

FABRIKASI DAN PENCIRIAN DIOD PIN (SiGe) DENGAN MENGGUNAKAN  
PERISIAN ATHENA DAN ATLAS

ANG WEI HOONG

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 Pencirian Diod Pin SiGe  
Dengan Menggunakan Perisian Athera & Atlas

Ijazah: Sarjana Muda Sains Dengan Kejurian

SESI PENGAJIAN: 06/07

Saya ANG WEI HOONG

(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

Disahkan oleh

[Signature]  
(TANDATANGAN PENULIS)

[Signature]  
(TANDATANGAN PUSTAKAWAN)

Alamat Tetap: 58, Lorong Perisiran Merbuk,  
Taman Sri Nibong, 14300  
Nibong Tebal, S. P. Selatan -  
Pulau Pinang

Prof. Madya Dr. Abdullah Chik  
 Nama Penyelia

Tarikh: 12/4/2007

Tarikh: 12 April 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 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



---

ANG WEI HOONG

HS2004-1923

841113-07-5591



## DIPERAKUKAN OLEH

## Tandatangan

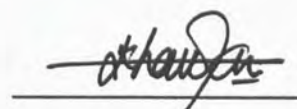
## 1. PENYELIA

(PROF.MADYA DR.ABDULLAH CHIK)



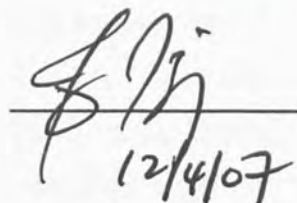
## 2. KO-PENYELIA BERSAMA

(EN.KHAIRUL ANUAR MOHAMAD)



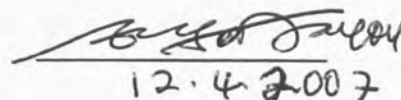
## 3. PEMERIKSA 1

(PROF.MADYA DR.FAUZIAH HJ.ABDUL AZIZ)

  
12/4/07

## 4. PEMERIKSA 2

(PROF.MADYA DR.JEDOL DAYOU)

  
12.4.2007

## 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, **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 bt.Haji Abdul Aziz, Dr.Jedol Dayou, Encik Alvie Lo, 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. Soon Zhan Pin** yang sanggup mengeluarkan masa untuk menyelesaikan masalah saya.

Sekian, terima kasih.



## ABSTRAK

Tujuan utama desertasi ini adalah untuk menfabrikasikan diod PIN SiGe serta menguji sifat elektrik dengan menggunakan perisian simulasi ATHENA dan ATLAS. Skop kajian adalah mengkaji ciri-ciri elektrik arus-voltan dan bagi diod pin SiGe. Teknik fabrikasi yang digunakan adalah teknik implantasi ion dan dilakukan secara simulasi dengan bantuan perisian ATHENA. Perisian ATLAS digunakan untuk mengenalpasti ciri-ciri arus voltan dan bagi diod pin dengan peningkatan kepekatan  $n$  ke  $n^+$  dan  $p^+$  masing-masing. Bahan dopan bagi  $n$  adalah Antimoni(Sb) manakala bagi  $p$  ialah Boron(B). Nilai kepekatan  $n$  ke  $n^+$  ialah  $1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$  ke  $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$  dan bagi  $p$  ke  $p^+$  ialah  $1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$  ke  $1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ . Dengan penambahan dopan kepada struktur tersebut akan menyebabkan arus semakin meningkat. Diod PIN Slikon Germanium yang mempunyai ciri arus-voltan dengan perubahan kepekatan jenis- $n$  dari  $1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$  hingga  $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ , adalah lebih tinggi daripada perubahan kepekatan jenis- $p$  dari  $1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$  hingga  $1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ . Ini bermaksud mobiliti elektron lebih tinggi daripada mobiliti lohong dalam galium arsenik iaitu  $3300 \text{ cm}^2/\text{v-s}$  dan  $1537.5 \text{ cm}^2/\text{v-s}$  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 thesis is to fabricate the Pin SiGe diode and test the electric characteristic using the ATHENA and ATLAS software. The scope of this research is to determine the current-voltage characteristics for the PIN SiGe diode. The fabrication technique used are ion implantation technique which is done with the help of ATHENA software. The ATLAS software is used to determine the characteristic of current and voltage for the pin diode while increasing the concentration  $n$  to  $n^+$  and  $p$  to  $p^+$  separately. The dopant material for  $n$  is Antimony(Sb) while for  $p$  is Boron(B). The value for  $n$  ke  $n^+$  are  $1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$  to  $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$  and for  $p$  ke  $p^+$  is  $1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$  ke  $1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ . With the increase of dopant into the structure the higher the value for the current. Silikon Germanium PIN diode which have a current-voltage  $n$ -type concentration shift from  $1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$  to  $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ , is ever higher than the  $p$ -type concentration shift from  $1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$  to  $1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ . This mean that the electron mobility is higher than the hole mobility in silikon germanium,  $3300 \text{ cm}^2/\text{v-s}$  dan  $1537.5 \text{ cm}^2/\text{v-s}$  respectively. Silikon Germanium 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
ABSRTRAK	v
ABSRRACT	vi
SENARAI KANDUNGAN	vii
SENARAI JADUAL	x
SENARAI RAJAH	xi
SENARAI SIMBOL	xv
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	
1.1 PENGENALAN	1
1.2 TUJUAN	3
1.3 OBJEKTIF	3
1.4 SKOP KAJIAN	4
<b>BAB 2 ULASAN PERPUSTAKAAN</b>	
2.1 ASAS-ASAS SEMIKONDUKTOR	5
2.2 BAHAN-BAHAN SEMIKONDUKTOR	7
2.3 SEMIKONDUKTOR INTRINSIK DAN EKSTRINSIK	9
2.3.1 Semikonduktor Intrinsik	9
2.3.2 Semikonduktor Ekstrinsik	10
2.3.2.1 Semikonduktor jenis-n	11
2.3.2.2 Semikonduktor jenis-p	12
2.4 SIMPANGAN P-N	14
2.4.1 Pincang ke Depan	18
2.4.2 Pincang balikan	19
2.5 DIOD	20
2.5.1 Diod PIN	21
2.6 PROSES FABRIKASI	22





