

**FABRIKASI DAN PENCIRIAN DIOD PIN GaAs DENGAN MENGGUNAKAN
PERISIAN ATHENA DAN ATLAS**

SOON ZHAN PIN

**DISERTASI INI DIKEMUKAKAN UNTUK MEMENUHI
SEBAHAGIAN DARIPADA SYARAT MEMPEROLEHI IJAZAH
SARJANA MUDA SAINS DENGAN KEPUJIAN**

**PROGRAM FIZIK DENGAN ELEKTRONIK
SEKOLAH SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH**

PERPUSTAKAAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

APRIL 2007



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS@

JUDUL: Fabrikasi dan Pencilan Diod PIN Galas DenganMenggunakan Perisian ATHENA Dan ATLASIjazah: Sarjana Muda Sains Dengan kepujianSESI PENGAJIAN: 2006/2007Saya SOON ZHAN PIN
(HURUF BESAR)

mengaku membenarkan tesis (LPS/Sarjana/Doktor Falsafah)* ini disimpan di Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dengan syarat-syarat kegunaan seperti berikut:

1. Tesis adalah hakmilik Universiti Malaysia Sabah.
2. Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dibenarkan membuat salinan untuk tujuan pengajian sahaja.
3. Perpustakaan dibenarkan membuat salinan tesis ini sebagai bahan pertukaran antara institusi pengajian tinggi.
4. **Sila tandakan (/)

SULIT

(Mengandungi maklumat yang berdarjah keselamatan atau kepentingan Malaysia seperti yang termaktub di dalam AKTA RAHSIA RASMI 1972)

TERHAD

(Mengandungi maklumat TERHAD yang telah ditentukan oleh organisasi/badan di mana penyelidikan dijalankan)

TIDAK TERHAD

Mari

(TANDATANGAN PENULIS)

Disahkan oleh

[Signature]
(TANDATANGAN PUSTAKAWAN)Alamat Tetap: 67, Jalan Kelabu
Asap, Taman Bukit pasir,
83000 Batu Pahat, JohorProf. Nadya Dr. Abdullah Chik
Nama PenyeliaTarikh: 13/4/2007

Tarikh: _____

CATATAN: * Potong yang tidak berkenaan.

** Jika tesis ini SULIT atau TERHAD, sila lampirkan surat daripada pihak berkuasa/organisasi berkenaan dengan menyatakan sekali sebab dan tempoh tesis ini perlu dikelaskan sebagai SULIT dan TERHAD.

@ Tesis dimaksudkan sebagai tesis bagi Ijazah Doktor Falsafah dan Sarjana secara penyelidikan, atau disertasi bagi pengajian secara kerja kursus dan penyelidikan, atau Laporan Projek Sarjana Muda (LPSM).



PENGAKUAN

Saya akui karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang setiap satunya telah dijelaskan sumbernya.

14 Mac 2007

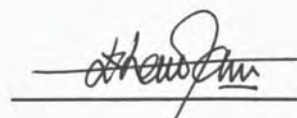
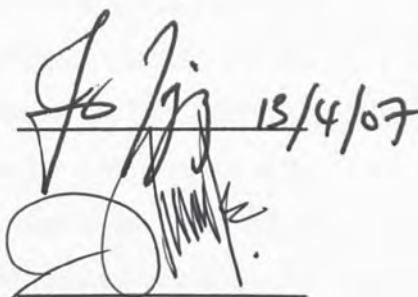
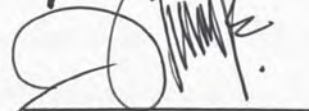
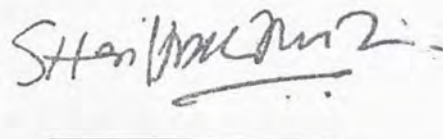


SOON ZHAN PIN

HS2004-1170

830610-01-5991



DIPERAKUKAN OLEH**Tandatangan****1. PENYELIA****(PROF.MADYA DR.ABDULLAH CHIK)****2. KO-PENYELIA BERSAMA****(EN.KHAIRUL ANUAR MOHAMAD)****3. PEMERIKSA 1****(PROF.MADYA DR.FAUZIAH HJ.ABDUL AZIZ)****4. PEMERIKSA 2****(EN.ALVIE LO SIN VOI)****5. DEKAN****(SUPT./KS.ASSOC.PROF.DR.SHARIFF A.KADIR
S.OMANG)**

PENGHARGAAN

Disertasi ini khas untuk ahli keluarga saya yang tersayang, terutamanya kepada ibu bapa saya.

Terlebih dahulu saya ingin mengambil kesempatan untuk mengucapkan ribuan terima kasih kepada penyelia saya, **Prof.Madya Dr.Abdullah Chik** yang sentiasa memberikan bimbingan, sokongan dan nasihat kepada saya sepanjang proses menyiapkan disertasi ini.

