

**SIMULASI FABRIKASI DAN PENCIRIAN DIOD P-N SI, GAAS DAN SIGE  
DENGAN MENGGUNAKAN PERISIAN PISCES-II**

**MOHD. SYAHRI BIN SIMIN**

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

**PERPUSTAKAAN  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH**

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

**NOVEMBER 2007**



**UMS**  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

## UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

## BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS@

JUDUL: SIMULASI FABRIKASI DAN PENCIRIAN DIDO P-N JI, GAAS DAN SIGE DENGAN MENGGUNAKAN PERISIAR PISCES-II

IJAZAH: IJAZAH SARJANA MUDA SAINS DENGAN KEPERLUAN (FIZIK DENGAN ELEKTRONIK)

SAYA MUHD-SYAHRI BIN SIMIN SESI PENGAJIAN: 2004 /2005  
(HURUF BESAR)

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

1. Tesis adalah hak milik 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 pengajaran 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

Disahkan Oleh

(TANDATANGAN PENULIS)

(TANDATANGAN PUSTAKAWAN)

PROF. MADYA DR. ABDULLAH CHIK

Nama Penyelia

Alamat Tetap: 815121 - K6 - KELAMAUH,  
89857 SIPITANG, SARAWAK.

Tarikh: 27-11-2007Tarikh: 27-11-2007

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 disertai bagi pengajian secara kerja kursus dan Laporan Projek Sarjana Muda (LPSM).

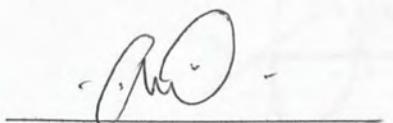


**UMS**  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

## PENGAKUAN

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

29 OKTOBER 2007

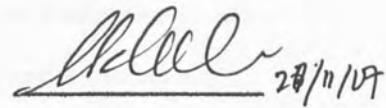
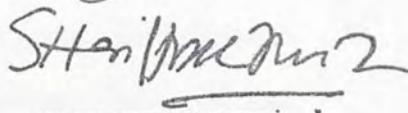


---

MOHD SYAHRI BIN SIMIN  
HS2004-3690



**UMS**  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

**DIPERAKUKAN OLEH****Tandatangan****1. PENYELIA****(PROF. MADYA DR. ABDULLAH CHIK)**  
28/11/07**2. PEMERIKSA****(DR. HAIDER F. ABDUL AMIR)****3. PEMERIKSA****(ENCIK ALVIE LO SIN VUI)****4. DEKAN****(SUPT/KS PROF. MADYA DR. SHARIF A.K OMANG)****UMS**  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

## PENGHARGAAN

Terlebih dahulu saya ingin bersyukur kepada Tuhan kerana dengan keizinannya, saya dapat menyiapkan kajian saya pada masa yang ditetapkan tanpa sebarang masalah.

Saya ingin mengambil peluang ini untuk merakamkan setinggi-tinggi penghargaan dan ucapan terima kasih kepada Prof. Madya Dr. Abdullah Chik selaku penyelia saya yang telah banyak membimbing dan memberi nasihat serta tunjuk ajar yang bermanfaat kepada saya supaya kajian projek dan penulisan laporan ini dapat dijalankan mengikut rancangan.

Ribuan terima kasih daripada saya tujukkan kepada semua pensyarah di Sekolah Sains dan Teknologi, terutamanya pensyarah-pensyarah kursus Fizik Dengan Elektronik yang sedikit banyak telah membantu saya dalam menghasilkan laporan akhir yang lebih berkesan.

Akhir sekali kepada individu-individu yang terlibat secara langsung atau tidak yang tidak dapat saya sebutkan dalam ruang kecil ini, segala tunjuk ajar dan bantuan yang telah diberikan amat disanjung tinggi.

Sekian, terima kasih.

MOHD. SYAHRI BIN SIMIN

HS2004-3690

29 OKTOBER 2007



## ABSTRAK

Tujuan utama desrtasi kajian ini adalah untuk memfabrikasi diod *p-n* Si (Silikon), GaAs (Galium Arsenik) dan SiGe (Silikon Germanium) secara simulasi dan juga mengkaji ciri-ciri elektrik arus-voltan (I-V) bagi diod *p-n* Si (Silikon), GaAs (Galium Arsenik) dan SiGe (Silikon Germanium) dengan pertambahan ketebalan bahagian *p* dan bahagian *n*. Dalam kajian ini, perisian PISCES-II digunakan untuk proses simulasi. Segala kajian ini dijalankan dengan komputer berpangkalan WINDOWS. Perisian PISCES-II digunakan untuk mengenalpasti ciri-ciri arus-voltan bagi diod *p-n* Si (Silikon), GaAs (Galium Arsenik) dan SiGe (Silikon Germanium) dengan perubahan ketebalan bahagian *n* dan ketebalan bahagian *p*. Ketebalan bahagian *p* diubah dari  $0.1\mu\text{m}$  ke  $0.4\mu\text{m}$  dan ketebalan bahagian *n* diubah dari  $0.4\mu\text{m}$  ke  $0.1\mu\text{m}$ . Keluaran arus bagi diod *p-n* SiGe adalah lebih besar berbanding diod *p-n* Si dan GaAs. Pada ketebalan bahagian *p*  $0.2\mu\text{m}$  dan bahagian *n*  $0.3\mu\text{m}$ , I-V maksimum berlaku pada diod *p-n* tersebut. Masalah yang didapati dalam proses simulasi ini adalah untuk menentukan jenis bahan dan kaedah yang perlu digunakan untuk tujuan fabrikasi.