2.6.1 Proses Pengoksidaan	22
2.6.2 Teknik Litografi	24
2.6.3 Penedapan Ion melalui teknik resapan	26
2.6.4 Implantasi ion	28
2.6.5 Teknik Perlogaman	30
<b>BAB 3 KAEDAH KAJIAN</b>	
3.1 PENGENALAN	31
3.2 FASA PROSES FABRIKASI DIOD PIN	32
3.2.1 Langkah Permulaan	32
3.2.2 Simulasi ATHENA Pada <i>Deckbuild</i>	33
3.2.3 Pembinaan Sintak	35
3.3 FABRIKASI DIOD PIN MENGGUNAKAN SINTAK	36
3.4 LANGKAH PENGUJIAN DIOD PIN	37
3.5 SIMULASI ATLAS	39
3.5.1 Simulator pelengkapan	39
3.6 VISUAL TONYPLOT	40
<b>BAB 4 KEPUTUSAN</b>	
4.1 LANGKAH-LANGKAH PROSES FABRIKASI DIOD PIN SiGe	42
4.1.1 Penakrifan Paksi-x dan Paksi-y	43
4.1.2 Pembentukan Substrat Jenis-n	44
4.1.3 Pembentukan Lapisan Intrinsik	46
4.1.4 Pembentukan lapisan oksida dan bahan kalis foto( <i>photoresist</i> )	47
4.1.5 Punaran lapisan oksida dan lapisan bahan kalis foto( <i>photoresist</i> )	49
4.1.6 Pembentukan implantasi substrat jenis-p punaran semua bahan kalis foto	50
4.1.7 Pembentukan Lapisan Aluminium	52
4.1.8 Peletakan elektrod dan struktur akhir diod pin SiGe	54
4.2 LANGKAH-LANGKAH PENCIRIAN SIFAT ELEKTRIK DIOD PIN SiGe	57
4.3 ANALISA MELALUI KAEDAH GRAF	59
4.3.1 Graf Arus, I melawan Voltan, V bagi pincang ke depan	60
4.3.2 Graf Arus, I melawan Voltan, V bagi pincang ke belakang	69



