

Penguatan-parutan Terhadap Mod-mod Elektromagnet pada Pandu Gelombang Organik Tripalmitin

W. Mahmood Mat Yunus

Jabatan Fizik

Fakulti Sains dan Pengajian Alam Sekitar

Universiti Putra Malaysia

43400 UPM, Serdang, Selangor, Malaysia

Diterima 12 Oktober 1995

ABSTRAK

Penguatan-parutan dan pencirian mod elektromagnet pada pandu gelombang organik tripalmitin dikemukakan. Keamatan sinar cahaya terkutub P dan S yang terpantul dari parutan emas bersalut organik tripalmitin pada kedudukan berbagai-bagai sudut putaran diukur sebagai fungsi kepada sudut tuju. Ciri mod-mod TE dan TM dalam ungkapan sudut putaran dibincangkan dengan terperinci. Diperhatikan juga bahawa pertukaran maksimum pengutuban P-S untuk mod-mod TE₁, TE₂ dan TM₂ masing-masing berlaku pada sudut tuju 40, 50 dan 64°. Dari uji kaji ini ternyata bahawa organik tripalmitin adalah bahan pandu gelombang yang baik dan perlu dikaji dengan lebih terperinci.

ABSTRACT

Grating-enhancement and characterization of electromagnetic modes in organic waveguides are presented. The intensity of P and S polarized light reflected from the gold grating with organic tripalmitin coating at varying twist angles was measured as a function of angle of incidence. The characteristic behaviour of TE and TM modes in terms of twist angles is discussed in detail. It was discovered that the maximum P-S conversion of TE₁, TE₂ and TM₂ modes occurred at twist angles of 40, 50 and 64° respectively. In this experiment it was found that organic tripalmitin is a good candidate for waveguide material and needs to be studied in more detail.

Kata kunci: penguatan-parutan, mod-mod eletromagnet pandu gelombang, organik tripalmitin

PENDAHULUAN

Mod gelombang elektromagnet pada pandu-gelombang optik bahan organik telah menjadi tumpuan ahli-ahli sains beberapa tahun kebelakangan ini (Chemla and Zyss 1987). Berbagai-bagai reka bentuk yang sangat berguna boleh dibuat berkaitan dengan pemrosesan isyarat optik termasuklah modulasi cahaya, penjanaan harmonik kedua dan logik optik (Gaylord and Moharam 1986; Ulrich 1988). Bahan organik mendapat tumpuan kerana kebanyakannya mempunyai sifat transmisi yang baik pada sela jarak gelombang nampak hingga ke jarak infra merah. Bahan organik juga boleh disalut menjadi sapat tipis dengan mudah menggunakan kaedah putaran laju dan kaedah peruwapan vakum. Oleh itu kertas ini bertujuan membincangkan mod-mod elektromagnet

pada pandu gelombang parutan tripalmitin sebagai bahan pandu gelombang organik.

KAEDAH DAN UJI KAJI

Parutan silika yang disediakan dengan teknik holografik digunakan dalam kajian ini. Lapisan logam emas disalutkan pada permukaan parutan dengan menggunakan teknik peruwapan vakum (tekanan $\sim 10^{-6}$ torr). Lapisan emas dianggarkan dalam julat sekitar $\sim 150\text{nm}$ dengan profil permukaan berbentuk sinusoidal. Sinar alur laser (632.8 nm) terkutub P (atau S) disinarkan dengan satah tuju tegak dengan permukaan parutan. *Rajah 1(a)* menunjukkan struktur sampel yang digunakan dalam uji kaji ini. *Rajah 1(b)* menjelaskan kaedah uji kaji dan orientasi kedudukan sampel pandu gelombang grating relatif kepada satah tuju. Siri uji kaji pertama dilakukan dengan mengukur keterpantulan optik pada $\phi = 0$ sebagai fungsi kepada sudut tuju, θ untuk parutan silika bersalut logam emas. Data uji kaji untuk pengukuran ini di analisis dengan kaedah penyesuaian data uji kaji dan teori (Bryan-Brown *et al.* 1991, 1997; Mahmood 1996) untuk mendapatkan nilai tempoh parutan (λ_g) yang berkenaan. Kemudian lapisan organik tripalmitin diendapkan ke atas lapisan logam emas dengan kaedah yang sama seperti endapan lapisan emas ke atas parutan supaya membentuk pandu gelombang. Ketebalan lapisan tripalmitin dianggarkan dalam julat $\sim 450\text{nm}$. Pengukuran keterpantulan optik sebagai fungsi kepada sudut tuju θ dilaku semula untuk nilai $\phi = 0, 10, 20, 30, 40, 50, \dots, 80^\circ$. Sudut ϕ ialah sudut putaran parutan relatif kepada satah tuju. Untuk setiap ϕ yang dipilih pencerapan data keterpantulan dilakukan untuk setiap pertambahan $\theta = 0.1^\circ$. Kejituan putaran sudut θ ialah 0.001° . Putaran meja sampel dan pengesan dilakukan dengan kawalan komputer IBM/386. Dalam kes ini pengesan fotodiod berputar dua kali sudut putaran sampel ($\theta - 2\theta$ putaran). Pada $\phi = 0$ vektor parutan, $k_g = 2\pi/\lambda_g$ adalah selari dengan unjuran vektor gelombang foton, $k_x(\text{foton}) = k_o(\text{foton})\sin\theta$.