## ABSTRACT

The main purpose of this paper is focusing on simulation fabricate of Si (Silicon), GaAs (Gallium Arsenide) and SiGe (Silicon Germanium) *p-n* diode and to research electric characteristics current-voltage (I-V) for Si, GaAs dan SiGe *p-n* diode with the changes of the *p*-region and *n*-region thickness. In this research, PISCES-II software is used for simulation. All the process of simulation is execute on the computer based on WINDOWS platform. The PISCES-II software is used to determine the characteristic of current voltage for Si, GaAs dan SiGe *p-n* diode with the change in thickness of the n-region and p-region separately. The thickness for *p*-region change from 0.1  $\mu\text{m}$  to 0.4  $\mu\text{m}$  and the thickness for *n*-region change from 0.4  $\mu\text{m}$  to 0.1  $\mu\text{m}$ . The current flow for SiGe *p-n* diode is bigger than Si and GaAs *p-n* diode. The maximum I-V characteristics is occur when the thickness for *p*-region is 0.2  $\mu\text{m}$  and *n*-region is 0.3  $\mu\text{m}$ . The problem occur is to determine the type of material and method that need to be used for this fabrication process.



## KANDUNGAN

	Muka Surat
PENGAKUAN	ii
PENGESAHAN	iii
PENGHARGAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
SENARAI KANDUNGAN	vii
SENARAI RAJAH	x
SENARAI SIMBOL	xiv
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	1
1.1 Pengenalan	1
1.2 Tujuan Utama Kajian	2
1.3 Objektif Kajian	2
1.4 Skop Kajian	3
<b>BAB 2 ULASAN PERPUSTAKAAN</b>	4
2.1 Semikonduktor	4
2.2 Semikonduktor Instrinsik	5
2.3 Semikonduktor Ekstrinsik	6
2.3.1 Semikonduktor Jenis- <i>n</i>	6
2.3.2 Semikonduktor Jenis- <i>p</i>	8
2.4 Diod Simpangan <i>p-n</i>	10
2.4.1 Pincangan Hadapan	11
2.4.2 Pincangan Balikan	12
2.4.3 Ciri Arus-Voltan	13
2.5 Proses Fabrikasi	14
2.5.1 Proses Pengoksidaan	14
2.5.2 Pengedopan Ion	15



2.5.3 Resapan	17
2.6 Perisian PISCES-II	18
<b>BAB 3 BAHAN DAN KAEADAH</b>	20
3.1 Pengenalan	20
3.2 Fasa Proses Fabrikasi Diod	22
3.2.1 Langkah Permulaan	22
3.2.2 Simulasi PISCES-II Pada <i>Command Prompt</i>	23
3.3 Fabrikasi Diod <i>p-n</i> Menggunakan Sintak	25
3.4 Langkah Pengujian Diod <i>p-n</i>	26
3.5 Pencirian Diod <i>p-n</i>	28
<b>BAB 4 KEPUTUSAN DAN ANALISA DATA</b>	30
4.1 Langkah Proses Fabrikasi Diod <i>p-n</i> Si, GaAs dan SiGe	30
4.1.1 Pentakrifan Paksi-x dan Paksi-y	30
4.1.2 Pembentukan Elektrod	31
4.1.3 Pembentukan Substrat Jenis- <i>n</i> dan Jenis- <i>p</i>	32
4.2 Langkah Pencirian Arus Bagi Diod <i>p-n</i> Si, GaAs dan SiGe	33
4.3 Analisa Melalui Graf	34
4.3.1 Diod <i>p-n</i> Si, GaAs dan SiGe	35
a. Perubahan Ketebalan Bahagian <i>n</i> dan Bahagian <i>p</i>	35
Bagi diod <i>p-n</i> Si	
b. Perubahan Ketebalan Bahagian <i>n</i> dan Bahagian <i>p</i>	36
Bagi diod <i>p-n</i> GaAs	
c. Perubahan Ketebalan Bahagian <i>n</i> dan Bahagian <i>p</i>	37
Bagi diod <i>p-n</i> SiGe	
d. Perbezaan Bagi Diod <i>p-n</i> Si, GaAs dan SiGe Bagi	38
Bahagian <i>p</i> 0.1 $\mu\text{m}$ dan Bahagian <i>n</i> 0.4 $\mu\text{m}$	
e. Perbezaan Bagi Diod <i>p-n</i> Si, GaAs dan SiGe Bagi	39
Bahagian <i>p</i> 0.2 $\mu\text{m}$ dan Bahagian <i>n</i> 0.3 $\mu\text{m}$	
f. Perbezaan Bagi Diod <i>p-n</i> Si, GaAs dan SiGe Bagi	40