**BAB 5 PERBINCANGAN**

5.1	SIMULASI ATHENA	79
5.1.1	Nod-nod Grid	80
5.1.2	Kepekatan dos dopan	81
5.2	SIMULASI ATHENA DAN ATLAS	84
5.3	ANALISIS KEPUTUSAN	85
5.3.1	Ciri-ciri elektrik bagi diod pin SiGe dengan kepekatan $p(1 \times 10^{15})$ bertambahke $p^+(1 \times 10^{20})$ untuk diod pincang ke depan	85
5.3.2	Ciri-ciri elektrik bagi diod pin SiGe dengan kepekatan $n(1 \times 10^{15})$ bertambah ke $n^+(1 \times 10^{19})$ untuk diod pincang ke depan	87
5.3.3	Ciri-ciri elektrik bagi diod pin SiGe dengan kepekatan $p(1 \times 10^{15})$ bertambah ke $p^+(1 \times 10^{20})$ untuk diod pincang balikan	88
5.3.4	Ciri-ciri elektrik bagi diod pin SiGe dengan kepekatan $n(1 \times 10^{15})$ bertambah ke $n^+(1 \times 10^{19})$ untuk diod pincang balikan	89
5.4	ANALISIS PERBEZAAN ARUS TERHADAP KEPEKATAN DOS DOPAN	91
5.5	PERBANDINGAN ANTARA PINCANG KE DEPAN DAN PINCANG BALIKAN BAGI KEPEKATAN DOPAN JENIS-P DAN JENIS-N YANG SAMA.	94

**BAB 6 KESIMPULAN DAN CADANGAN**

6.1	KESIMPULAN	98
6.2	CADANGAN	99
	RUJUKAN	100
	LAMPIRAN	101



## SENARAI JADUAL

<b>No Jadual</b>	<b>Muka Surat</b>
2.1 Langkah perbentukan lapisan oksida pada wafer dengan teknik litografi.	25
2.2 Kebaikan dan keburukan bagi ion implantasi berbanding teknik resapan	29
4.1 Gabungan keseluruhan bagi kepekatan p bertambah dalam diod pincang ke depan.	64
4.2 Gabungan keseluruhan bagi kepekatan n bertambah dalam diod pincang ke depan	68
4.3 Gabungan keseluruhan bagi kepekatan p bertambah dalam diod pincang balikan	73
4.4 Gabungan keseluruhan bagi kepekatan n bertambah dalam diod pincang balikan	78
5.1 Perbezaan arus bagi kepekatan bertambah dalam diod pincang ke depan	92
5.2 Perbezaan arus bagi kepekatan bertambah dalam diod pincang ke balikan	93





## SENARAI RAJAH

No Rajah	Muka Surat
2.1 Kedudukan jalur tenaga antara logam, semikonduktor dan penebat.	7
2.2 Semikonduktor jenis n dengan penderma (Antimoni)	12
2.3 Semikonduktor jenis p dengan penerima (Boron)	14
2.4 Simpangan p-n	14
2.5 Simpangan tergedred	15
2.6 Simpangan mendadak	15
2.7 Aras Fermi menjadi sepunya bagi simpangan p-n	16
2.8 Simpangan p-n pada suhu bilik yang menunjukkan kawasan berdekatan dengan simpangan dimana tiada pembawa bebas	17
2.9 Kedudukan aras-aras tenaga bagi simpangan p-n bila dikenakan voltan pincang ke depan.	18
2.10 Kedudukan aras tenaga bagi simpangan p-n bila dikenakan voltan pincangan songsang.	19
2.11 Struktur binaan asas diod	20
2.12 Pertumbuhan lapisan SiO <sub>2</sub> dengan teknik pengoksidaan	23
2.13 Proses-proses litografi foto	24
2.14 Pendedapan ion pada kawasan terpilih terhadap substrat	26
2.15 Proses implantasi ion untuk menghasilkan telaga n	28
3.1 Tetingkap terminal	33
3.2 Tetingkap <i>deckbuild</i>	34
3.3 Bahagian-bahagian input dan output bagi perisian ATHENA	35
3.4 Binaan sintak mengikut turutan yang dikehendaki	36
3.5 Bahagian-bahagian penting perisian ATHENA	36
3.6 Carta alir profil pendedapan	38
3.7 Carta alir input dan output bagi ATLAS	40
3.8 Bentuk Fail log dalam Tonyplot	41
4.1 Pembentukan struktur jaringan bagi diod pin SiGe	44
4.2 Struktur bagi SiGe pada substrat awal dengan substrat jenis-n	45
4.3 Struktur unsur SiGe dengan lapisan intrinsik	47