Saya juga ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak Universiti dan Sekolah Sains dan Teknologi khususnya kepada pensyarah Program Fizik Dengan Elektronik yang telah banyak memberi tunjuk ajar dan nasihat iaitu **Prof.Madya Dr.Fauziah Haji Abdul Aziz, Prof.Madya Dr.Jedol Dayou, Encik Alvie Lo Sin Voi, Encik Saafie Salleh, Pn Teh Mee Teng** dan **Cik Fauziah Sulaiman**. Selain itu, saya ingin mengucapkan terima kasih kepada **Encik Khairul Anuar Mohamad** (Ko-Penyelia Bersama) dan pensyarah-pensyarah yang lain yang pernah mendidik saya serta memberi nasihat dan bantuan kepada saya dalam pelajaran saya.

Akhir sekali saya juga ingin mengucapkan ribuan terima kasih kepada kawan-kawan saya yang selama ini memberikan sokongan dan nasihat kepada saya terutamanya, **En.Chuah Yaw Sing** dan **En. Ang Wei Hoong** yang sanggup mengeluarkan masa untuk menyelesaikan masalah saya.

Sekian, terima kasih.



ABSTRAK

Tujuan utama disertasi ini adalah untuk menerangkan proses fabrikasi diod PIN galium arsenik secara simulasi. Terdapat dua perisian dalam CAD (*Computer Aided Design*) bagi menjalankan proses simulasi iaitu perisian ATHENA dan ATLAS. Perisian ATHENA berfungsi dalam penentuan proses fabrikasi dan pembinaan sintak untuk menghasilkan struktur diod PIN galium arsenik. Manakala perisian ATLAS berfungsi untuk menjalankan proses pencirian struktur diod PIN galium arsenik yang telah dibina. Diod PIN galium arsenik yang mempunyai ciri arus-voltan dengan perubahan kepekatan jenis-n dari $1 \times 10^{15} \text{cm}^{-3}$ hingga $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$, adalah lebih tinggi daripada perubahan kepekatan jenis-p dari $1 \times 10^{15} \text{cm}^{-3}$ hingga $1 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$. Ini bermaksud mobiliti elektron lebih tinggi daripada mobiliti lohong dalam galium arsenik iaitu $8500 \text{cm}^2/\text{v-s}$ dan $400 \text{cm}^2/\text{v-s}$ masing-masing. Diod PIN galium arsenik bagi pincang balikan mempunyai arus yang lebih tinggi berbanding pincang ke depan kerana lapisan intrinsik menjadi semakin lebar bagi mengawal voltan putus yang tinggi.



ABSTRACT

The main purpose of this dissertation is to explain on the fabrication of gallium arsenide PIN diode. There are two (2) CAD software to run the simulation process, the ATHENA and ATLAS software. ATHENA functions in determining the fabrication process and syntax building to generate a gallium arsenide PIN diode. ATLAS meanwhile functions in running the process of characteristic the gallium arsenide PIN diode structure already built. Gallium arsenide PIN diode which have a current-voltage n-type concentration shift from $1 \times 10^{15} \text{cm}^{-3}$ to $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$, is ever higher than the p-type concentration shift from $1 \times 10^{15} \text{cm}^{-3}$ to $1 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$. This mean that the electron mobility is higher than the hole mobility in gallium arsenide, $8500 \text{ cm}^2/\text{v-s}$ dan $400 \text{ cm}^2/\text{v-s}$ respectively. Gallium arsenide PIN diode of reverse bias is to have a higher current as compared to one of forward bias due to intrinsic layer becoming thicker to control high breakdown voltage.



KANDUNGAN

Muka Surat

PENGAKUAN	ii
PENGESAHAN	iii
PENGHARGAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
SENARAI KANDUNGAN	vii
SENARAI JADUAL	x
SENARAI RAJAH	xi
SENARAI SIMBOL	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Pengenalan	1
1.2 Tujuan	2
1.3 Objektif	2
1.4 Skop Kajian	3
BAB 2 ULASAN PERPUSTAKAAN	4
2.1 Pengenalan Semikonduktor	4
2.2 Struktur Jalur bagi Semikonduktor	6
2.3 Semikonduktor Intrinsik dan Ekstrinsik	7
2.3.1 Semikonduktor Intrinsik	7
2.3.2 Semikonduktor Ekstrinsik	8
2.3.3 Semikonduktor Jenis-p	8
2.3.4 Semikonduktor Jenis-n	10
2.4 Simpangan p-n	11
2.4.1 Operasi Asas bagi Diod Simpangan p-n	14
2.4.2 Pincang Ke Depan	15
2.4.3 Pincang Balikan	16
2.4.4 Pencirian Arus-Voltan Simpangan p-n	17
2.5 Sifat-Sifat Galium Arsenik (GaAs)	19
2.6 Diod PIN	20
2.6.1 Kegunaan Diod PIN	22