Bahagian <i>p</i> 0.3 $\mu\text{m}$ dan Bahagian <i>n</i> 0.2 $\mu\text{m}$	
g. Perbezaan Bagi Diod <i>p-n</i> Si, GaAs dan SiGe Bagi	41
Bahagian <i>p</i> 0.4 $\mu\text{m}$ dan Bahagian <i>n</i> 0.1 $\mu\text{m}$	
4.3.2 Diod <i>p-n</i> Si, GaAs dan SiGe	42
a. Perubahan Ketebalan Bahagian <i>n</i> dan Bahagian <i>p</i>	43
Bagi diod <i>p-n</i> Si	
b. Perubahan Ketebalan Bahagian <i>n</i> dan Bahagian <i>p</i>	44
Bagi diod <i>p-n</i> GaAs	
c. Perubahan Ketebalan Bahagian <i>n</i> dan Bahagian <i>p</i>	45
Bagi diod <i>p-n</i> SiGe	
d. Perbezaan Bagi Diod <i>p-n</i> Si, GaAs dan SiGe Bagi	46
Bahagian <i>p</i> 0.1 $\mu\text{m}$ dan Bahagian <i>n</i> 0.4 $\mu\text{m}$	
e. Perbezaan Bagi Diod <i>p-n</i> Si, GaAs dan SiGe Bagi	47
Bahagian <i>p</i> 0.2 $\mu\text{m}$ dan Bahagian <i>n</i> 0.3 $\mu\text{m}$	
f. Perbezaan Bagi Diod <i>p-n</i> Si, GaAs dan SiGe Bagi	48
Bahagian <i>p</i> 0.3 $\mu\text{m}$ dan Bahagian <i>n</i> 0.2 $\mu\text{m}$	
g. Perbezaan Bagi Diod <i>p-n</i> Si, GaAs dan SiGe Bagi	49
Bahagian <i>p</i> 0.4 $\mu\text{m}$ dan Bahagian <i>n</i> 0.1 $\mu\text{m}$	
<b>BAB 5 PERBINCANGAN</b>	50
5.1 Simulasi PISCES-II	50
5.1.1 Nod-nod Grid	51
5.2 Perbandingan Antara Ketebalan dan Arus	51
5.3 Perbandingan Antara Diod Si, GaAs dan SiGe	58
<b>BAB 6 KESIMPULAN DAN CADANGAN</b>	63
6.1 Kesimpulan	63
6.2 Cadangan	64
RUJUKAN	65
LAMPIRAN	67

## SENARAI RAJAH

No Jadual	Muka Surat
2.1 Jalur tenaga bagi konduktor, penebat, dan semikonduktor	4
2.2 Elektron valens dalam ikatan semikonduktor instrinsik	6
2.3 Contoh ikatan ion bagi semikonduktor jenis- <i>n</i>	7
2.4 Jalur tenaga semikonduktor jenis- <i>n</i>	7
2.5 Contoh ikatan ion dalam semikonduktor jenis- <i>p</i>	8
2.6 Jalur tenaga bagi semikonduktor jenis- <i>p</i>	9
2.7 Diod simpangan <i>p-n</i>	10
2.8 Kawasan susutan yang terbentuk pada simpangan <i>p-n</i>	11
2.9 Pengaliran arus dalam simpangan <i>p-n</i> pada pincangan hadapan	12
2.10 Pengaliran arus dalam simpangan <i>p-n</i> pada pincangan balikan	13
2.11 Ciri arus-voltan simpangan <i>p-n</i>	14
2.12 Pengedopan dopan pada semikonduktor	16
3.1 Tetingkap <i>Command Prompt</i>	23
3.2 Tetingkap <i>Command Prompt</i>	24
3.3 Tetingkap <i>Output</i>	25
3.4 Bahagian-bahagian penting bagi input fail perisian PISCES-II	25
3.5 Contoh sintak pada <i>Notepad</i>	26
3.6 Carta alir profil pengedopan	28
3.7 Contoh graf yang dihasilkan dalam perisian Microsoft Excel	29
4.1 Graf arus-voltan dengan perubahan ketebalan bahagian <i>p</i> dan bahagian <i>n</i> (pincang hadapan – Si)	36
4.2 Graf arus-voltan dengan perubahan ketebalan bahagian <i>p</i> dan bahagian <i>n</i> (pincang hadapan – GaAs)	37
4.3 Graf arus-voltan dengan perubahan ketebalan bahagian <i>p</i> dan bahagian <i>n</i> (pincang hadapan – SiGe)	38