4.4 Pembentukan lapisan oksida dan lapisan bahan kalis foto	48
4.5 Punaran lapisan bahan kalis foto dan lapisan oksida	49
4.6 Struktur implantasi dopan jenis-p	50
4.7 Struktur selepas lapisan bahan kalis foto dikeluarkan	51
4.8 Pembentukan lapisan aluminium dan struktur selepas simulasi ( <i>Mirror</i> )	53
4.9 Peletakan elektrod anode dan cathode serta struktur akhir bagi diod Pin SiGe	55
4.10 Carta alir jenis-jenis proses yang terlibat dalam proses fabrikasi diod PIN SiGe	56
4.11 Nama fail <i>Pin_SiGe.str</i> akan dipanggil semula dalam ATLAS dan dipaparkan pada <i>tonyplot</i> .	58
4.12 Graf arus melawan voltan untuk kepekatan $p = 1 \times 10^{15}$ dan $n = 1 \times 10^{15}$	61
4.13 Graf arus melawan voltan untuk kepekatan $p = 1 \times 10^{16}$ dan $n = 1 \times 10^{15}$	61
4.14 Graf arus melawan voltan untuk kepekatan $p = 1 \times 10^{17}$ dan $n = 1 \times 10^{15}$	62
4.15 Graf arus melawan voltan untuk kepekatan $p = 1 \times 10^{18}$ dan $n = 1 \times 10^{15}$	62
4.16 Graf arus melawan voltan untuk kepekatan $p = 1 \times 10^{19}$ dan $n = 1 \times 10^{15}$	63
4.17 Graf arus melawan voltan untuk kepekatan $p = 1 \times 10^{20}$ dan $n = 1 \times 10^{15}$	63
4.18 Graf keseluruhan pincang ke depan bagi perubahan kepekatan dopan p	64
4.19 Graf arus melawan voltan untuk kepekatan $p = 1 \times 10^{15}$ dan $n = 1 \times 10^{15}$	66
4.20 Graf arus melawan voltan untuk kepekatan $p = 1 \times 10^{15}$ dan $n = 1 \times 10^{16}$	66
4.21 Graf arus melawan voltan untuk kepekatan $p = 1 \times 10^{15}$ dan $n = 1 \times 10^{17}$	67
4.22 Graf arus melawan voltan untuk kepekatan $p = 1 \times 10^{15}$ dan $n = 1 \times 10^{18}$	67
4.23 Graf arus melawan voltan untuk kepekatan $p = 1 \times 10^{15}$ dan $n = 1 \times 10^{19}$	68
4.24 Graf keseluruhan pincang ke depan bagi perubahan kepekatan substrat n	68
4.25 Graf arus melawan voltan untuk kepekatan $p = 1 \times 10^{15}$ dan $n = 1 \times 10^{15}$	69
4.26 Graf arus melawan voltan untuk kepekatan $p = 1 \times 10^{16}$ dan $n = 1 \times 10^{15}$	70
4.27 Graf arus melawan voltan untuk kepekatan $p = 1 \times 10^{17}$ dan $n = 1 \times 10^{15}$	70
4.28 Graf arus melawan voltan untuk kepekatan $p = 1 \times 10^{18}$ dan $n = 1 \times 10^{15}$	71
4.29 Graf arus melawan voltan untuk kepekatan $p = 1 \times 10^{20}$ dan $n = 1 \times 10^{15}$	71
4.30 Graf keseluruhan pincang ke belakang bagi perubahan kepekatan dopan p	72
4.31 Graf arus melawan voltan untuk kepekatan $p = 1 \times 10^{20}$ dan $n = 1 \times 10^{15}$	75
4.32 Graf arus melawan voltan untuk kepekatan $p = 1 \times 10^{15}$ dan $n = 1 \times 10^{15}$	75
4.33 Graf arus melawan voltan untuk kepekatan $p = 1 \times 10^{15}$ dan $n = 1 \times 10^{16}$	76
4.34 Graf arus melawan voltan untuk kepekatan $p = 1 \times 10^{15}$ dan $n = 1 \times 10^{17}$	76