2.7	Proses Fabrikasi	22
2.7.1	Pengoksidaan	23
2.7.2	Litografi	23
2.7.3	Resapan dan Implantasi Ion	25
2.7.4	Penglogaman	27
BAB 3	KAEDAH KAJIAN	29
3.1	Pengenalan	29
3.2	Simulasi ATHENA	30
3.2.1	Simulasi ATHENA Pada Deckbuild	30
3.2.2	Pembinaan Sintak Pada ATHENA	33
3.3	Simulasi ATLAS	34
3.3.1	Pencirian Simulasi ATLAS	35
3.4	Tonyplot Visual	37
BAB 4	KEPUTUSAN DAN ANALISIS DATA	38
4.1	Langkah-Langkah Proses Fabrikasi Diod PIN GaAs	38
4.1.1	Pentakrifan Grid Pada Paksi-x dan Paksi-y	38
4.1.2	Pembentukan Substrat Jenis-n	40
4.1.3	Pembentukan Lapisan Intrinsik	42
4.1.4	Pembentukan Silikon Oksida dan Bahan Kalis Foto	43
4.1.5	Punaran Silikon Oksida dan Bahan Kalis Foto	45
4.1.6	Implantasi Substrat Jeni-p	46
4.1.7	Pembentukan Lapisan Aluminium	48
4.1.8	Penentuan Elektrod Anod dan Elektrod Katod	50
4.1.9	Struktur Akhir Diod PIN Galium Arsenik (GaAs)	51
4.2	Langkah-Langkah Pencirian Sifat Elektrik Diod PIN GaAs	54
4.3	Analisa Melalui Kaedah Graf	56
4.3.1	Graf Arus Melawan Voltan bagi Pincang ke Depan	56
4.3.2	Graf Arus Melawan Voltan bagi Pincang Balikan	64
BAB 5	PERBINCANGAN	73
5.1	Simulasi perisian ATHENA	73
5.1.1	Pembentukan Struktur Jaringan	74
5.1.2	Kepekatan Dos Pendopan	75
5.1.3	Kepekatan Pendopan Sepanjang Substrat	76



5.2	Pencirian Arus-Voltan Pada Diod PIN Galium Arsenik	77
5.3	Analisis Keputusan	79
5.3.1	Graf Keseluruhan Arus-Voltan bagi Pincang ke Depan	80
5.3.2	Graf Keseluruhan Arus-Voltan bagi Pincang Balikan	83
5.4	Perbandingan Pincang ke Depan dan Pincang Balikan	88
BAB 6	KESIMPULAN	93
	RUJUKAN	94
	LAMPIRAN	95
	LAMPIRAN A	95
	LAMPIRAN B	97
	LAMPIRAN C	98
	LAMPIRAN D	99
	LAMPIRAN E	100
	LAMPIRAN F	101
	LAMPIRAN G	102
	LAMPIRAN H	103
	LAMPIRAN I	104



SENARAI JADUAL**Muka Surat****No.Jadual**

2.1	Senarai semikonduktor unsur dan semikonduktor sebatian	5
2.2	Sifat-sifat galium arsenik dalam suhu 300K	20
4.1	Ketebalan bagi diod PIN galium arsenik	52
5.1	Arus melawan kepekatan bagi pincang ke depan pada $V=3V$	82
5.2	Arus melawan kepekatan bagi pincang balikan pada $V=3V$	87



SENARAI RAJAH

Muka Surat

No.Rajah

2.1 Julat konduktiviti bagi penebat, semikonduktor dan konduktor	5
2.2 Jalur tenaga bagi penebat, semikonduktor dan konduktor	6
2.3 Semikonduktor jenis-p daripada kumpulan IIIA-IVA	9
2.4 Semikonduktor jenis-n daripada kumpulan VA-IVA	10
2.5 Diod simpangan p-n dan simbol	11
2.6 Aras tenaga Fermi pada bahan jenis-p dan bahan jenis-n	12
2.7 Kewujudan zon kesusutan dalam suatu simpangan p-n	13
2.8 Operasi asas diod simpangan p-n	15
2.9 Simpangan p-n dipincang ke depan	16
2.10 Simpangan p-n dipincang balikan	17
2.11 Ciri-ciri I-V diod simpangan silikon	19
2.12 Lapisan diod PIN	21
2.13 Langkah permulaan penyediaan wafer GaAs dengan menggunakan pengoksidaan	23
2.14 Pendedahan kepada sinaran ultralembayung	24
2.15 Wafer selepas perkembangan	25
2.16 Lapisan yang dilarutkan oleh asid hidrofleurik	25
2.17 Kawasan tanpa oksida selepas proses litografi	25
2.18 Simpanagn p-n menjalani proses reasapan atau proses implantasi ion	26
2.19 Wafer selepas penglogaman	27
2.20 Proses kelengkapan bagi simpangan p-n	28
3.1 Tetingkap Terminal	31
3.2 Tetingkap Deckbuild Utama	32
3.3 Bahagian-bahagian penting dalam perisian ATHENA	33
3.4 Sintak proses pada tetingkap deckbuild	34
3.5 Bahagian-bahagian input dan output bagi ATLAS	36
3.6 Tetingkap Tonyplot	37
4.1 Pembentukan Struktur jaringan bagi diod PIN GaAs	39