4.4	Graf arus-voltan bagi Si, GaAs dan SiGe pada ketebalan bahagian $p$ 0.1 $\mu\text{m}$ dan bahagian $n$ 0.4 $\mu\text{m}$	39
4.5	Graf arus-voltan bagi Si, GaAs dan SiGe pada ketebalan bahagian $p$ 0.2 $\mu\text{m}$ dan bahagian $n$ 0.3 $\mu\text{m}$	40
4.6	Graf arus-voltan bagi Si, GaAs dan SiGe pada ketebalan bahagian $p$ 0.3 $\mu\text{m}$ dan bahagian $n$ 0.2 $\mu\text{m}$	41
4.7	Graf arus-voltan bagi Si, GaAs dan SiGe pada ketebalan bahagian $p$ 0.4 $\mu\text{m}$ dan bahagian $n$ 0.1 $\mu\text{m}$	42
4.8	Graf arus-voltan dengan perubahan ketebalan bahagian $p$ dan bahagian $n$ (pincang belakang – Si)	43
4.9	Graf arus-voltan dengan perubahan ketebalan bahagian $p$ dan bahagian $n$ (pincang belakang – GaAs)	44
4.10	Graf arus-voltan dengan perubahan ketebalan bahagian $p$ dan bahagian $n$ (pincang belakang – SiGe)	45
4.11	Graf arus-voltan bagi Si, GaAs dan SiGe pada ketebalan bahagian $p$ 0.1 $\mu\text{m}$ dan bahagian $n$ 0.4 $\mu\text{m}$	46
4.12	Graf arus-voltan bagi Si, GaAs dan SiGe pada ketebalan bahagian $p$ 0.2 $\mu\text{m}$ dan bahagian $n$ 0.3 $\mu\text{m}$	47
4.13	Graf arus-voltan bagi Si, GaAs dan SiGe pada ketebalan bahagian $p$ 0.3 $\mu\text{m}$ dan bahagian $n$ 0.2 $\mu\text{m}$	48
4.14	Graf arus-voltan bagi Si, GaAs dan SiGe pada ketebalan bahagian $p$ 0.4 $\mu\text{m}$ dan bahagian $n$ 0.1 $\mu\text{m}$	49
5.1	Peningkatan ketebalan bahagian $p$ dari 0.1 $\mu\text{m}$ ke 0.2 $\mu\text{m}$ bagi diod $p$ - $n$ Si bagi voltan pincang hadapan	52
5.2	Peningkatan ketebalan bahagian $n$ dari 0.1 $\mu\text{m}$ ke 0.2 $\mu\text{m}$ bagi diod $p$ - $n$ Si bagi voltan pincang hadapan	53
5.3	Peningkatan ketebalan bahagian $p$ dari 0.1 $\mu\text{m}$ ke 0.2 $\mu\text{m}$ bagi diod $p$ - $n$ GaAs bagi voltan pincang hadapan	53