4.35 Graf arus melawan voltan untuk kepekatan $p = 1 \times 10^{15}$ dan $n = 1 \times 10^{18}$	77
4.36 Graf arus melawan voltan untuk kepekatan $p = 1 \times 10^{15}$ dan $n = 1 \times 10^{19}$	77
4.37 Graf keseluruhan pincang ke belakang bagi perubahan kepekatan substrat $n$	78
5.1 Penakrifan nod-nod grid pada substrat	81
5.2 Profil kontor ketumpatan dopan bagi implantasi ion	83
5.3 Graf keseluruhan pincang ke depan bagi perubahan kepekatan dopan $p$	84
5.4 Graf keseluruhan pincang ke depan bagi perubahan kepekatan substrat $n$	88
5.5 Graf keseluruhan pincang balikan bagi perubahan kepekatan dopan $p$	89
5.6 Graf keseluruhan pincang balikan bagi perubahan kepekatan substrat $n$ .	90
5.7 Graf perbezaan arus melawan kepekatan bagi diod pincang ke depan	93
5.8 Graf keseluruhan pincang ke belakang bagi perubahan kepekatan substrat $n$	94
5.9 Graf perbandingan arus bagi pincang ke depan dan balikan pada kepekatan $p = 1 \times 10^{16}$	96
5.10 Graf perbandingan arus bagi pincang ke depan dan balikan pada kepekatan $p = 1 \times 10^{20}$	96
5.11 Graf perbandingan arus bagi pincang ke depan dan balikan pada kepekatan $n = 1 \times 10^{16}$	97
5.12 Graf perbandingan arus bagi pincang ke depan dan balikan pada kepekatan $n = 1 \times 10^{18}$	97



## 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 pin merupakan pembaikan kepada diod simpangan p-n untuk aplikasi yang tertentu. Setelah penemuan simpang p-n pada akhir tahun 1940, diod pin digunakan sebagai suatu alat terus yang bertenaga tinggi dengan frekuensi yang rendah pada tahun 1952 oleh Hall dan pada tahun 1956 oleh Prince. Kewujudan suatu lapisan intrinsik membolehkan aplikasi voltan tinggi lebih banyak huraian. Lapisan intrinsik ini juga membekalkan sifat menarik apabila suatu peralatan berfungsi pada keadaan frekuensi tinggi dalam suatu mikro gelombang dan jarak gelombang radio. Sehingga pada tahun 1958 pin diod mula digunakan dalam aplikasi mikro gelombang oleh Uhler .

Diod pin mengandungi suatu bahagian semikonduktor intrinsik, i yang terletak diantara bahagian n dan p. Kedua-dua bahagian n dan p didapati melalui proses pengedopkan dengan bendasing yang tinggi. Diod ini mengandungi lapisan i,p dan n maka ia dikenali sebagai diod pin. Bahagian i mempunyai kerintangan yang tinggi kerana ketumpatan cas adalah rendah. Rintangan pin yang dipincang balik adalah sangat tinggi, walaubagaimanapun di bawah pincang ke depan sebilangan besar





elektron diimplant masuk ke bahagian i dan ini memodulat keberaliran kawasan tersebut. Akibatnya rintangan menjadi sangat rendah dan boleh dikawal oleh arus ke depan. Disebabkan sifat ini, ia digunakan sebagai suis atau pengecil boleh ubah pada frekuensi mikro.

Teknologi IC digit telah berkembang dengan pesat, iaitu daripada pengamiran skala-kecil (SSI), dengan bilangan get yang kurang daripada 12 setiap satu cip silikon, ke pengamiran skala-sederhana (MSI), dengan 12 ke 99 get per satu cip, hingga kepada pengamiran skala-besar dan seterusnya pengamiran skala-lebih besar (LSI dan VLSI) yang boleh mempunyai berpuluh ribu get dalam satu cip. IC yang dipadatkan dengan litar di dalam satu bungkusan kecil agar keseluruhan saiz untuk hampir semua sistem digit berkurangan. Kosnya juga berkurangan disebabkan oleh pengeluaran-massa peranti yang serupa dengan jumlah yang besar.



## 1.2 TUJUAN

Kajian ini bertujuan untuk mengenal pasti proses-proses yang terlibat dalam proses fabrikasi pin diod dengan menggunakan bantuan perisian ATHENA serta menentusahkan sifat-sifat elektrik arus-voltan dengan kepekatan n dan p yang berlainan melalui perisian ATLAS.

## 1.3 OBJEKTIF

- a) Mengetahui spesifikasi pin diod
- b) Kajian ini adalah untuk memfabrikasi diod pin dengan bantuan simulasi perisian ATHENA.
- c) Mengetahui ciri-ciri elektrik arus-voltan dan bagi diod pin menggunakan perisian simulasi ATLAS.
- d) Dan akhirnya ialah untuk mengenalpasti keadaan pada pin diod pada ketika kepekatan bagi p ditambah melalui teknik implantasi ion kepada  $p^+$  dan juga bagi n melalui teknik yang sama untuk kepekatan n bertambah sehingga  $n^+$ .