4.2	Penyediaan substrat awal GaAs	41
4.3	Substrat awal GaAs didopkan unsur selenium	41
4.4	Substrat intrinsik tanpa didopkan bendasing	42
4.5	Pembentukan silikon oksida	44
4.6	Pembentukan bahan kalis foto	44
4.7	Lapisan bahan kalis foto dipunarkan pada sebelah kanan	45
4.8	Lapisan silikon oksida dipunarkan pada sebelah kanan	46
4.9	Pembentukan substrat jenis-p secara implantasi ion	47
4.10	Lapisan bahan kalis foto dipunarkan selepas proses implantasi ion	47
4.11	Pembentukan lapisan aluminium	49
4.12	Lapisan aluminium dipunarkan pada sebelah kiri	49
4.13	Gambarajah setelah <i>structure mirror right</i> diarahkan	50
4.14	Pembentukan elektrod anod dan elektrod katod	51
4.15	Diod PIN galium arsenik yang telah siap difabrikasi dengan menggunakan simulasi ATHENA yang diplotkan dalam <i>tonyplot</i>	52
4.16	Carta aliran bagi proses-proses fabrikasi diod PIN galium arsenik (GaAs)	53
4.17	Nama fail <i>PINdiode.str</i> dipanggil semula dalam ATLAS	54
4.18	Ciri-ciri I-V bagi pincang ke depan dengan kepekatan jenis-n= $1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ dan kepekatan jenis-p= $1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$	57
4.19	Ciri-ciri I-V bagi pincang ke depan dengan kepekatan jenis-n= $1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ dan kepekatan jenis-p= $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$	58
4.20	Ciri-ciri I-V bagi pincang ke depan dengan kepekatan jenis-n= $1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ dan kepekatan jenis-p= $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$	58
4.21	Ciri-ciri I-V bagi pincang ke depan dengan kepekatan jenis-n= $1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ dan kepekatan jenis-p= $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$	59
4.22	Ciri-ciri I-V bagi pincang ke depan dengan kepekatan jenis-n= $1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ dan kepekatan jenis-p= $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$	59
4.23	Ciri-ciri arus-voltan bagi pincang ke depan dengan perubahan kepekatan jenis-p untuk diod PIN galium arsenik	60
4.24	Ciri-ciri I-V bagi pincang ke depan dengan kepekatan jenis-p= $1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ dan kepekatan jenis-n= $1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$	61
4.25	Ciri-ciri I-V bagi pincang ke depan dengan kepekatan jenis-p= $1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ dan kepekatan jenis-n= $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$	62



4.26 Ciri-ciri I-V bagi pincang ke depan dengan kepekatan jenis-p= $1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ dan kepekatan jenis-n= $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$	62
4.27 Ciri-ciri I-V bagi pincang ke depan dengan kepekatan jenis-p= $1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ dan kepekatan jenis-n= $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$	63
4.28 Ciri-ciri arus-voltan bagi pincang ke depan dengan perubahan kepekatan jenis-n untuk diod PIN galium arsenik	64
4.29 Ciri-ciri I-V bagi pincang balikan dengan kepekatan jenis-n= $1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ dan kepekatan jenis-p= $1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$	65
4.30 Ciri-ciri I-V bagi pincang balikan dengan kepekatan jenis-n= $1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ dan kepekatan jenis-p= $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$	66
4.31 Ciri-ciri I-V bagi pincang balikan dengan kepekatan jenis-n= $1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ dan kepekatan jenis-p= $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$	66
4.32 Ciri-ciri I-V bagi pincang balikan dengan kepekatan jenis-n= $1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ dan kepekatan jenis-p= $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$	67
4.33 Ciri-ciri I-V bagi pincang balikan dengan kepekatan jenis n= $1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ dan kepekatan jenis p= $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$	67
4.34 Ciri-ciri arus-voltan bagi pincang balikan dengan perubahan kepekatan jenis-p untuk diod PIN galium arsenik	68
4.35 Ciri-ciri I-V bagi pincang balikan dengan kepekatan jenis-p= $1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ dan kepekatan jenis-n= $1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$	69
4.36 Ciri-ciri I-V bagi pincang balikan dengan kepekatan jenis-p= $1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ dan kepekatan jenis-n= $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$	70
4.37 Ciri-ciri I-V bagi pincang balikan dengan kepekatan jenis-p= $1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ dan kepekatan jenis-n= $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$	70
4.38 Ciri-ciri I-V bagi pincang balikan dengan kepekatan jenis-p= $1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ dan kepekatan jenis-n= $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$	71
4.39 Ciri-ciri arus-voltan bagi pincang balikan dengan perubahan kepekatan jenis-n untuk diod PIN galium arsenik	72
5.1 Pembentukan struktur jaringan	74
5.2 Pentakrifan grid pada substrat bagi diod PIN GaAs	75
5.3 Profil kontur ketumpatan pendopan bagi implantasi	76
5.4 Profil kepekatan ion pendopan sepanjang substrat secara menegak	77
5.5 Diod PIN GaAs bagi pincang ke depan	78



