

SIMULASI SUIB OPTIK MENGGUNAKAN TEKNOLOGI MEMs

MOHAMAD NAZIB BIN ADON

UNIVERSITI TEKNOLOGI MALAYSIA

SIMULASI SUIS OPTIK MENGGUNAKAN TEKNOLOGI MEMs

MOHAMAD NAZIB BIN ADON

Laporan projek ini dikemukakan sebagai memenuhi sebahagian
daripada syarat penganugerahan
Ijazah Sarjana Kejuruteraan Elektrik (Elektronik dan Telekomunikasi)

Fakulti Kejuruteraan Elektrik
Universiti Teknologi Malaysia

MEI, 2006

Syukur kepada ALLAH
Umi, Nadhirah, Najihah
keluarga Spg Lima dan KK
pensyarah
sahabat - sahabat
terima kasih di atas sokongan dan pengorbanan

PENGHARGAAN

Allahuakbar Allahuakbar Allahuakbar segala puji bagi Allah tuhan sekalian alam. Syukur di atas nikmat yang telah dilimpahkan sesungguhnya tiada tuhan yang layak disembah melainkam Allah. Selawat dan salam ke atas junjungan besar Nabi Muhammad S.A.W yang telah membawa cahaya keislaman untuk kemakmuran dan kesejahteraan umat sejagat.

Terima kasih tidak terhingga diucapkan kepada Umi, Nadhirah dan Najihah di atas pengorbananmu selama ini. Buat keluarga Simpang Lima dan Kuala Kangsar terima kasih di atas dorongan dan galakan yang telah diberikan.

Seterusnya rakaman penghargaan ini saya tujukan kepada penyelia projek, Prof. Madya Dr. Norazan Mohd Kassim di atas bimbingan, nasihat dan bantuan beliau dalam menjayakan projek ini.

Ucapan terima kasih juga kepada En. Ahmad Hassan, En. Leow Cheah Wei dan En. Hanif Ibrahim yang merupakan kumpulan penyelidik photonik UTM di atas tunjuk ajar dan kemudahan yang telah disediakan.

ABSTRACT

MEMs or known as MicroElectromechanical System is first introduced in 1980s. This technology is a combination of sensors, mechanical and electronic elements. All of them are unite in single basic material (silicon) and fabricated using a micro-fabrication system. Two micro fabrication techniques are normally used, a bulk micro-machining and surfaced micro-machining technique. The latter technique is preferred due to advanced fabrication technique and its ability to construct complex mechanical structures. In this project, a CoventorWare™ software that is based on surfaced micro-machining technique is applied. In order to obtain an optimum design, a basic two dimensional (2D) design is done to identify the actual width, length and thickness of the MEMs device. The 2D design is then converted to three dimensional (3D) design where a boundary condition analysis is done. Four types of meshing analysis are adopted in CoventorWare™ which are surfaces, tetrahedron, Manhattan brick and extruded. The meshing analysis selection is based on simulation period together with the level of analysis correctness. In order to identify the existence of any capacitance and pressure effects on the developed design, the electrostatic and electromechanical analyses are carried out. Finally, analyses on the combined solutions of electrostatic and electromechanical analyses are done for the active device application.