#### 1.4 SKOP KAJIAN

Teknik fabrikasi yang digunakan adalah teknik implantasi ion dan dilakukan secara simulasi dengan bantuan perisian ATHENA. Perisian ATLAS digunakan untuk mengenalpasti ciri-ciri arus voltan bagi diod pin dengan peningkatan kepekatan n ke  $n^+$  dan  $p^+$  masing-masing. Bahan dopan bagi n adalah Antimoni(Sb) manakala bagi p ialah Boron(B). Nilai kepekatan n ke  $n^+$  ialah  $1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$  ke  $1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$  dan bagi p ke  $p^+$  ialah  $1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$  ke  $1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ .



## BAB 2

### ULASAN PERPUSTAKAAN

#### 2.1 ASAS-ASAS SEMIKONDUKTOR

Semikonduktor adalah suatu bahan pepejal dimana kekonduksian elektriknyanya boleh dikawal oleh ruang jarak, samada secara tetap ataupun secara dinamik. Semikonduktor adalah suatu bahan yang amat penting kepada kehidupan seharian kita mahupun dalam bidang teknologi ataupun dalam bidang ekonomi. Semikonduktor merupakan bahan yang perlu dalam semua peralatan elektrik, iaitu dari komputer sehingga kepada telefon bimbit.

Terdapat tiga jenis bahan pepejal yang biasa ditemui, iaitu konduktor, penebat, dan semikonduktor dan sifat elektrik bahan-bahan ini dapat dibincangkan berdasarkan kepada jurang tenaga dalam jalur valensi dan jalur kekonduksinya. Salah satu ciri yang digunakan untuk membezakan jenis bahan pepejal adalah kekonduksian atau dikenali sebagai kerintangan elektrik. Semikonduktor mempunyai kerintangan elektrik  $10^{-4}$  hingga  $10^6 \Omega \text{ m}$  pada suhu bilik. Nilai bagi semikonduktor adalah diperantaraan kerintangan bagi logam iaitu lebih kurang  $10^{-8}$  hingga  $10^{-4} \Omega \text{ m}$  dan penebat iaitu  $10^6$  hingga  $10^{18} \Omega \text{ m}$  (Sze.S.M, 2002).





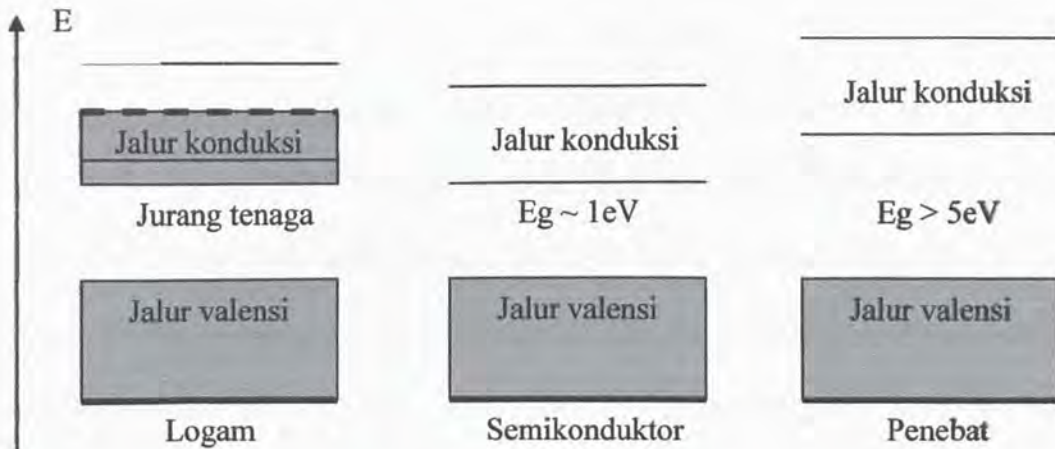
Pada suhu sifar mutlak, semikonduktor berkelakuan seperti penebat dimana petala paling luarnya dipenuhi oleh elektron. Apabila terdapat peningkatan suhu dalam bahan semikonduktor, bahan semikonduktor tersebut boleh mengkonduksikan arus elektrik disebabkan oleh sebilangan elektron yang teruja merentasi jurang tenaga ke jalur konduksi. Elektron-elektron dalam jalur konduksi boleh bergerak ataupun dikenali sebagai pembawa arus elektrik apabila dikenakan medan elektrik (Zahari, 1993)