5.4 Peningkatan ketebalan bahagian <i>n</i> dari 0.1 $\mu\text{m}$ ke 0.2 $\mu\text{m}$ bagi diod <i>p-n</i> GaAs bagi voltan pincang hadapan	54
5.5 Peningkatan ketebalan bahagian <i>p</i> dari 0.1 $\mu\text{m}$ ke 0.2 $\mu\text{m}$ bagi diod <i>p-n</i> SiGe bagi voltan pincang hadapan	54
5.6 Peningkatan ketebalan bahagian <i>n</i> dari 0.1 $\mu\text{m}$ ke 0.2 $\mu\text{m}$ bagi diod <i>p-n</i> SiGe bagi voltan pincang hadapan	55
5.7 Peningkatan ketebalan bahagian <i>p</i> dari 0.1 $\mu\text{m}$ ke 0.2 $\mu\text{m}$ bagi diod <i>p-n</i> Si bagi voltan pincang belakang	55
5.8 Peningkatan ketebalan bahagian <i>n</i> dari 0.1 $\mu\text{m}$ ke 0.2 $\mu\text{m}$ bagi diod <i>p-n</i> Si bagi voltan pincang belakang	56
5.9 Peningkatan ketebalan bahagian <i>p</i> dari 0.1 $\mu\text{m}$ ke 0.2 $\mu\text{m}$ bagi diod <i>p-n</i> GaAs bagi voltan pincang belakang	56
5.10 Peningkatan ketebalan bahagian <i>n</i> dari 0.1 $\mu\text{m}$ ke 0.2 $\mu\text{m}$ bagi diod <i>p-n</i> GaAs bagi voltan pincang belakang	57
5.11 Peningkatan ketebalan bahagian <i>p</i> dari 0.1 $\mu\text{m}$ ke 0.2 $\mu\text{m}$ bagi diod <i>p-n</i> SiGe bagi voltan pincang belakang	57
5.12 Peningkatan ketebalan bahagian <i>n</i> dari 0.1 $\mu\text{m}$ ke 0.2 $\mu\text{m}$ bagi diod <i>p-n</i> SiGe bagi voltan pincang belakang	58
5.13 Graf arus-voltan bagi Si, GaAs dan SiGe pada ketebalan bahagian <i>p</i> 0.1 $\mu\text{m}$ dan bahagian <i>n</i> 0.4 $\mu\text{m}$ (pincang hadapan)	59
5.14 Graf arus-voltan bagi Si, GaAs dan SiGe pada ketebalan bahagian <i>p</i> 0.2 $\mu\text{m}$ dan bahagian <i>n</i> 0.3 $\mu\text{m}$ (pincang hadapan)	59
5.15 Graf arus-voltan bagi Si, GaAs dan SiGe pada ketebalan bahagian <i>p</i> 0.3 $\mu\text{m}$ dan bahagian <i>n</i> 0.2 $\mu\text{m}$ (pincang hadapan)	60
5.16 Graf arus-voltan bagi Si, GaAs dan SiGe pada ketebalan bahagian <i>p</i> 0.4 $\mu\text{m}$ dan bahagian <i>n</i> 0.1 $\mu\text{m}$ (pincang hadapan)	60
5.17 Graf arus-voltan bagi Si, GaAs dan SiGe pada ketebalan bahagian <i>p</i> 0.1 $\mu\text{m}$ dan bahagian <i>n</i> 0.4 $\mu\text{m}$ (pincang belakang)	61



5.18 Graf arus-voltan bagi Si, GaAs dan SiGe pada ketebalan bahagian $p$ $0.2 \mu\text{m}$ dan bahagian $n$ $0.3 \mu\text{m}$ (pincang belakang)	61
5.19 Graf arus-voltan bagi Si, GaAs dan SiGe pada ketebalan bahagian $p$ $0.3 \mu\text{m}$ dan bahagian $n$ $0.2 \mu\text{m}$ (pincang belakang)	62
5.20 Graf arus-voltan bagi Si, GaAs dan SiGe pada ketebalan bahagian $p$ $0.4 \mu\text{m}$ dan bahagian $n$ $0.1 \mu\text{m}$ (pincang belakang)	62



## SENARAI SIMBOL

- $I$  Arus
- $T$  Suhu dalam darjah kelvin
- $\mu_n$  Mobiliti elektron
- $\mu_p$  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 *p-n* (diod positif-negatif) terdapat kawasan semikonduktor jenis-*n* dan semikonduktor jenis-*p*. Diod *p-n* mempunyai kegunaan yang banyak dalam litar-litar gelombang mikro. Diod *p-n* boleh digunakan sebagai suis gelombang mikro dengan pengisian rantau susutan tetap pada asasnya dan kebolehan pegangan-kuasa yang tinggi. Kegunaan diod *p-n* sebagai pengecil bolehubah (perintang terkawal arus) ialah dengan mengawal rintangan peranti yang berubah secara hampir linear dengan arus ke depan (Zahari, 1993).

Diod *p-n* berkebolehan untuk menukar dari satu keadaan pengendalian ke keadaan lain dengan kadar yang amat cepat. Dengan itu, diod *p-n* yang digunakan sebagai suis adalah berlaju tinggi dan dalam penjanaan denyut dikenakan. Apabila diod *p-n* yang digunakan sebagai suis, diod pin dipaksa ‘buka’ atau ‘tutup’ dengan mengenakan pincangan ke depan atau balikan. Apabila diod *p-n* dipincang ke depan,

rintangan depannya akan berubah dengan banyak apabila voltan ke depan diubah. Walaupun diod-diod lain mempamer cirian rintangan bolehubah, mereka tidak mempunyai julat rintangan selebar diod *p-n* (Zahari, 1993).

Selain itu, rintangan dalam diod *p-n* juga berubah secara linear dengan voltan ke depan dan peranti tersebut menerima baik voltan dan arus terhadap pincangan yang rendah. Rintangan bagi sebuah diod *p-n* boleh berubah dari  $10000\ \Omega$  ke  $1\ \Omega$  apabila arus ke depannya berubah dari  $0.001\text{ mA}$  ke  $100\text{ mA}$  (Zahari, 1993).

## 1.2 TUJUAN

Kajian ini bertujuan untuk mengkaji perubahan arus-voltan dengan perubahan kedalaman kawasan jenis-*p* dan jenis-*n* bagi diod *p-n* Si, GaAs dan SiGe dengan menggunakan bantuan perisian simulasi PISCES-II.