5.6	Diod PIN GaAS bagi pincang balikan	79
5.7	Ciri-ciri I-V dengan perubahan kepekatan jenis-p bagi pincang ke depan	80
5.8	Ciri-ciri I-V dengan perubahan kepekatan jenis-n bagi pincang ke depan	81
5.9	Arus melawan kepekatan dengan perbezaan arus ($I_n - I_p$) bagi pincang ke depan	83
5.10	Ciri-ciri I-V dengan perubahan kepekatan jenis-p bagi pincang balikan	84
5.11	Ciri-ciri I-V dengan perubahan kepekatan jenis-n bagi pincang balikan	86
5.12	Arus melawan kepekatan dengan perbezaan arus ($I_n - I_p$) bagi pincang balikan	87
5.13	Arus-voltan bagi pincang ke depan dan pincang balikan dengan perubahan kepekatan jenis-p	89
5.14	Arus-voltan bagi pincang ke depan dan pincang balikan dengan perubahan kepekatan jenis-n	91



SENARAI SIMBOL

I	Arus
T	Suhu dalam darjah kelvin
μ_n	Mobiliti elektron
μ_p	Mobiliti lohong
E_s	ketelusan semikonduktor
A	luas keratan rentas
p	Lohong
n	Elektron
h	Pemalar Planck
q	Cas
k	Pemalar Boltzmann



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Pengenalan

Diod PIN (Diod p-i-n) ialah diod yang digunakan dalam banyak aplikasi elektronik. Selepas pembangunan simpangan p-n pada tahun 1940, diod PIN adalah pertama kalinya digunakan dalam frekuensi rendah dan penerus kuasa tinggi yang dijumpai oleh Hall pada tahun 1952. Selain itu, diod PIN juga digunakan dalam aplikasi gelombang mikro yang dijumpai oleh Uhlir sebelum sampai tahun 1960. Lapisan intrinsik ini memberikan sifat-sifat yang menarik apabila diod PIN yang beroperasi pada frekuensi tinggi dalam gelombang mikro dan juga dalam julat gelombang radio (Kwok K.Ng, 2002).

Diod PIN mempunyai I iaitu lapisan intrinsik di tengah-tengah antara jenis-p dan jenis-n tanpa didopkan bendasing (tulen). Lapisan intrinsik ini mempunyai kepekatan yang rendah iaitu 10^{13}cm^{-3} yang terletak di antara kedua-dua jenis-p atau jenis-n. Ketebalan bagi lapisan intrinsik biasanya adalah sangat sempit dan julatnya adalah di antara $10\mu\text{m}$ dan $200\mu\text{m}$. Di luar kawasan jenis-p dan jenis-n biasanya didopkan bendasing dengan banyaknya. Manakala diod PIN mempunyai dua cara iaitu memfabrikasi diod PIN dalam struktur *planar* dan struktur *mesa*. Apabila struktur



planar difabrikasi dengan menambah bahan substrat di atas lapisan epitaksi dan kawasan p^+ akan berlaku kedua-dua proses iaitu resapan atau implantasi ion. Maka bagi struktur *mesa* mempunyai satu lapisan dengan bertambah substrat di atasnya dan lapisan ini mengandungi dopan (Kwok K.Ng, 2002).

1.2 Tujuan

Projek ini bertujuan untuk memfabrikasi dan menentukan pencirian diod PIN GaAs (Galium Arsenik) secara simulasi dengan menggunakan perisian ATHENA dan ATLAS.

1.3 Objektif

1. Menfabrikasikan diod PIN *GaAs* (Galium Arsenik) secara simulasi dengan menggunakan perisian ATHENA.
2. Mengkaji sifat-sifat elektrik iaitu arus-voltan pada diod PIN *GaAs* (Galium Arsenik) dengan perubahan kepekatan jenis-p dan jenis-n dengan menggunakan perisian ATLAS.
3. Mengenalpasti spesifikasi diod PIN.