Atom dalam hablur semikonduktor dipadu oleh ikatan kovalen, dimana dalam struktur pepejal, ikatan kovalen tidak menghasilkan elektron bebas. Apabila suhu semakin meningkat, bilangan elektron-elektron konduksi akan dihasilkan dan meningkat secara eksponen (Zahari, 1993). Oleh itu, disebabkan elektron konduksi telah mengatasi ikatan kovalen apabila tenaga tinggi dibekalkan maka elektron-elektron yang terbebas dari jalur konduksi yang penuh akan teruja merentasi jurang tenaga ke jalur valensi yang kosong (Mustaffa, 1990). Semasa elektron teruja dari jalur konduksi ke jalur valensi, suatu keadaan lohong wujud dalam jalur konduksi. Pengujaan elektron pada atom akan menyebabkan atom mempunyai sifat cas positif dan cas positif yang tinggal dalam atom akan menarik elektron di kejiranan. Sekiranya medan elektrik dikenakan, maka cas positif akan bergerak pada arah medan elektrik, juga dikenali sebagai lohong (pembawa arus) (Mustaffa, 1990).

Kesenangan proses pengujaan elektron bergantung kepada saiz jurang tenaga,  $E_g$  diantara jalur valensi dan jalur konduksi. Semakin besar saiz jurang tenaga, semakin tinggi tenaga yang diperlukan untuk elektron teruja merentasi jurang tenaga. Perbezaan di antara penebat, logam dan semikonduktor hanyalah berhubung dengan



saiz jurang diantara jalur valensi dan jalur konduksi. Perbandingan jurang tenaga bagi bahan logam, penebat dan semikonduktor diberikan seperti gambarajah 2.1 dibawah (Mustaffa, 1990).



**Rajah 2.1** Kedudukan jalur tenaga antara logam, semikonduktor dan penebat (Mustaffa, 1990).

## 2.2 BAHAN-BAHAN SEMIKONDUKTOR

Semikonduktor oleh dibahagikan kepada dua kumpulan yang utama iaitu semikonduktor intrinsik dan semikonduktor ekstrinsik. Bagi semikonduktor jenis intrinsik, sifat-sifat elektriknya ditentukan oleh sesuatu bahan semikonduktor yang tulen manakala bagi semikonduktor ekstrinsik pula, kekonduksiannya telah dipengaruhi oleh atom-atom bendasing. Semikonduktor jenis intrinsik adalah suatu semikonduktor yang sukar didapati, oleh itu kefahaman tentang ciri-cirinya adalah penting disebabkan semua bahan semikonduktor mempunyai keupayaan untuk menjadi intrinsik pada keadaan suhu yang cukup tinggi. Walaubagaimanapun sumber latar belakang bagi perumah tidak boleh diketepikan bagi semikonduktor ekstrinsik mahupun ia berlaku pada ketika suhu rendah (Zahari, 1993).



Unsur-unsur semikonduktor kebanyakannya terdiri dari kumpulan IV dalam jadual berkala iaitu karbon C, silikon Si, germanium Ge, dan timah. Bagi karbon ataupun berlian adalah bersifat penebat pada suhu dibawah 1000 K dan menunjukkan sifat intrinsik pada suhu yang lebih tinggi daripada 1000 K. Bagi unsur silikon dan germanium merupakan dua unsur yang paling kerap digunakan dalam industri semikonduktor pada masa kini. Unsur silikon menunjukkan sifat intrinsiknya pada suhu lebih kurang 200°C, manakala bagi unsur germanium pula berlaku pada suhu yang lebih rendah iaitu lebih kurang 100°C. Kedua-dua unsur ini merupakan penebat dibawah suhu yang dinyatakan masing-masing. Apa yang berbeza bagi silikon dan germanium adalah disebabkan oleh nilai jurang tenaga yang berlainan. Karbon mempunyai jurang tenaga yang terbesar manakala germanium mempunyai jurang tenaga yang terkecil dan silikon pula terletak diantara dua unsur karbon dan germanium tetapi ia adalah lebih hampir kepada germanium berbanding karbon (Sze.S.M, 2002).