## 1.3 OBJEKTIF

1. Merekabentuk diod pin Silikon (Si), Galium Arsensik (GaAs) dan Silikon Germanium (SiGe) dengan menggunakan perisian simulasi PISCES-II.
2. Mengenalpasti spesifikasi diod *p-n*.
3. Mengkaji ciri-ciri arus-voltan dengan perubahan kedalaman kawasan jenis-*p* dan jenis-*n* bagi diod *p-n* tersebut dengan menggunakan perisian simulasi PISCES-II.



4. Mengkaji perbezaan ciri arus-voltan bagi diod *p-n* Silikon (Si), Galium Arsensik (GaAs) dan Silikon Germanium (SiGe).

#### 1.4 SKOP KAJIAN

Skop kajian ini untuk mengkaji ciri-ciri bagi arus-voltan dengan perubahan kedalaman bahagian *p* dan *n*. Kawasan bagi jenis-*p* dengan akan ditingkatkan dari  $0.1 \mu\text{m}$  sehingga  $0.4 \mu\text{m}$  manakala kedalaman kawasan jenis-*n* akan dikurangkan dari  $0.4 \mu\text{m}$  sehingga  $0.1 \mu\text{m}$ .

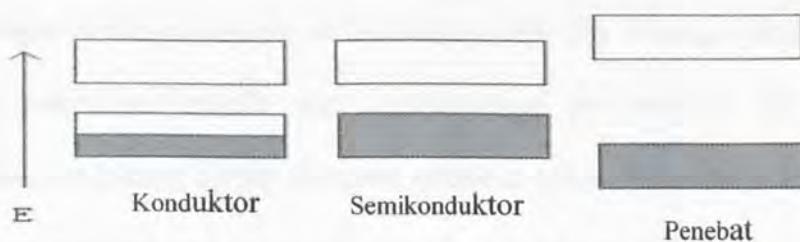


## BAB 2

### ULASAN PERPUSTAKAAN

#### 2.1 SEMIKONDUKTOR

Semikonduktor adalah salah satu jenis bahan pepejal. Sifat-sifat elektronik semikonduktor terletak antara sifat logam dan penebat. Rajah 2.1 menunjukkan perbezaan jalur tenaga antara konduktor, semikonduktor dan juga penebat. Bahan semikonduktor seperti silikon dan germanium dalam kumpulan IV pada jadual berkala mempunyai struktur yang menyerupai hablur intan. Setiap atom bagi bahan tersebut dikelilingi oleh empat atom jiran pada jarak yang sama. Elemen-elemen ini dikatakan membentuk ikatan tetravalen yang mempunyai mekanisme ikatan dan juga sifat kimia yang sama (Sze, 2001).



**Rajah 2.1** Jalur tenaga bagi konduktor, penebat, dan semikonduktor (Savant, Roden,dan Carpenter, 1991).

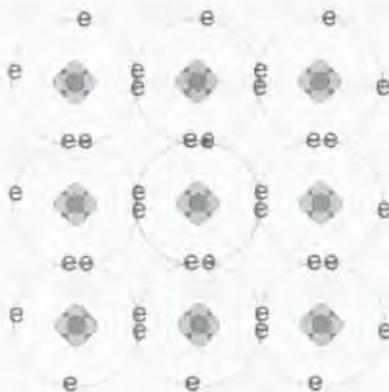
Bahan semikonduktor mempunyai 2 bahagian jalur tenaga iaitu jalur valensi dan jalur konduksi yang dipisahkan oleh sela tenaga larangan,  $E_g$ . Pada suhu 0 K, jalur valensi adalah penuh dan jalur konduksi pula akan menjadi kosong, semikonduktor tersebut akan bersifat seperti penebat. Suatu keadaan kosong atau lohong akan terbentuk apabila elektron-elektron teruja daripada jalur valensi kepada jalur konduksi. Pengujaan elektron ini akan menyebabkan atom beras positif. Jika medan elektrik dikenakan, cas akan bergerak pada arah medan elektrik dan keadaan ini dikenali sebagai arus lohong (pembawa arus). Sela tenaga larangan bagi suatu bahan semikonduktor ialah sekitar 1 eV (Sze, 2001).