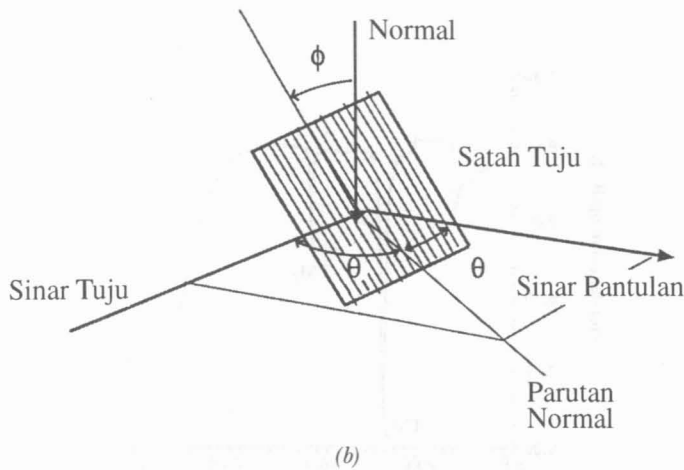
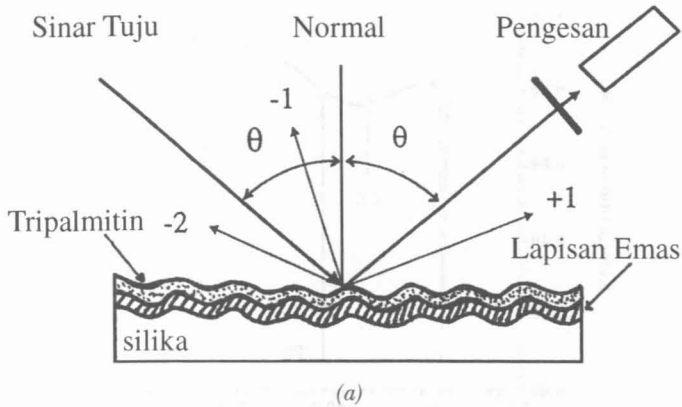
Bil $\phi \neq 0$, sistem tidak lagi berkeadaan simetri, fenomenon pertukaran pengutuban P-S terjadi (Elston *et al.* 1991; Bryan-Brown *et al.* 1991a). Untuk kes ini k_{mod} boleh ditulis sebagai

$$k_{\text{mod}}^2 - k_g^2 = k_o^2 \sin^2 \theta - 2k_o k_g \sin\theta \cos\phi \quad (1)$$

Untuk mengukur keterpantulan optik R_{ps} sebagai fungsi kepada sudut tuju θ , satu plat pengkutub diletak di depan pengesan isyarat pantulan (lihat *Rajah 1(a)*). Plat pengkutub ini diputar sehingga medan elektrik alur laser berkeadaan tegak dengan satah tuju. Keadaan ini membenarkan hanya alur cahaya terkutub S sahaja yang dikesan oleh pengesan fotodiod. Semua isyarat optik yang dikesan diproses dengan menggunakan amplifiaer berkunci.