Bahan-bahan semikonduktor lain adalah terdiri daripada sebatian-sebatian kovalen yang terhasil daripada unsur kumpulan III-V, II- IV, II- V, IV- IV dan IV- VI dalam jadual berkala (Sze.S.M, 2002). Disebabkan terdapat perbezaan dalam keelektronegatifan bagi unsur-unsur yang terlibat maka daya tarikan Coulomb hanya menyumbangkan sedikit daya ikatan kepada sebatian tersebut. Oleh itu ikatan yang terhasil adalah bukan kovalen secara tulen dan mengandungi sifat ikatan ion. Hablur ion juga menunjukkan kesemikonduksian apabila hablur adalah hablur tidak tulen. Antara contohnya ialah terdiri daripada halida dan oksida seperti  $\text{Cu}_2\text{O}$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{NiO}$ ,  $\text{MnO}$ , dan  $\text{CoO}$  (Zahari, 1993).





## 2.3 SEMIKONDUKTOR INTRINSIK DAN EKSTRINSIK

Terdapat dua kumpulan semikonduktor iaitu *semikonduktor instrinsik* dan *semikonduktor ekstrinsik*. Semikonduktor instrinsik merupakan semikonduktor tulen kerana tiada unsur bendasing dimasukkan ke dalam unsur ini, manakala semikonduktor ekstrinsik pula merupakan semikonduktor yang telah didopkan dengan atom-atom bendasing, dan terbahagi pula kepada semikonduktor jenis-*n* atau jenis-*p*. (Encyclopedia Britannica CD, 2003)

### 2.3.1 Semikonduktor Intrinsik

Silikon dan germanium merupakan contoh semikonduktor instrinsik, kedua-dua contoh semikonduktor intrinsik tersebut mempunyai sela tenaga 1.1 eV dan 0.72 eV. Sela tenaga ini cukup kecil, sehinggakan pada suhu bilik elektron sudah mempunyai cukup tenaga untuk melompat ke jalur valensi, terdapat kekosongan pada jalur konduksi. Kekosongan ini lebih dikenali sebagai lubang atau lohong, yang bercas positif (Burhanuddin, 1992). Oleh itu, pengujaan satu elektron mewujudkan satu lohong, maka dalam semikonduktor intrinsik bilangan elektron dalam jalur konduksi,  $n$ , adalah sama dengan bilangan lohong dalam jalur valensi,  $p$  (Mustaffa, 1990).

Ketumpatan elektron,  $n$ , dan ketumpatan lubang,  $p$ , sentiasa tetap, iaitu,

$$n = p = n_i$$

Dengan  $n_i$  ketumpatan intrinsik yang bergantung pada suhu. Bilangan elektron pada jalur konduksi diimbangi dengan bilangan lubang pada jalur valensi. Jadi, bahan semikonduktor sentiasa mengandungi pasangan elektron-lubang pada suhu di atas aras



## RUJUKAN

- Burhanuddin Yeop Majlis, 1992. *Peranti dan Litar Analog*. Dewan Bahasa dan Pustaka, Kuala Lumpur.
- Burhanuddin Yeop Majlis, 2000. *Teknologi Fabrikasi Litar Bersepadu*. Universiti Kebangsaan Malaysia, Bangi.
- IC Microsystem, 2003. *TCAD ATHENA and ATLAS Training Manual*. Silvaco International, Silvaco International Inc.
- Jaegar R.C, 2002. *Introduction to Microelectronics Fabrication*. Edisi Kedua. Printice Hall, New Jersey.
- Mustaffa Abdullah, 1990. *Sifat dan Kegunaan Semikonduktor*. Dewan Bahasa dan Pustaka, Selangor Darul Ehsan.
- Sze.S.M, 2002. *Semiconductor Device: Physic and Technology*. Edisi Kedua. John Willey & Sons, Taiwan.
- Robert F. Pierret, 1996. *Semiconductor Device Fundamentals*. Addison-Wesley, United States of America.
- Othman, M., 1994. *Analisis dan Rekabentuk Sistem*. Dewan Bahasa dan Pustaka, Kuala Lumpur.
- Zahari Mohamed Darus, 1993. *Elektronik Keadaan Pepejal*. Longman, Petaling Jaya.
- Encyclopedia Britannica 2004 Deluxe Edition CD*, 2003. Encyclopedia Britannica Company, United States of America.