## 2.2 SEMIKONDUKTOR INSTRINSIK

Bahan semikonduktor terbahagi kepada dua iaitu semikonduktor instrinsik dan semikonduktor ekstrinsik. Semikonduktor instrinsik ialah semikonduktor yang tulen, contohnya silikon dan germanium. Semikonduktor instrinsik mempunyai  $n$ , bilangan elektron pada jalur konduksi, dan juga  $p$ , bilangan lohong pada jalur valensi, yang sama pada  $n_i$ , ketumpatan instrinsik yang bergantung pada suhu (Mustaffa, 1990).

$$n = p = n_i \quad (2.1)$$

Bilangan elektron sentiasa sama dengan bilangan lohong seperti pada rajah 2.2. Proses perpaduan semula akan mengimbangi penambahan dan kehilangan pasangan elektron-lohong akibat daripada kenaikan suhu. Sela tenaga larangan pada jalur tenaga semikonduktor instrinsik adalah bergantung pada suhu. Sela tenaga larangan ini,  $E_g$ , akan berkurang apabila suhu dinaikkan (Mustaffa, 1990).



**Rajah 2.2** Elektron valens dalam ikatan semikonduktor instrinsik (Burhanuddin, 1992).

### 2.3 SEMIKONDUKTOR EKSTRINSIK

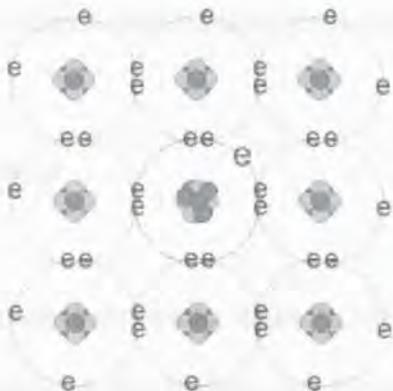
Semikonduktor ekstrinsik ialah semikonduktor yang didopkan dengan bendasing. Pendopan bermaksud penambahan atom bendasing manakala bendasing tersebut pula dikenali sebagai dopan. Semikonduktor ekstrinsik hanya membawa satu jenis pembawa majoriti iaitu antara elektron ataupun lohong (Burhanuddin, 1992).

Terdapat dua jenis semikonduktor ekstinsik iaitu semikonduktor jenis-*n* dan juga semikonduktor jenis-*p*. Semikonduktor jenis-*n* adalah semikonduktor yang mempunyai pembawa majoriti elektron manakala semikonduktor jenis-*p* adalah semikonduktor yang mempunyai pembawa majoriti lohong (Burhanuddin, 1992).

#### 2.3.1 Semikonduktor Jenis-*n*

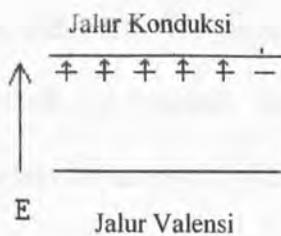
Jika benda asing dari kumpulan V dalam jadual berkala, contohnya fosforus dan arsenik, didopkan pada semikonduktor instrinsik, semikonduktor ekstrinsik yang

mempunyai konduksi negatif akan terhasil dan dinamakan semikonduktor jenis-*n* (Mustaffa, 1990). Rajah 2.3 menunjukkan contoh ikatan atom-atom bagi semikonduktor jenis-*n* (*e*-elektron).



**Rajah 2.3** Contoh ikatan ion bagi semikonduktor jenis-*n* (Mustaffa, 1990).

Empat daripada lima elektron daripada unsur kumpulan V ini akan membentuk ikatan kovalen dengan elektron semikonduktor instrinsik tersebut. Elektron kelima pula akan menjadi elektron bebas yang menjadi pembawa cas negatif dalam bahan semikonduktor tersebut. Oleh itu, unsur kumpulan V disebut bendasing penderma kerana menyumbangkan elektron pada semikonduktor instrinsik tersebut. Elektron-elektron yang berlebihan ini akan membentuk aras penderma berhampiran dengan bahagian bawah jalur konduksi yang dinamakan aras penderma,  $E_D$ . Rajah 2.4 menunjukkan jalur tenaga bagi semikonduktor jenis-*n* (Mustaffa, 1990).



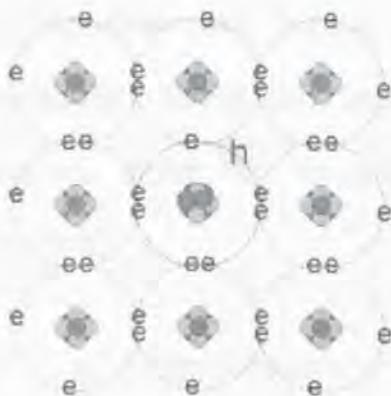
**Rajah 2.4** Jalur tenaga semikonduktor jenis-*n* (Burhanuddin, 1992)



Oleh kerana tenaga ikatan semikonduktor jenis-*n* adalah kecil, walaupun pada suhu bilik hampir semua atom benda asing akan kehilangan satu elektron ke dalam jalur konduksi secara pengionan terma. Pengaliran elektron dalam jalur konduksi merupakan pengaliran arus dalam semikonduktor jenis-*n* (Burhanuddin, 1992).