HASIL DAN PERBINCANGAN

Dari penentuan sudut kritikal, θ_c parutan bersalut dengan logam emas, tempoh (λ_g) parutan ditentukan bernilai 800.0nm dengan profil permukaan parutan

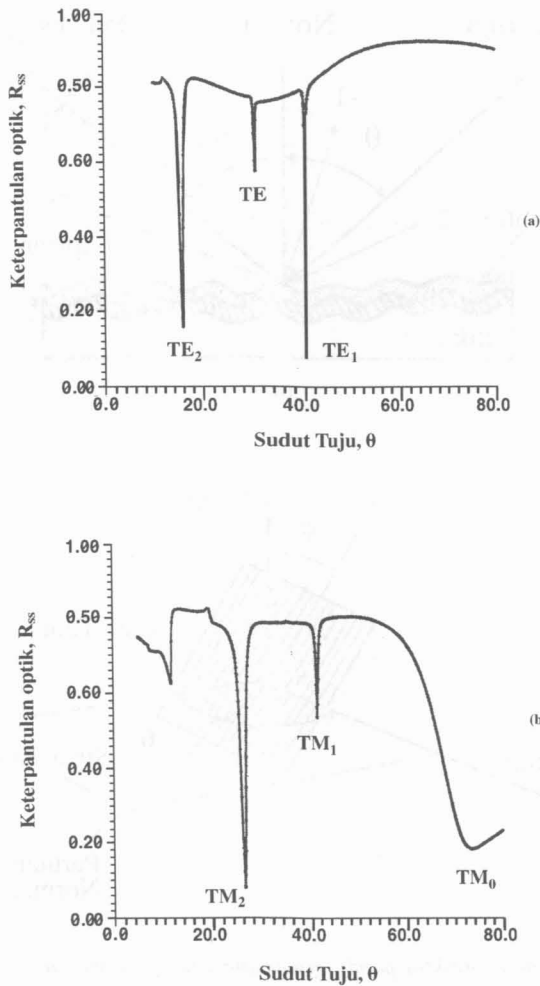


Rajah 1. Struktur pandu gelombang parutan tripalmitin dan kaedah uji kaji

berbentuk sinusoidal. Pemalar dielektrik juga ditentukan sebagai bernilai, $\epsilon = -(10.582) + i (1.034)$. Setelah parutan emas disalut dengan lapisan organik tripalmitin, keterpantulan optik, R_{pp} (pada $\phi = 0$) diukur untuk sela sudut tuju, $\theta = 0^\circ$ hingga $\theta = 80^\circ$. Spektrum keterpantulan ini ditunjukkan pada *Rajah 2(b)* di mana terdapat dua mod resonan yang cukup tajam pada $\theta=26.70^\circ$ dan $\theta = 41.60^\circ$. Mod resonan yang lebih lebar wujud pada $\theta=73.50^\circ$. Mod ini adalah mod SPP. Pada keadaan ini k_{SPP} ditulis sebagai

$$k_{SPP} = k_0 \left(\frac{\epsilon_g \epsilon_t}{\epsilon_g + \epsilon_t} \right)^{\frac{1}{2}} = k_0 \sin \theta_{SPP} \pm NK_g \quad (2)$$

$$N = \pm 1, \pm 2, \dots$$



Rajah 2. Plot keterpantulan optik, lawan sudut tuju, θ (a) untuk, R_{pp} (b) untuk R_{ss}

ϵ_g dan ϵ_i ialah pemalar dielektrik logam emas dan tripalmitin. Isyarat optik yang dikesan pada sudut $\theta > 73.5^\circ$ menunjukkan adanya fungsi pengesan yang ketara. Untuk perbincangan seterusnya mod-mod tersebut ditanda sebagai, TM_0 , TM_1 dan TM_2 , seperti pada *Rajah 2(b)*.

Pencerapan data keterpantulan optik yang serupa dilakukan kepada alur laser terkutub S. Hasil yang serupa ditunjukkan pada *Rajah 2(a)*. Kes ini juga menunjukkan terdapat tiga mod resonan yang tajam pada sudut $\theta = 14.75$, 30.71 dan 40.73° . Fungsi pengesan juga dianggap berlaku pada sudut tuju melebihi 73° . Ketiga-tiga mod ini disimbolkan dengan tandaan TE_1 , TE_2 , dan TE . Untuk kes ini tidak wujud mod SPP, kerana tidak ada komponen medan elektrik dalam arah modulasi parutan. Nilai keterpantulan optik, R_{pp} dan R_{ss}

yang maksimum, masing-masing berlaku pada nilai $\theta = 19.60^\circ$ dan $\theta = 62.00^\circ$ dengan nilai R_{pp} dan R_{ss} direkodkan sebagai 0.82 dan 0.92.