1.4 Skop Kajian

Skop kajian ini adalah penentuan proses fabrikasi iaitu implantasi ion dengan menggunakan perisian ATHENA. Ia juga untuk menentukan ciri-ciri bagi arus-voltan bagi pincang ke depan (*Forward bias*) dan arus-voltan bagi pincang balikan (*Reverse bias*) dengan peningkatan kepekatan jenis-p dan jenis-n dengan menggunakan perisian ATLAS. Dengan itu, pendopan bagi jenis-p dalam galium arsenik adalah zink dengan kepekatan ditingkatkan dari p ($1 \times 10^{15} \text{cm}^{-3}$) ke p⁺ ($1 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$). Manakala pendopan bagi jenis-n dalam galium arsenik adalah selenium dengan kepekatan ditingkatkan dari n ($1 \times 10^{15} \text{cm}^{-3}$) ke n⁺ ($1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$).



BAB 2

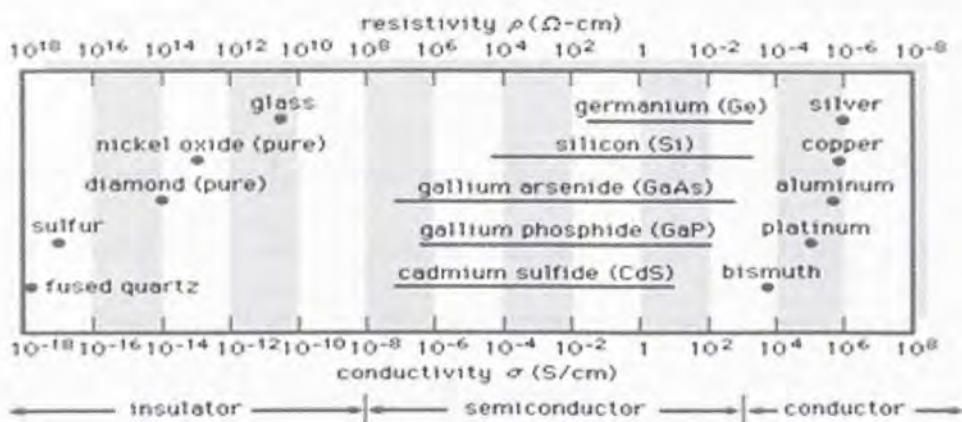
ULASAN PERPUSTAKAAN

2.1 Pengenalan Semikonduktor

Semikonduktor adalah bahan yang mempunyai kekonduksian elektrik yang terletak di antara konduktor dan penebat. Mengikut kekonduksian, bahan ini boleh terkelas di dalam tiga kumpulan iaitu (a) logam (konduktor), (b) penebat (bukan konduktor), dan (c) semikonduktor (Kwok K.Ng, 2002).

Dengan itu, jumlah julat kekonduksian bagi semikonduktor adalah daripada 10^{-8} hingga 10^3 S/cm (kerintangangan adalah daripada 10^{-3} hingga 10^8 Ω -cm). Biasanya kekonduksiaan semikonduktor sangat peka terhadap suhu, keamatan cahaya, medan magnet, dan jumlah atom yang tidak tulen (Kwok K.Ng, 2002). Kepekaan kekonduksiaan ini pada semikonduktor akan menjadikannya suatu bahan yang sangat penting dalam kegunaan elektronik. Manakala konduktor seperti perak dan aluminium mempunyai kekonduksiaan yang tinggi mengikut kekonduksian adalah daripada 10^3 hingga 10^8 S/cm (kerintangangan adalah daripada 10^{-3} hingga 10^{-8} Ω -cm) serta penebat seperti fuis kuarza dan kaca mempunyai kekonduksiaan yang sangat rendah biasanya adalah daripada 10^{-8} hingga 10^{-18} S/cm (kerintangangan adalah daripada 10^8 hingga 10^{18} Ω -cm) ditunjukkan pada rajah 2.1.





Rajah 2.1 Julat konduktiviti bagi penebat, semikonduktor dan konduktor
(Kwok K.Ng, 2002)

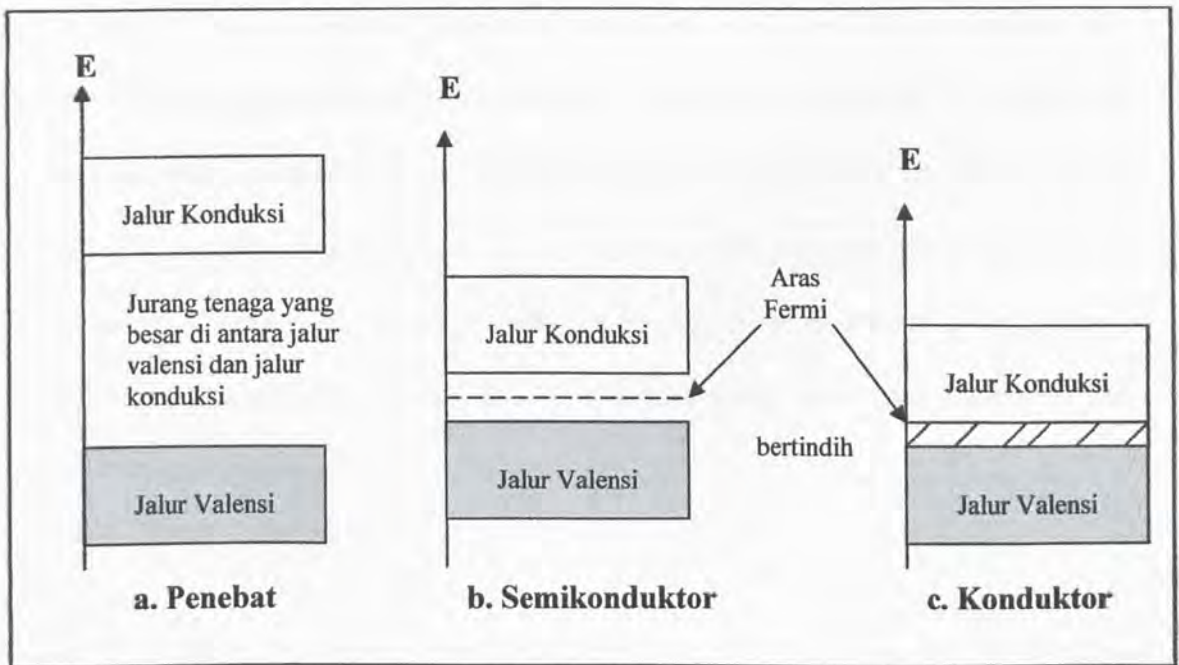
Bahan semikonduktor bermula pada awal abad ke sembilanbelas dan semikonduktor ini sudah wujud pada masa dahulu. Unsur-unsur bahan semikonduktor seperti germanium dan silikon boleh terdapat dalam kumpulan IV pada jadual berkala dan mempunyai kerintangan di antara 0.6 dan $1.5 \times 10^3 \Omega\text{-m}$ masing-masing (Puri & Babbar, 2003). Selain itu, bahan sebatian semikonduktor seperti Galium Arsenik (GaAs), Indium Fosfat (InP), kadmium sulfida (CdS) dan sebagainya. Sebatian ini dihasilkan dengan menggabungkan unsur-unsur daripada kumpulan III dan kumpulan V atau Kumpulan II dan kumpulan VI seperti dalam Jadual 2.1 (S.M.Sze, 1985).

Jadual 2.1 Senarai semikonduktor unsur dan semikonduktor sebatian (S.M.Sze,1985)

Unsur	Sebatian III-V	Sebatian II-IV
Silikon (Si)	Aluminium Arsenik (AlAs)	Kadmium Sulfida (CdS)
Germanium (Ge)	Galium Arsenik (GaAs)	Zink Sulfida (ZnS)
	Galium Fosfat (GaP)	Kadmium Selenium (CdSe)
	Indium Fosfat (InP)	
	Boron Nitrogen (BN)	

2.2 Struktur Jalur bagi Semikonduktor

Dari segi jalur tenaga, semikonduktor mempunyai jalur konduksi yang tidak diisi oleh elektron, manakala jalur valensi dipenuhi oleh elektron pada suhu sifar mutlak. Jika berbanding dengan penebat, semikonduktor mempunyai saiz jurang tenaga, E_g yang sangat kecil iaitu hampir 1eV. Rajah 2.2 menunjukkan jalur tenaga bagi penebat, semikonduktor dan konduktor. Namun itu, keadaan konduktor pula berbeza daripada kedua-duanya kerana jalur konduksi dalam konduktor diisi oleh elektron-elektron secara tidak lengkap, jadi ini membolehkan elektron-elektron di dalamnya bergerak atau membawa arus elektrik apabila dikenakan medan elektrik. Walaupun perbezaan di antara konduktor dan semikonduktor mempunyai saiz jurang tenaga, E_g di antara jalur valensi dan jalur konduksi maka ia juga mempunyai perbezaan nilai-nilai kekonduksian di antaranya (Mustaffa Haji Abdullah, 1990).



