epsilon_2$	pemalar dielektrik nyata logam
$\epsilon_3$	pemalar dielektrik nyata bahan dielektrik
$\epsilon_o$	pemalar dielektrik nyata udara
$\theta_t$	sudut biasan
$\theta_r$	sudut pantulan
$\theta_{spp}$	sudut resonans plasmon permukaan
$\theta_m$	sudut sisihan minimum
$\theta_i$	sudut tuju

$\chi^2$	ujian Khi Kuasa Dua
$k_0$	vektor gelombang sinar tuju
$k_{spp}$	vektor gelombang plasmon permukaan
$k_x$	vektor gelombang sinar tuju selari dengan sempadan antaramuka logam dan dielektrik
A	sudut prisma
ATR	pengecilan pantulan penuh (attenuated total reflection)
B	medan magnet
c	halaju cahaya ( $c=3.0 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$ )
d	ketebalan
E	medan elektrik
IR	inframerah
K	karat (emas)
LSF	Fitting Kuasa Dua Terkecil
R	keterpantulan optik
RRIM	Institut Penyelidikan Getah Malaysia
SMT	Teknik Mekanisma Mencari
TE	medan elektrik melintang (transverse electric field)
TM	medan magnet melintang (transverse magnetic field)
UV	ultralembayung

Abstrak tesis yang dikemukakan kepada Senat Universiti Putra Malaysia  
sebagai memenuhi keperluan untuk ijazah Master Sains.

**PENGUKURAN KETELUSAN LOGAM EMAS DAN CECAIR DENGAN  
KAEDAH RESONANS PLASMON PERMUKAAN**

Oleh

**ROSMIZA BT. MOKHTAR**

**Ogos 1998**

**Pengerusi : Profesor Madya Dr. W. Mahmood b. Mat Yunus**

**Fakulti : Sains dan Pengajian Alam Sekitar**

Fenomena resonans plasmon permukaan telah banyak diaplikasikan sebagai sensor optik seperti sensor gas, sensor biologi, sensor kimia dan juga dalam pengukuran sifat-sifat optik bahan logam dan bahan dielektrik.

Dalam projek ini, logam emas tulen (99.99%) dan logam aloi emas (750, 835 dan 916) disaput pada permukaan prisma 60° dalam bentuk saput tipis dengan menggunakan teknik percikan dan teknik peruapan. Sampel cecair, emulsi dan serbuk yang digunakan sebagai bahan dielektrik, ditempatkan di dalam sel khas (isipadu=3.31 cm<sup>3</sup>) dan diletakkan bersentuhan dengan saput tipis logam emas.

Ujikaji dilakukan dengan mengukur keamatan keterpantulan optik dari sampel sebagai fungsi kepada sudut tuju untuk sempadan antaramuka logam



dengan medium dielektrik. Ciri-ciri plasmon seperti sudut resonans, keterpantulan minimum dan keadaan resonans (ketajaman dan kelebaran plot) untuk sampel logam, cecair, emulsi dan serbuk dapat dicerap, berdasarkan kepada plot keterpantulan optik sebagai fungsi kepada sudut tuju. Dalam projek ini, penentuan nilai pemalar dielektrik,  $\epsilon_r$  dan  $\epsilon_i$  untuk sampel-sampel logam, cecair, emulsi dan serbuk dilakukan dengan menggunakan kaedah penyesuaian data-data ujikaji dengan data-data teori (fitting).

Dari hasil kajian, didapati logam emas sesuai digunakan sebagai medium aktif sensor optik menggunakan teknik pengukuran resonans plasmon permukaan. Pemalar optik,  $\epsilon_r$  dan  $\epsilon_i$  untuk logam emas (99.99%) didapati tidak bergantung kepada ketebalan saput tipis logam emas, tetapi keterpantulan minimum di mana berlaku resonans plasmon permukaan didapati berubah dengan perubahan ketebalan pada julat antara 46.17 nm dan 94.36 nm. Penggunaan teknik pensaputan yang berbeza (teknik percikan dan teknik peruapan) juga didapati mempengaruhi nilai keterpantulan minimum dan nilai pemalar optik,  $\epsilon_r$  dan  $\epsilon_i$ .

Apabila medium udara yang bersempadan dengan logam emas digantikan dengan medium cecair, emulsi atau serbuk, peranjakan sudut resonans,  $\theta_{spp}$  berlaku. Perkara yang sama juga berlaku apabila peratusan kandungan etanol

dalam air, kelengasan latex (%) dan peratusan air dalam larutan madu, diubah. Khusus untuk sampel latex, pengukuran resonans plasmon permukaan terhadap masa menunjukkan berlaku peranjakan sudut resonans,  $\theta_{spp}$  pada awal ujikaji, dan menjadi stabil selepas satu tempoh tertentu.

Pengukuran resonans plasmon permukaan dalam ujikaji ini berjaya menunjukkan bahawa fenomena resonans plasmon permukaan boleh digunakan sebagai sensor optik dan boleh digunakan untuk menentukan pemalar optik logam, cecair, emulsi dan serbuk.

Abstract of thesis presented to the Senate of Universiti Putra Malaysia in fulfilment of the requirements for the degree of Master of Science.

**THE MEASUREMENT OF PERMITTIVITY OF GOLD AND LIQUIDS  
USING THE SURFACE PLASMON RESONANCE METHOD**

By

**ROSMIZA BT. MOKHTAR**

**August 1998**

**Chairman : Associate Professor Dr. W. Mahmood b. Mat Yunus**

**Faculty : Science and Environmental Studies**

The phenomenon of surface plasmon resonance has been widely used in optical sensors such as gas sensor, biological sensor, chemical sensor and also in determining the optical properties of metal and dielectric material.

In this project, pure gold (99.99%) and gold alloys (750, 835 and 916) were deposited onto the surface of a 60° prism in a form of thin film, using both the sputtering and evaporating technique. The liquid, emulsion and powder which were used as the dielectric samples, were placed in a cell (volume=3.31 cm<sup>3</sup>) with direct contact to the metal thin film.

The experiment was carried out by measuring the intensity of the optical reflectivity as a function of incident angle at the metal and dielectric interface.





The characteristic of plasmon such as resonance angle, minimum reflectivity and the condition of resonance (sharpness) for metal, liquid, emulsion and powder samples could be analyzed based on the plot of the reflectance as a function of incident angle. In this project, the determination of the dielectric constant,  $\epsilon_r$  and  $\epsilon_i$  for metal, liquid, emulsion and powder was carried out by fitting the experimental data to the theory.

The experimental results indicate that pure gold is suitable for use as an active medium in optical sensor using surface plasmon resonance technique. It was also found that the optical constant,  $\epsilon_r$  and  $\epsilon_i$  for pure gold (99.99%) does not depend on the thickness of metal thin film, but the minimum reflectivity where the surface plasmon resonance occurred depends on the thickness ranging from 46.17 nm to 94.36 nm. The use of different deposition techniques (sputtering and evaporating technique) also affected the value of minimum reflectivity and optical constant,  $\epsilon_r$  and  $\epsilon_i$ .

When the medium interfaced with the gold film was changed from air to liquid, emulsion or powder, the resonance angle,  $\theta_{spp}$  shifted. The same phenomenon occurred when the percentage of ethanol in water, moisture content in latex (%) and percentage of water in honey solution was changed. For each latex solution, the result from the measurement of surface plasmon resonance