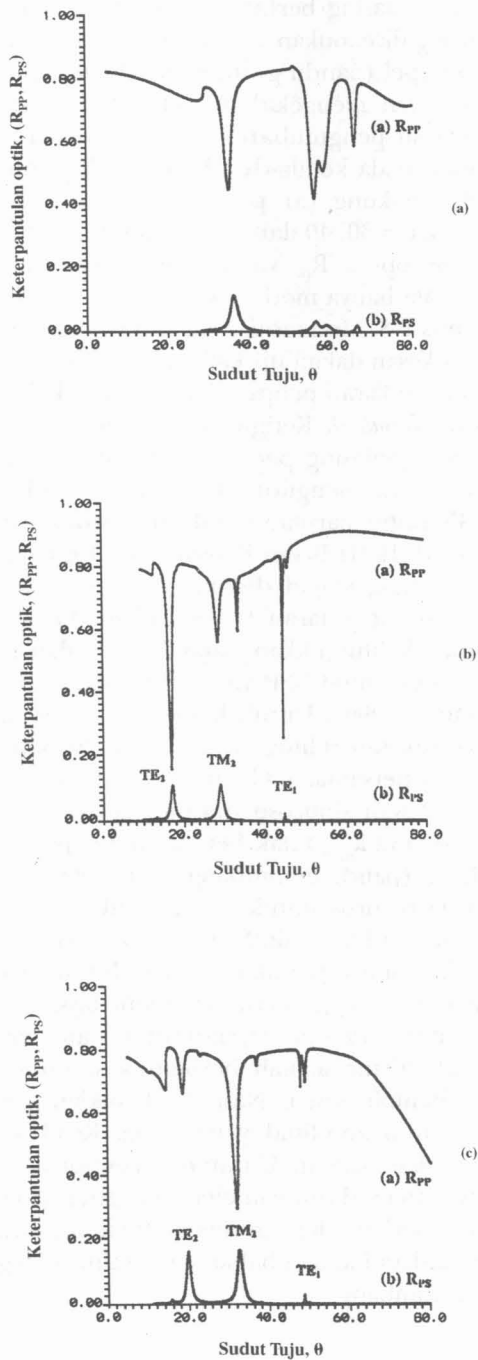
Bila kedudukan sampel (pandu gelombang di atas parutan) diputar relatif kepada satah tuju, dengan mengekalkan satah tuju bersudut tegak dengan satah parutan, pertukaran pengutuban P-S alur tuju berlaku, akibatnya mod-mod TE dan TM wujud pada kedua-dua keadaan, R_{pp} dan R_{ss} . Fenomena R_{pp} ini ditunjukkan oleh lengkung (a) pada *Rajah 3 (a), (b), (c)* khusus untuk kedudukan sampel pada $\phi = 30, 40$ dan 80° . Lengkung (b) pada *Rajah 3 (a), (b), (c)* ialah keterpantulan optik, R_{ps} yang menjelaskan fenomena pertukaran pengutuban P-S. Ternyata hanya mod-mod TE_1, TE_2 dan TM_2 sahaja yang jelas menunjukkan fenomena P-S. Mod-mod yang lain wujud dengan keamatan yang kecil dan tidak dapat dikesan dalam uji kaji ini (misalnya mod TM_1 dalam *Rajah 3(b)*). Plot keupayaan pertukaran pengutuban P-S untuk tiga mod TE_1, TE_2 dan TM_2 ditunjukkan pada *Rajah 4*. Ketiga-tiga plot tersebut menunjukkan nilai maksimum dicapai masing-masing pada $\theta = 40, 50, 64^\circ$. Keadaan ini berbeza dengan fenomena pertukaran pengutuban untuk mod SPP yang mencapai nilai maksimum pada $\phi = 45^\circ$ untuk parutan perak dan parutan emas yang dilaporkan sebelum ini (Elston *et al.* 1991; Bryan-Brown *et al.* 1991b; Mahmood 1996).

Kesemua mod-mod yang wujud didapati berganjak kepada sudut tuju, θ yang lebih besar bila, sudut putaran ϕ bertambah. Perubahan mod-mod ini terhadap sudut putaran ϕ ditunjukkan pada *Rajah 5* dan ianya tidak berubah secara linear serupa seperti mod SPP yang dilaporkan sebelum ini untuk kes parutan emas (Mahmood 1996). Untuk kes pandu gelombang tripalmitin ini, mod SPP hanya dapat dikesan sehingga sudut $\phi \leq 30^\circ$ sahaja.

Berdasarkan kepada persamaan (1) plot (k_{mod}/k_0) sebagai fungsi kepada sudut ϕ dan plot $\sin^2\theta$ lawan $\sin\theta\cos\phi$ ditunjukkan pada *Rajah 6 dan 7*. Plot *Rajah 6* menjelaskan bahawa k_{mod} tidak bergantung kepada sudut ϕ , sementara dari plot *Rajah 7*, nilai λ_g (pandu gelombang di atas parutan) dapat ditentukan dari nilai kecerunan garis lurus untuk setiap mod. Dalam kajian ini nilai λ_g ditentukan dari plot $\sin^2\theta$ lawan $\sin\theta\cos\phi$ *Rajah 7* ialah 795.8nm. Nilai ini hampir dengan nilai λ_g yang ditentukan dari sudut kritikal, θ_c pada parutan yang bersalut logam emas sahaja. Hasil ini menjelaskan bahawa, kedua-dua lapisan logam emas dan organik tripalmitin di atas parutan silika yang membentuk pandu gelombang adalah berbentuk sinusoidal dengan tempoh sinusoidalnya adalah hampir sama. Namun demikian profil kedua lapisan mungkin tidak mempunyai amplitud yang sama. Keadaan ini belum dapat disahkan dan masih dalam kajian. Umumnya keseluruhan hasil uji kaji ini menunjukkan bahawa mod-mod resonan elektromagnet pada pandu gelombang boleh dengan mudah diperkuat dengan menggunakan gandingan parutan dan di samping itu mengesahkan bahawa bahan tripalmitin sebagai calon yang baik untuk bahan pandu gelombang.

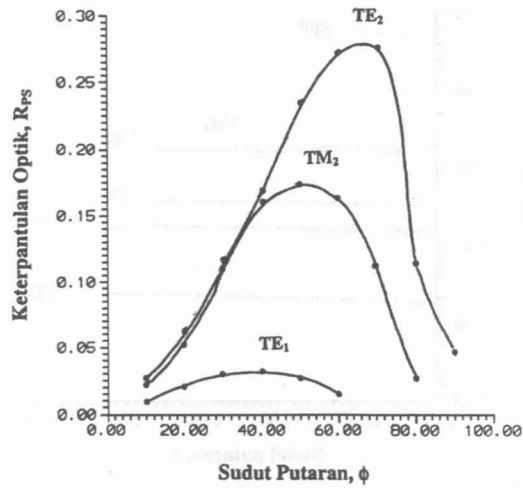
PENGHARGAAN

Uji kaji dilakukan di Jabatan Fizik, University of Exeter, U.K. dibawah program cuti sabatikal. Pengarang mengucapkan terima kasih kepada Commonwealth

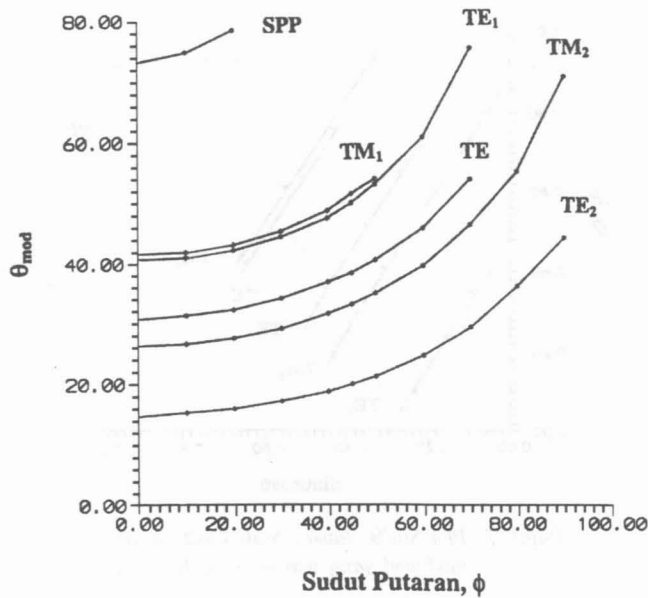


Rajah 3. Plot keterpantulan optik, R_{pp} dan R_{ps} lawan sudut tuju θ , pada sudut putaran (a) $\phi = 30$, (b) $\phi = 40$, (c) $\phi = 80$