ABSTRAK

MEMs atau lebih dikenali sebagai sistem *Microelectromechanical* mula diperkenalkan pada tahun 1980an. Teknologi ini menggabungkan elemen pengesan, penggerak dan elektronik. Kesemua elemen ini disatukan dalam satu bahan asas (*silicon*) dan menjalani proses fabrikasi-mikro. Dua teknik pemesinan-mikro yang selalu digunakan ialah pemesinan-mikro pukal dan pemesinan-mikro permukaan. Perisian CoventorWareTM menggunakan teknik pemesinan-mikro permukaan kerana teknik fabrikasinya lebih maju dan struktur mekanikal yang kompleks boleh dibina. Secara asasnya teknik ini dibina dengan mewujudkan beberapa lapisan bahan yang kemudiannya ada lapisan dihapuskan dan selebihnya akan menjadi struktur bahan. Hasil daripada pemilihan bahan dan proses pemesinan-mikro permukaan yang tepat rekabentuk 2D boleh dilakukan. Pada peringkat ini usuran lebar, panjang dan tebal peranti perlu dikenalpasti untuk mendapatkan rekabentuk yang optimum. Setelah itu rekabentuk 2D dipindahkan kebentuk 3D, dimana analisis syarat sempadan dilaksanakan. CoventorWareTM menggunakan empat jenis analisis jejaring iaitu permukaan, tetrahedron, bata manhattan dan bata melempar (*extruded*). Pemilihan analisis jejaring adalah berdasarkan kepada ketepatan analisis yang berkadar terus dengan tempoh masa simulasi. Setelah itu analisis elektrostatik dan analisis elektromekanikal dijalankan untuk mengenalpasti adanya kesan kemuatan dan kesan tekanan terhadap rekabentuk yang dibina. Akhir sekali analisis penyelesaian gandingan (gabungan analisis elektrostatik dan elektromekanikal) dibuat untuk melihat kebolehpercayaan yang tinggi terhadap peranti aktif.

KANDUNGAN

BAB	PERKARA	MUKA SURAT
	JUDUL	i
	PENGAKUAN	ii
	DEDIKASI	iii
	PENGHARGAAN	iv
	ABSTRAK	v
	ABSTRACT	vi
	KANDUNGAN	vii
	SENARAI JADUAL	x
	SENARAI RAJAH	xi
BAB I	Pengenalan	
	1.1 Pengenalan	1
	1.2 Kenyataan Masalah	3
	1.3 Objektif Projek	3
	1.4 Skop Projek	4
	1.5 Metodologi Penyelidikan	5
BAB II	TEKNOLOGI MEMS DALAM SUIS OPTIK	
	2.1 Pengenalan	8
	2.2 Teknologi MEMs	9
	2.3 Kelebihan MEMs	10
	2.4 Fabrikasi Pemesinan Mikro	11
	2.4.1 Teknik Pemesinan-Mikro Pukal	11
	2.4.2 Teknik Pemesinan-Mikro Permukaan	13

	2.4.3 Teknik Pemesinan-Mikro LIGA	14
	2.5 Struktur Asas	16
	2.6 Aplikasi MEMs	18
BAB III	REKABENTUK RASUK JULUR	
	3.1 Pengenalan	20
	3.2 Rekabentuk Rujukan	20
	3.3 Model Matematik Rasuk Julur	21
	3.4 Rekabentuk Menggunakan Coventorware	24
	3.4.1 Spesifikasi Bahan	24
	3.4.2 Proses Pemesinan Mikro	25
	3.4.3 Rekabentuk 2D	27
	3.4.4 Rekabentuk 3D	28
	3.4.5 Analisis Coventorware	31
BAB IV	KEPUTUSAN COVENTORWARE™	
	4.1 Pengenalan	39
	4.2 Struktur Tanpa Bahan Logam	39
	4.3 Struktur Dengan Bahan Logam	41
	4.4 Analisis CosolveEM Voltan Bekalan 10volt	42
	4.5 Analisis CosolveEM Mengambilkira proses lelaran 20volt	44
BAB V	ANALISIS DATA	
	5.1 Pengenalan	48
	5.2 Perbandingan Model	48
BAB VI	KESIMPULAN DAN CADANGAN PENAMBAHBAIKAN	
	6.1 Pengenalan	52
	6.2 Cadangan Penambahbaikan	53

RUJUKAN

55

LAMPIRAN

57

SENARAI JADUAL

NO	TAJUK	MUKA SURAT
2.1	Bahan berasaskan silikon berbanding aluminium dan keluli	9
2.2	Perbandingan MEMs dengan teknik lain	10
2.3	Parameter rekabentuk rujukan	17
2.4	Ciri – cirri peranti suis optik teknologi MEMs	19
5.1	Perbandingan nilai anjakan voltan tarik – ke dalam	50