### 2.3.2 Semikonduktor Jenis-*p*

Semikonduktor yang mempunyai pembawa majoriti lohong adalah dikenali sebagai semikonduktor jenis-*p*. Semikonduktor jenis-*p* ini dihasilkan dengan menambahkan unsur-unsur dari kumpulan III dalam jadual berkala, seperti Boron, aluminium ataupun galium, pada semikonduktor instrinsik (Kano, 1998). Rajah 2.5 menujukkan ikatan ion bagi semikonduktor jenis-*p* (*h*-lohong).

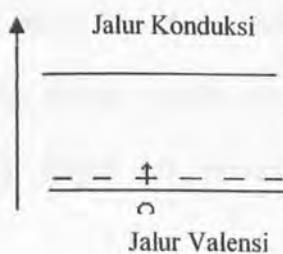


**Rajah 2.5** Contoh ikatan ion dalam semikonduktor jenis-*p* (Kano, 1998).

Proses pendopan unsur kumpulan III pada semikonduktor instrinsik akan menambahkan bilangan pembawa cas positif. Atom-atom unsur kumpulan III mempunyai tiga elektron di petala terluarnya. Apabila proses pendopan dikenakan pada semikonduktor instrinsik, satu daripada elektron semikonduktor instrinsik akan mengorbit pada 2 atom unsur kumpulan III tersebut dan mengaruhkan satu cas positif

pada ion pada unsur kumpulan III tersebut. Cas positif ini akan bertindak sebagai perigi keupayaan yang boleh menarik elektron daripada atom semikonduktor yang berdekatan. Satu kekosongan akan wujud pada ikatan kovalen antara unsur kumpulan III dan semikonduktor intrinsik kerana hanya tiga ikatan kovalen sahaja yang dapat dipenuhi menjadikan ikatan ini tidak lengkap. Kekosongan ini membentuk satu lubang yang dipanggil lohong (Kano,1998).

Lohong merupakan pembawa cas majoriti. Lohong dalam jalur valensi semikonduktor tersebut merupakan pembawa arus. Atom-atom bendasing yang menghasilkan lohong dikenali sebagai atom penerima. Atom penerima ini akan membentuk satu aras tenaga penerima,  $E_A$ , berdekatan dengan jalur valensi. Tenaga terma pada suhu bilik menyebabkan elektron dari jalur valensi berpindah ke aras tenaga penerima dan meninggalkan satu lohong pada jalur valensi. Bagi semikonduktor jenis-*p*, perpindahan lohong dari satu atom ke atom yang lain merupakan pengaliran arusnya. Rajah 2.6 menunjukkan jalur tenaga bagi semikonduktor jenis-*p* (Kano,1998).



**Rajah 2.6** Jalur tenaga bagi semikonduktor jenis-*p* (Kano,1998).

## RUJUKAN

- Burhanuddin Yeop Majlis, 1992. *Peranti dan Litar Analog*. Dewan Bahasa dan Pustaka, Kuala Lumpur.
- Kittel, C., 1996. *Introduction to Solid State Physics*, Edisi Ketujuh. John Wiley & Sons, United States of America.
- Jaegar, R.C., 2002. *Introduction to Microelectronics Fabrication*, Edisi Kedua Prentice Hall, New Jersey.
- Kano, Kanaan, 1998. *Semiconductor Devices*. Prentice Hall, London.
- Middleman, S., dan Hochberg, A.K., 1993. *Process Engineering Analysis in Semiconductor Device Fabrication*. McGraw-Hill, United State of Americe.
- Mohammad Khairil Bin Mengsing, 2004. *Proses Fabrikasi Pengujian Sifat Elektronik pMOS menggunakan perisian ATHENA dan ATLAS*. Universiti Malaysia Sabah, Kota Kinabalu.
- Mustaffa Abdullah, 1990. *Sifat dan Kegunaan Semikonduktor*. Dewan Bahasa dan Pustaka, Selangor Darul Ehsan.
- Othman, M., 1994. *Analisis dan Rekabentuk Sistem*. Dewan Bahasa dan Pustaka, Kuala Lumpur.
- Parker, Greg, 1994. *Introductory Semiconductor Device Physics*. Prentice Hall, New York
- Stanford Electronic Laboratories, 1985. *Supplementary Report*., Department of Electrical Engineering, Stanford University, Stanford Ca 94305.

Robert F. Pierret, 1996. *Semiconductor Device Fundamentals*. Addison-Wesley, United States of America.

Sze, S.M., 2001. *Semiconductor Device: Physic and Technology*. Edisi Kedua. John Wiley & Sons, United States of America.

Savant, C. J. Jr., Roden, M. S., dan Carpenter, G. L., 1991. *Electronic Semiconductor and Devices*. Addison-Wesley Publishing Company, United State of America.

Zahari Mohamed Darus, 1993. *Elektronik Keadaan Pepejal*. Longman, Petaling Jaya.



**UMS**  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH