

**KESAN KEPADA SIFAT-SIFAT ELEKTRIK
AKIBAT RADIASI SINAR-GAMMA DAN NEUTRON PADA
TRANSISTOR KESAN MEDAN LOGAM OKSIDA-SILIKON (MOSFET)**

KAMAL ARIFFIN BIN JUSOH

**Desertasi ini dikemukakan
sebagai memenuhi sebahagian daripada syarat
penganugerahan Ijazah Sarjana Sains Fizik**

**Fakulti Sains
Universiti Teknologi Malaysia**

SEPTEMBER 2005

DEDIKASI

*Ingatan berkekalan teristimewa buat
keluarga tersayang, pensyarah-penyarah, rakan-rakan sekalian.
Jutaan Terima Kasih kerana tidak jemu-jemu memberikan peluang dan sokongan untukku
meneruskan perjuangan ini.
Buat arwah ayah di dalam kenangan (1937-2005)*

PENGHARGAAN

Alhamdulillah dengan keizinannya, projek Sarjana Sains Fizik ini dapat diselesaikan dalam jangka masa yang telah ditetapkan. Penulis ingin merakamkan setinggi-tinggi penghargaan kepada penyelia, Dr. Hazri Bin Bakhtiar di atas segala bantuan, dorongan dan tunjuk ajar di sepanjang tempoh penyelidikan ini. Semoga masa yang diluangkan untuk membimbing penulis bagi menyelesaikan masalah yang dihadapi dapat dimanfaatkan untuk kepentingan agama, bangsa dan negara.

Setinggi-tinggi penghargaan juga ditujukan kepada pihak pengurusan Tentera Laut Di Raja Malaysia kerana memberi peluang kepada penulis untuk melanjutkan pelajaran sehingga ke peringkat ini.

Penghargaan juga diberikan kepada keluarga tersayang arwah ayah, ibu dan adik beradik yang dikasihi di atas sokongan dan doa buat penguat semangat. Tidak dilupakan juga kepada pensyarah-pensyarah, rakan-rakan seperjuangan dan semua pihak yang terlibat secara langsung atau tidak dalam menjayakan projek penyelidikan ini. Semoga Allah merahmati kalian.

ABSTRAK

Tesis ini mengetengahkan hasil pengkajian sifat-sifat fizik asas elektrik terhadap kesan radiasi dari sinar-Gamma dan Neutron kepada Transistor Kesan Medan Logam-Oksida Silikon (MOSFET). Penekanan diberikan di dalam aspek pencirian arus-voltan sebelum dan selepas radiasi. Transistor yang digunakan dalam pengkajian ini adalah jenis nLDD-MOSFET (n Lightly Doped Drain MOSFET) iaitu jenis n didopkan sekali lagi pada bahagian sumber (source) dan penyalir (drain). Ianya merupakan transistor dari teknologi SCMOS 2/RT 0.6 μm prototaip MATRA-MHS_TEMIC. Pengukuran dilakukan menggunakan SMU Keithley 236 yang berfungsi sebagai sumber rujukan. Analisis data dilakukan menggunakan perisian Microcal Origin 3.5. Di dalam pengkajian ini, pencirian perubahan arus penyalir-sumber terhadap voltan get-sumber dan perubahan arus penyalir-sumber terhadap voltan penyalir-sumber dianalisis sebelum dan selepas radiasi dikenakan pada transistor-transistor. Kemudiannya ianya dianalisis dan seterusnya disimpulkan perubahan dan kesannya sejajar dengan teori yang diketengahkan dalam tesis ini. Hasil ujikaji mendapati kesan radiasi adalah sejajar dan memenuhi hasil teori secara asasnya.

ABSTRACT

The thesis presents the study of the basic electrical characteristics changes on a Metal-Oxide-Semiconductor Field Effect Transistor due to the radiation of Gamma rays and neutron. The analysis which been carried out were more emphasis on current-voltage characteristic before and after expose to radiation. Transistor used in the study were nLDD-MOSFET (n Lightly Doped Drain MOSFET) type. The transistor technology were from SCMOS 2/RT 0.6 μm prototype MATRA-MHS_TEMIC. SMU Keithley 236 were used as a measurement source and the data were analysed by Microcal Origin 3.5 softwere. In this analysis, the characteristic changes of the current drain-source towards voltage gate-source and the current drain source towards voltage drain source were taken as a data before and after expose being exposed to radiation. The data then were analysed and concluded in term of the changes of its electrical charecteristics inline with the theory that were discussed in the previous chapter.

KANDUNGAN

BAB	PERKARA	HALAMAN
	BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS	
	PENGESAHAN PENYELIA	
	JUDUL	i
	PENGAKUAN	ii
	DEDIKASI	iii
	PENGHARGAAN	iv
	ABSTRAK	v
	ABSTRACT	vi
	KANDUNGAN	vii
	SENARAI RAJAH	x
	SENARAI JADUAL	xii
BAB I	PENDAHULUAN	
	1.1 Pengenalan	1
	1.2 Sejarah Latarbelakang	3
	1.3 Objektif Pengkajian	3
BAB II	TRANSISTOR KESAN MEDAN LOGAM OKSIDA (MOSFET)	
	2.1 Pengenalan	5
	2.2 Kapasitor MOS	6
	2.3 Pengenalan Struktur Dan Teori Operasi	7
	2.4 Mod Operasi	10
	2.5 Konsep Hubungan Arus-Voltan	13
	2.5.1 Ciri perubahan I_{DS} terhadap V_{DS}	15

2.5.2	Ciri perubahan I_{DS} terhadap V_{GS}	19
-------	---	----

BAB III RADIASI

3.1	Pengenalan Kepada Kesan Radiasi	21
3.2	Saling Tindak Radiasi Terhadap Bahan	22
3.2.1	Zarah Bercas	22
3.2.2	Zarah Neutral	24
3.2.3	Pengionan	26
3.2.4	Sesaran	28
3.2.5	Kesan Radiasi kepada MOSFET	29
3.3	Silikon Oksida	31
3.3.1	Pembentukan, Angkutan dan Perangkap Bagi lohong Di Silikon Oksida SiO_2	31
3.3.2	Pembentukan dan Pengabungan Pasangan Elektron-Lohong di SiO_2	31
3.3.3	Angkutan Lohong di SiO_2	32
3.3.4	Cas Positif Terperangkap di dalam SiO_2	32
3.3.5	Radiasi Menghasilkan Perangkap Di Antaramuka SiO_2 -Si	32

BAB IV METODOLOGI

4.1	Pengenalan	35
4.2	Deskripsi Komponen Yang Digunakan	36
4.3	Peralatan dan Susunan Litar Eksperimen	37
4.4	Prosedur Perjalanan Eksperimen	38

BAB V KEPUTUSAN, ANALISA DAN KESIMPULAN

5.1	Pengenalan	40
5.2	Kesan Radiasi Gamma dan Neutron Terhadap Pencirian $I_{DS}-V_{GS}$	40
5.3	Kesan Radiasi Gamma dan Neutron Terhadap Pencirian $I_{DS}-V_{DS}$	45
5.4	Kesimpulan	46

RUJUKAN

Senarai Rujukan	48
-----------------	----

SENARAI RAJAH

NO.RAJAH	TAJUK	HALAMAN
2.1	Kapasitor MOS	6
2.2	Pembuatan Mod penambahan MOSFET saluran-n	8
2.3	Saluran Penambahan.	10
2.4	Struktur dan operasi MOSFET Mos susutan	11
2.5	Struktur dan operasi MOSFET Mos penambahan	11
2.6	Graf I_{DS} melawan V_{GS} bagi menentukan nilai voltan ambang V_{TH}	13
2.7	Struktur MOSFET jenis-n mod penambahan dengan sambungan polariti yang dikenakan pada get dan penyalir	14
2.8	Keratan rentas MOSFET dan kecerunan graf I_D melawan V_{DS}	16
2.9	Struktur MOSFET jenis-n mod susutan dengan sambungan polariti yang dikenakan pada get dan penyalir	18
3.1	Rajah Skimetik tiga proses berlaku apabila photon bersaling tindak dengan bahan	25
3.2	Kepentingan relatif dari kesan photoelektrik	26
3.3	Ilustrasi skemetik dari kesan hasil radiasi pengionan dalam transistor MOS, apabila get pincang positif	30
3.4	Pecahan dari pasangan yang tak bergabung sebagai fungsi kepada medan elektrik	32
4.1	Struktur transistir nLDD-MOS	37
4.2	Susunan litar eksperimental	38
5.1	Graf I_{DS} melawan V_{GS} dimana $V_{DS}= 50$ mV bagi radiasi Gamma	41
5.2	Graf I_{DS} melawan V_{GS} dimana $V_{DS}= 50$ mV bagi radiasi Neutron	41
5.3	Graf voltan ambang melawan dos radiasi gamma	42
5.4	Graf voltan ambang melawan dos radiasi neutron	43
5.5	Graf I_{DS} melawan V_{DS} bagi radiasi Gamma	45
5.6	`Graf I_{DS} V_{DS} bagi radiasi neutron	46

SENARAI JADUAL

NO. JADUAL	TAJUK	HALAMAN
5.1	Nilai voltan ambang dengan dos-dos radiasi yang berbeza	42

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Pengenalan

Di dalam era yang serba moden dan canggih ini, lambakan peralatan elektrik dan elektronik semakin meningkat selaras dengan permintaan pengguna sama ada orang perseorangan, syarikat, pertubuhan mahupun kerajaan. Persaingan dan permintaan ini sudah pasti menggalakkan beberapa penemuan baru oleh ahli sains dan jurutera di seluruh dunia untuk menghasilkan peralatan yang lebih murah, mudah, ringan serta memberikan pulangan yang baik kepada masyarakat di seluruh dunia. Di antara bidang yang pesat dibangunkan adalah teknologi bahan separuh pengalir atau semikonduktor.

Semikonduktor atau bahan separuh pengalir merupakan bahan yang amat penting di dalam pembuatan atau kemajuan teknologi elektronik dan digital kerana sifat-sifatnya. Dengan keupayaan dan teknologi yang ada sekarang maka impian atau hala tuju manusia untuk menguasai nano dan mikro teknologi akan menjadi kenyataan. Transistor kesan medan logam-oksida silikon (MOSFET) merupakan penemuan penting ke arah mencapai impian ini.

Di dalam MOSFET, bersama dengan litar yang lain, berkebolehan di dalam penggandaan voltan dan isyarat kuasa. MOSFET juga banyak digunakan di dalam aplikasi litar digital dimana, disebabkan ianya relatif dengan saiz yang kecil, maka beribu-ribu peralatan dapat difabrikasikan di atas satu litar bersepadu. MOSFET tanpa dapat disangkal lagi adalah merupakan tunjang di dalam perekaan litar bersepadu pada masa ini.

Laporan projek ini ditulis untuk memperkatakan sifat dan asas pengoperasian di dalam MOSFET. Memandangkan penggunaannya yang meluas di dalam litar bersepadu yang digunakan samada di dalam teknologi nuklear, angkasa lepas, aviasi dan sebagainya yang tentunya menghadapi kemungkinan pendedahan terhadap pelbagai jenis radiasi. Maka, projek ini lebih menumpukan tentang pengkajian kesan radiasi terhadap MOSFET terutamanya dalam aspek cirian elektrik yang mana akan menjejaskan keupayaan sebenar peranti.

Terkandung enam bab di dalam projek ini, bab pertama akan menjelaskan sedikit latar belakang MOSFET dan objektif pengkajian. Bab kedua pula membincangkan asas struktur dan pengoperasian MOSFET dalam aspek fizik dan elektrik.

Bab ketiga akan menjelaskan berkenaan radiasi, sumber-sumbernya serta sifat fiziknya. Kupasan akan diberikan mengenai kesannya terhadap MOSFET terutamanya pada struktur oksida yang mana ianya akan mempengaruhi cirian elektriknya.

Bab keempat pula akan menjelaskan tentang tatacara ujikaji yang dilakukan di dalam analisis ini. Seterusnya bab kelima akan menghuraikan keputusan yang diperolehi terutama dari cirian keluarannya. Kemudiannya penerangan dan kupasan akan dilakukan sejajar dengan teori radiasi yang telah diutarakan.