SENARAI RAJAH

NO	TAJUK	MUKA SURAT
1.1	Proses membina peranti suis optik	5
1.2	Proses rekabentuk menggunakan Coventorware	7
2.1	Gabungan teknologi Optik, Elektrik dan Mekanikal	9
2.2	Punaran isotropi dan tidak isotropi	12
2.3	Proses POLYMUMPS	14
2.4	Langkah proses LIGA	15
2.5	Rekabentuk rujukan bagi rasuk jujukan	16
2.6	Contoh 2x2 peranti suis optik teknologi MEMs	18
3.1	Dimensi rekabentuk rujukan	21
3.2	Rekabentuk lengkung rasuk julur separa	22
3.3	Graf pesongan rasuk julur melawan voltan	23
3.4	Spesifikasi bahan	25
3.5	Proses piawai polymumps	26
3.6	Saiz grid yang digunakan	27
3.7	Paparan 2D	28
3.8	Jejaring <i>surface</i>	29
3.9	Jejaring <i>Manhattan</i>	30
3.10	Paparan 3D	30
3.11	Analisis struktur MEMs	31
3.12	Paparan MemElectro	33
3.13	Paparan MemMech	34
3.14	Paparan MemMech BCs	35

3.15	Paparan pilihan <i>surfaceBCs</i>	36
3.16	Paparan CosolveEM	37
3.17	Paparan CosolveEM BCs bersama sub-menu pilihan	38
4.1	Nilai anjakan rasuk julur	40
4.2	Nilai anjakan rasuk julur	41
4.3	Nilai kekuatan struktur	42
4.4	Nilai anjakan rasuk julur	42
4.5	Nilai voltan dan cas	43
4.6	Nilai <i>residual force</i>	43
4.7	Paparan 3D	44
4.8	Kesan kenaikan voltan terhadap kekuatan	45
4.9	Kesan kenaikan voltan terhadap rasuk jujukan	46
4.10	Graf anjakan rasuk julur melawan voltan	47
5.1	Graf perbandingan model matematik dan Coventorware	49
5.2	Graf anjakan Coventorware	49

BAB I

PENGENALAN

1.1 Pengenalan

Bab ini meliputi latar belakang projek, kenyataan masalah, objektif projek, skop projek dan metodologi projek. Latarbelakang projek akan dihuraikan dengan lebih teliti dalam Bab1. Projek ini kebanyakannya berkaitan dengan peranti suis optik.

Perkembangan sistem komunikasi seluruh dunia berkembang dengan pesatnya. Tambahan pula dengan kemodenan teknologi ICT yang membawa kita kepada ledakan maklumat yang begitu hebat. Walaupun teknologi yang digunakan sekarang begitu canggih ia sebenarnya terbentuk dari beberapa komponen dan peranti – peranti untuk memastikan segala proses penghantaran berjalan dengan lancar. Salah satu sistem penghantaran maklumat adalah melalui gentian optik. Penghantaran maklumat melalui gentian optik mempunyai satu sistem yang tersusun melibatkan peranti dan komponen-komponen optik. Diantara peranti dan komponen-komponen optik yang digunakan adalah seperti laser, kabel gentian optik, pemisah, pengesan fotodiod, pemultipleks optik, suis optik, sambung silang dan lain-lain.

Oleh yang demikian, dalam memperincikan lagi perlakuan serta ciri-ciri peranti yang terdapat di dalam sistem perhubungan optik maka saya memilih untuk mengkaji dengan lebih teliti salah satu peranti yang digunapakai iaitu suis optik. Peranti suis optik dipilih adalah berdasarkan kepada keperluan dan perkembangan teknologinya yang semakin meningkat. Sejajar dengan itu suis optik juga menjadi bidang penyelidikan utama di pusat penyelidikan photonik dan universiti sehingga ada kemudahan bilik bersih untuk melakukan proses fabrikasi peranti terbabit.

Suis optik diperkenalkan adalah untuk menggantikan penggunaan suis konvensional. Sebelum suis optik diperkenalkan isyarat optik terpaksa ditukar kepada isyarat elektronik dan kemudian ditukar semula kepada optik (OEO) ketika pensuisan. Setelah suis optik diperkenalkan maka isyarat optik bebas bergerak diantara satu peranti ke peranti yang lain (OOO) tanpa perlu ditukar kepada isyarat elektronik. Keperluan kepada penggunaan suis optik ini adalah sangat penting, memandangkan pada masa sekarang rangkaian optik boleh membawa ratusan panjang gelombang dengan kadar kelajuan penghantaran 10Gbit/saat. Terdapat juga beberapa pengeluar menawarkan kadar kelajuan sistem 40Gbit/saat dan 80Gbit/saat berbanding dengan suis elektronik yang kurang cekap apabila beroperasi pada kelajuan melebihi 40Gbit/saat.

Oleh yang demikian penyelidikan yang berterusan telah dijalankan dalam membina suis optik berasaskan kriteria bahan yang digunakan, kelajuan dan daya tahan suis tersebut. Salah satu teknologi terkini yang digunakan untuk membina suis optik adalah teknologi MEMs. Peningkatan pasaran teknologi MEMs di seluruh dunia adalah meningkat termasuklah penggunaannya di dalam biomedik, aeroangkasa, automobil dan lain – lain. Menurut jangkaan EmTech Research (www.techonline.com) pasaran teknologi MEMs akan meningkat dari USD 6.5 billion pada tahun 2004 kepada USD 11 billion pada 2009. Berdasarkan faktor ini membuktikan keperluan kepada pengetahuan dan penyelidikan yang mendalam terhadap teknologi MEMs adalah penting, khususnya dalam pembangunan peranti suis optik.

1.2 Kenyataan Masalah

Rekabentuk suis optik menggunakan teknologi MEMs boleh dilakukan melalui kaedah berangka (*numerical*) atau menggunakan aplikasi peisian yang sedia ada. Dalam penyelidikan ini saya menggunakan kedua – dua kaedah, manakala perisian Coventorware2004/2005 digunakan untuk merekabentuk dan menganalisa peranti suis optik. Sungguhpun begitu terdapat beberapa masalah yang perlu dirungkaikan diantaranya:-

- (i) Memastikan kaedah MEMs yang sesuai untuk suis optik.
- (ii) Memahami jenis bahan yang digunakan.
- (iii) Memahami teori tentang operasi penggerak (*cantilever*) suis optik MEMs.
- (iv) Memahami kaedah penggunaan CoventorWare2004/2005.
- (v) Merekabentuk suis optik menggunakan teknologi MEMs.

1.3 Objektif Projek

Berdasarkan kenyataan masalah pada bahagian 1.2, maka objektif projek mestilah berkaitan dengan permasalahan tersebut. Kriteria objektif mestilah boleh diselesaikan dalam tempoh masa projek dijalankan dan mencapai kepada matlamat akhir projek ini iaitu berkemampuan merekabentuk dan menganalisa suis optik menggunakan teknologi MEMs melalui simulasi CoventorWare2004/2005. Bagi merungkaikan permasalahan tersebut, objektif penyelidikan perlulah jelas diantaranya:-

- (i) Memahami konsep teknologi MEMs dalam aplikasi telekomunikasi.
- (ii) Berkeupayaan untuk merekabentuk dan menganalisis rasuk jalur.
- (iii) Rekabentuk suis optik berdasarkan teknologi MEMs.
- (iv) Berkebolehan menggunakan CoventorWare sebagai perisian simulasi.

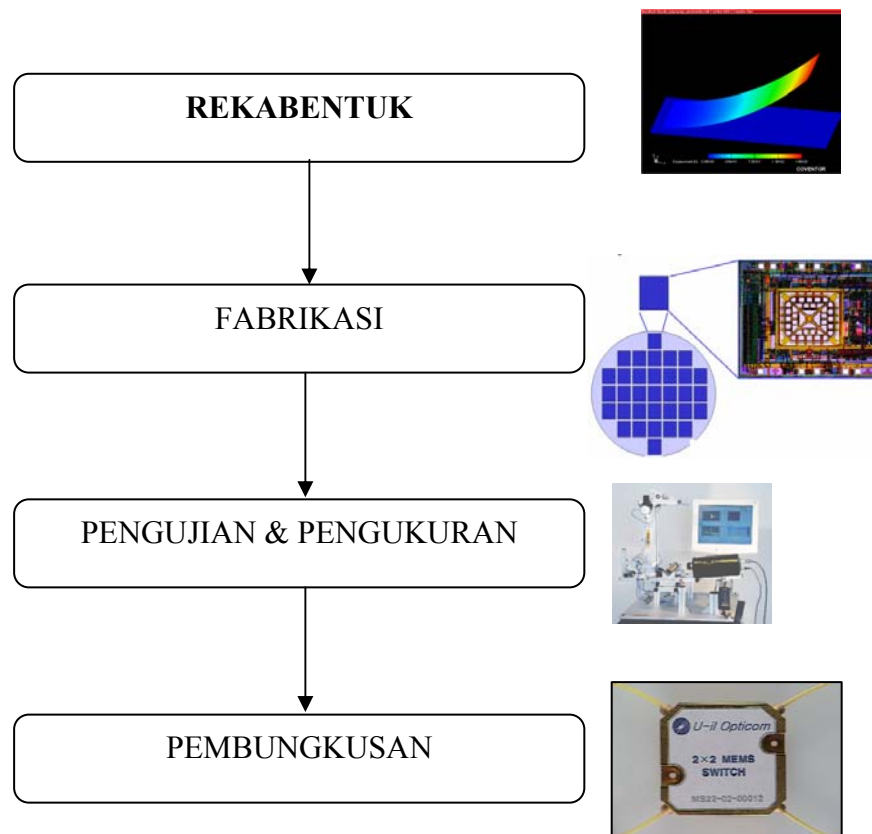
1.4 Skop Projek

Bagi memastikan penyelidikan yang dijalankan mempunyai kajian ilmiah, skop penyelidikan perlulah merangkumi perkara yang ingin dicapai di dalam penyelidikan. Dalam merekabentuk suis optik yang optimum beberapa parameter perlulah dikaji antaranya saiz suis (panjang, lebar, tebal), jenis bahan (silikon, polimer, emas, dan lain-lain) yang digunakan, voltan yang dikenakan dan kesan anjakan rasuk. Secara keseluruhannya skop penyelidikan perlulah meliputi :-

- (i) Memahami rekabentuk suis yang dibina.
- (ii) Memahami pergerakan daya elektrostatik.
- (iii) Memahirkan penggunaan perisian CoventorWareTM.
- (iv) Melakukan proses rekabentuk dan menganalisis parameter yang ingin dikaji melalui simulasi.
- (v) Memahami konsep asas rekabentuk optik bersepadu.

1.5 Metodologi Penyelidikan

Secara keseluruhannya proses membina peranti suis optik boleh dibahagikan kepada 4 bahagian seperti yang ditunjukkan di dalam Rajah 1 di bawah. Peringkat pertama adalah rekabentuk suis optik diikuti fabrikasi, pengujian, pengukuran dan akhir sekali peringkat pembungkusan. Cadangan penyelidikan ini hanyalah melibatkan peringkat rekabentuk yang menggunakan perisian ConvectorWare 2004/2005.

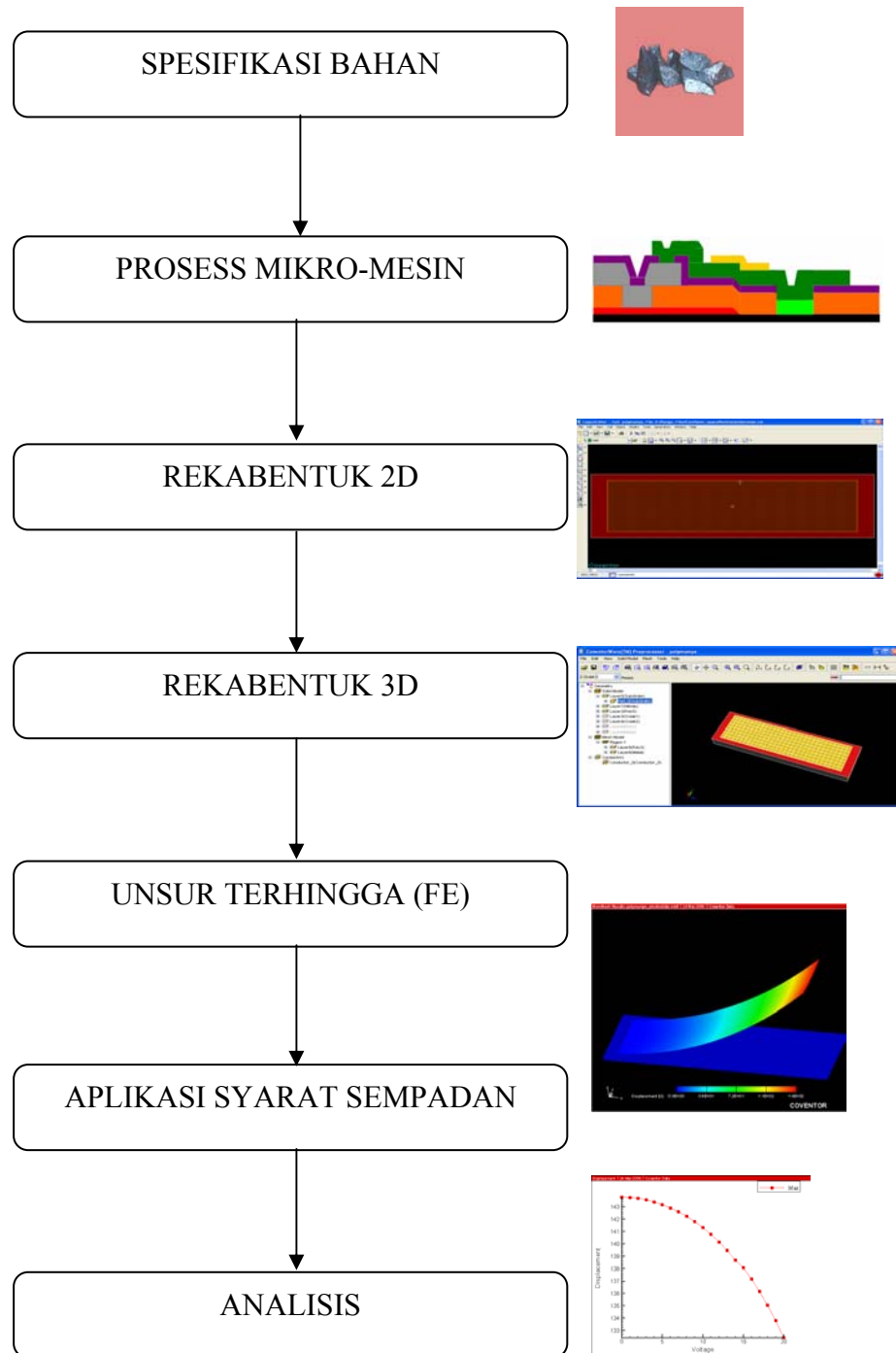


Rajah 1.1 Proses membina peranti suis optik

Dalam merekabentuk suis optik menggunakan teknologi MEMs terdapat dua bahagian yang perlu diberi perhatian iaitu bahagian penggerak (*actuator*) dan bahagian unit transduser yang mana membekalkan voltan kepada penggerak menyebabkan daya kilas berlaku pada suis tersebut. Disamping itu dalam merekabentuk suis optik MEMs CoventorWare 2004 menggariskan beberapa kriteria perlu dilalui antaranya mengenalpasti spesifikasi bahan yang hendak digunakan (polimer, silikon, emas dll), proses pemilihan rekabentuk, paparan rekabentuk dibuat dalam bentuk 2D dan 3D, analisis menggunakan kaedah unsur terhingga, mengambilkira syarat sempadan antara bahan yang digunakan, menganalisis parameter dari segi voltan dan ajakan pergerakan penggerak.

Secara keseluruhannya penyelidikan ini menggunakan perisian CoventorWare 2004/2005 untuk merekabentuk suis optik MEMs, rajah 2 menunjukkan langkah – langkah proses merekabentuk teknologi MEMs menggunakan CoventorWare.

Oleh yang demikian pembacaan dan pengetahuan yang diperolehi adalah menjurus kepada mendalami penggunaan perisian ini.



Rajah 1.2 Proses rekabentuk menggunakan CoventorWare