Rajah 2.2 Jalur tenaga bagi penebat, semikonduktor dan konduktor (Mustaffa Haji Abdullah, 1990)

2.3 Semikonduktor Intrinsik dan Ekstrinsik

Terdapat semikonduktor dibahagikan kepada dua kumpulan iaitu semikonduktor intrinsik dan semikonduktor ekstrinsik. Semikonduktor intrinsik merupakan semikonduktor tulen di mana ia tiada atom bendasing ditambahkan ke dalamnya manakala semikonduktor ekstrinsik merupakan semikonduktor yang telah ditambahkan dengan atom bendasing untuk mengubahsui sifat-sifatnya serta terbahagi kepada semikonduktor jenis-n dan semikonduktor jenis-p (Puri & Babbar, 2003).

2.3.1 Semikonduktor Intrinsik

Semikonduktor intrinsik seperti germanium dan silikon adalah semikonduktor yang tulen tanpa didopkan sebarang bendasing ke dalam unsur ini. Dalam keadaan ini, semua pembawa wujud apabila suatu elektron teruja oleh tenaga terma daripada jalur valensi ke dalam kekosongan jalur konduktor. Dengan itu elektron dan lohong yang wujud pada semikonduktor intrinsik mempunyai bilangan pembawa yang sama. Elektron dan lohong jatuh pada arah yang bertentangan dalam medan elektrik tetapi elektron dan lohong menyumbang arus dalam arah yang sama sejak kedua-dua ini mempunyai cas yang berlainan .



2.3.2 Semikonduktor Ekstrinsik

Semikonduktor ekstrinsik adalah semikonduktor yang tidak tulen dengan penambahan atom bendasing untuk mengubah jenis dan jumlah bilangan pembawa cas yang wujud dalam struktur semikonduktor. Proses memasukkan bendasing ini dikenali sebagai pendopan manakala atom bendasing dikenali sebagai pendop. Kesan bendasing dalam semikonduktor adalah berhubung dengan cara atom-atomnya terlibat dalam mekanisma ikatan di antara atom dalam bahan hos yang memberikan kesan terhadap struktur jalurnya (Mustaffa Haji Abdullah, 1990). Semikonduktor ekstrinsik boleh terbahagi kepada dua jenis iaitu semikonduktor jenis-p dan semikonduktor jenis-n. Jika pembawa elektron adalah majoriti dalam semikonduktor maka ia dikenali sebagai semikonduktor jenis-n manakala jika pembawa lohong adalah majoriti dalam semikonduktor maka ia dikenali sebagai semikonduktor jenis-p (Puri & Babbar, 2003).

2.3.3 Semikonduktor Jenis-p

Atom-atom bendasing trivalen dalam kumpulan IIIA seperti boron, aluminium, galium atau indium adalah unsur pendop bagi unsur-unsur semikonduktor daripada kumpulan IVA seperti silikon. Ia adalah dalam bentuk tiga ikatan kovalen yang berjiran dengan tiga atom silikon semasa ikatan keempat adalah tidak lengkap disebabkan kekurangan satu elektron. Ikatan yang tidak lengkap ini ditunjukkan pada garis berputus dalam rajah 2.3 di mana bulat kosong itu adalah mewakili kehilangan elektron. Dengan itu, atom bendasing trivalen cenderung untuk menerima satu elektron daripada atom silikon untuk melengkapkan ikatan kovalen keempat (Puri & Babbar, 2003).



RUJUKAN

- Mustaffa Haji Abdullah, 1990. *Sifat dan Kegunaan Semikonduktor*. Dewan Bahasa dan Pustaka, Selangor Darui Ehsan.
- R.K.Puri, V.K.Babbar, 2003. *Solid State Physics and Electronics*. S.Chand & Company Ltd, India.
- S.M.Sze, 1985. *Semiconductor Devices Physics and Technology*. John Wiley & Sons, United State of America.
- Burhanuddin Yeop Majlis, 2000. *Teknologi Fabriksi Litar Bersepadu*. Penerbit Universiti Kebangsaan Malaysia, Bangi.
- Kwok K. Ng, 2002. *Complete Guide To Semiconductor Devices*. John Wiley & Sons, Inc, United State of America.
- Yahya Emat & Md.Nasir Abd. Manan, 1989. *Elektronik Perindustrian Jilid 1*. Dewan Bahasa dan Pustaka, Kuala Lumpur.
- S.M.Sze, 2002. *Semiconductor Devices Physics and Technology*. Ed.ke-2. John Wiley & Sons, United State of America.
- Zahari Mohamed Darus, 1993. *Pengenalan Elektronik Keadaan Pepejal*. Longman Malaysia Sdn.Bhd, Petaling Jaya.
- IC Microsystems, 2003. *TCAD ATHENA and ATLAS Training Manual*. Silvaco International. Silvaco International Inc.
- Mohammad Khairil Bin Mengsing, 2004. *Proses Fabrikasi Pengujian Sifat Elektronik PMOS Menggunakan Perisian ATHENA dan ATLAS*. Disertasi Sarjana Sains, Universiti Malaysia Sabah.