Akhir sekali bab ke-enam akan menyatakan kesimpulan dari analisis ini.

1.2 Sejarah Latarbelakang

Metal-Oxide Semiconductor Field Effect Transistor (MOSFET) merupakan peranti penting di dalam litar pengkamir dengan ukuran saiz yang besar (VLSI) sebagai proses mikro atau penyimpan data. Jenis MOSFET yang paling utama adalah yang berasaskan get silikon. Ini kerana faktor silikon dioksida yang merupakan penebat yang bagus dan senang diendapkan di atas lapisan substrat silikon.

Penemuan atau perekaan MOSFET berasaskan get silikon dimulakan pada tahun 1926 oleh J. Lilienfeld dan pada tahun 1935 oleh O Heil. Keduanya mencuba untuk mencipta peranti yang menggunakan struktur kapasitor untuk memodulasikan pembawa majoriti di dalam bahan separuh pengalir.

Beberapa siri peristiwa yang mana merupakan kumpulan demonstrasi kepada penemuan pertama MOSFET berasaskan silikon. Pada 1955, I. Ross mengutarakan konsep pembawa minoriti pada MOSFET dan pada tahun 1960, M. Atalla mengutarakan penemuan MOSFET berasaskan get silikon. Kajian yang berterusan tentang BJT (*Bipolar Junction Transistor*) juga telah menghuraikan dan menyelesaikan banyak permasalahan dalam pencirian teknologi berkenaan silikon oksida dan juga antara muka Silikon-silikon oksida (Si-SiO₂). Akhirnya pada tahun 1960, P. Khang dan M. Atalla telah melakukan demonstrasi MOSFET berasaskan silikon yang pertama.

1.3 Objektif Pengkajian

Objektif pengkajian terhadap pencirian arus-voltan akibat radiasi sinar-Gamma dan Neutron dijalankan adalah bagi:

- i. Melihat kesan kepada sifat-sifat elektrik dalam aspek pencirian arus-voltan sebelum dan selepas radiasi

- ii. Mendapatkan ciri output, perubahan arus penyalir-sumber terhadap voltan penyalir sumber, (I_{DS} - V_{DS}) dan ciri tukaran, perubahan arus penyalir-sumber terhadap voltan get-sumber, (I_{DS} - V_{GS}) sebelum dan selepas radiasi.
- iii. Menghuraikan teori dan kesimpulan berdasarkan keputusan analisa yang dilakukan.

RUJUKAN

- [1] A. Holmes-Siedlle and L. Adams, Handbook of Radiation Effects, Oxford University Press Inc., New York, 1993.
- [2] T.P. Ma, P.V. Dressendorfer, Ionizing Radiation Effects in MOS Devices and Circuits, J. Wiley, New York (1989).
- [3] B.S. Doyle, D.B. KraKauer, and K.R. Mistry, Examination of Oxide Damage During High-Current Stress of n-MOS Transistors, IEEE Trans. Elec. Dev., vol. 40, N^o. 5, p. 980-985, May 1993.
- [4] D.A. Neamen, Semiconductor Physics and Devices, Basic Principles, University of Mexico, Irwin Edition, Boston (1994).
- [5] Hazri Bakhtiar, Caratérisation de Structures MOS Submicroniques er analyse de Défauts Induits Par Irradiation Gamma. Extrapôlation Aux Défauts Induits Dans Les Oxydes de Champs des Transistors Bipolaires, Thesis PhD Microelectronic - 1999, Université de Metz, France.
- [6] T.P. Ma, P.V. Dressendorfer, Ionizing Radiation Effects in MOS Devices and Circuits, J. Wiley, New York (1989).
- [7] G.C. Messenger and M.S. Ash, The Effects of Radiation on Electronic Systems, Van Nostrand Reinhold Company Inc., New York, 1986.
- [8] P.T. Wahle, Radiation Effects on Power MOSFET Under Simulated Space Radiation Conditions, Thesis in Electrical Engineering, University of Arizona, 1989.
- [9] Jaspir Singh, Semiconductor Devices an Introduction, McGraw Hill inc, University of Michigan, 1994.
- [10] Thomas L. Floyd, Electronic Devices, Printice Hall, New Jersey, 1996