Penguatan-parutan Terhadap Mod-mod Elektromagnet

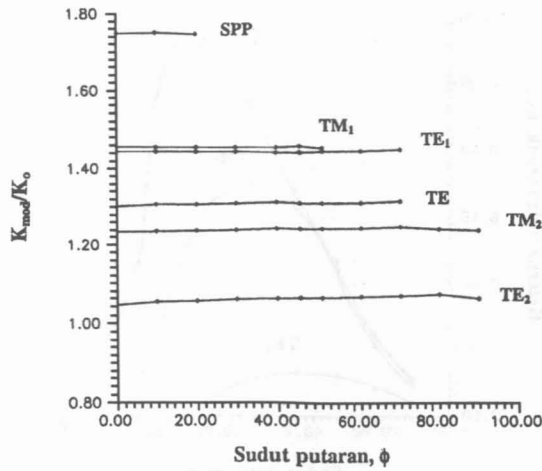


Rajah 4. Kemampuan pertukaran pengutuban P-S, R_{ps} lawan sudut putaran ϕ

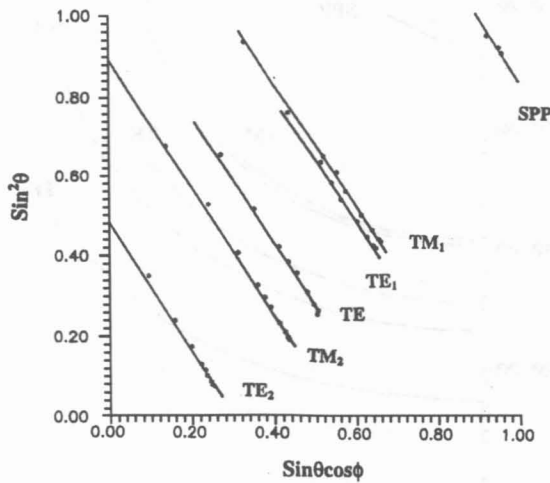


Rajah 5. Sudut mod, θ_{mod} diplot melawan sudut putaran, ϕ

Fellowship, Malaysia Toray Science Foundation dan Universiti Putra Malaysia kerana membiayai program ini. Pengarang juga ingin merakamkan penghargaan kepada Prof. J.R. Sambles, E.L. Wood dan kumpulan saput tipis University of Exeter atas segala bantuan berupa teknikal dan program komputer.



Rajah 6. Plot K_{mod}/K_0 sebagai fungsi kepada sudut putaran, ϕ



Rajah 7. Plot $\text{Sin}^2\theta$ lawan $\text{Sin}\theta \text{Cos}\phi$ untuk mod-mod yang wujud pada Rajah 6

RUJUKAN

- BRYAN-BROWN, G.P, S.J. ELSTON and J.R SAMBLES. 1991a. Coupled surface plasmons on silver coated gratings. *Opt. Comm.* **82**: 1-5.
- BRYAN-BROWN, G.P, S.J. ELSTON and J.R. SAMBLES. 1991b. Polarization conversion through the excitation of electromagnetic modes on a parutan. In *Int. Conf. on the Application and Theory of Periodic Structure. SPIE 1545*: 167-178.

- BRYAN-BROWN, G.P, S.J. ELSTON and J.R. SAMBLES. 1997. Comparison of metal parameters obtained from prism and parutan coupling to surface plasmon polaritons. *J. Mod. Opt.* **38**: 1181-1187.
- CHEMLA, D.S. and J. ZYSS. 1987. *Nonlinear Optical Properties of Organic Molecules and Crystals*. New York: Academic Press.
- ELSTON, S.J., G.P. BRYAN-BROWN and J.R. SAMBLES. 1991. Polarization conversion from diffraction gratings. *Phys. Rev. B* **44**: 6393-6400.
- GAYLORD, T.K. and M.G. MOHARAM. 1986. Analysis and applications of optical diffraction by gratings. *Proc. IEEE* **73**: 894-937.
- MAHMOOD MAT YUNUS, W. 1996. Pencirian plasmon-polariton permukaan melalui gandingan parutan. *Pertanika J. Sci & Technol.* **4**: 221-230.
- ULRICH, R. 1988. Nonlinear optical organics and devices In *Organic Materials for Nonlinear Optics*, ed. R.A. Hann and D. Bloor, p. 241-263. London: Royal Society of Chemistry.