

Semikonduktor

Prinsip Dasar

Semikonduktor merupakan elemen dasar dari komponen elektronika seperti dioda, transistor dan sebuah IC (*integrated circuit*).

Disebut semi atau setengah konduktor, karena bahan ini memang bukan konduktor murni.

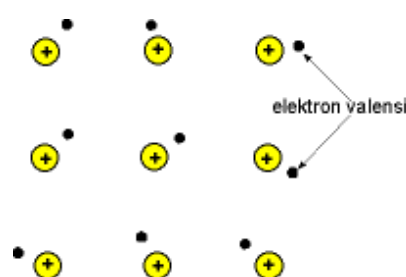
Bahan- bahan logam seperti tembaga, besi, timah disebut sebagai konduktor yang baik sebab logam memiliki susunan atom yang sedemikian rupa, sehingga

elektronnya dapat bergerak bebas.

Sebenarnya atom tembaga dengan lambang kimia Cu memiliki inti 29 ion (+) dikelilingi oleh 29 elektron (-). Sebanyak 28 elektron menempati orbit-orbit bagian dalam membentuk inti yang disebut nucleus.

Dibutuhkan energi yang sangat besar untuk dapat melepaskan ikatan elektron-elektron ini. Satu buah elektron lagi yaitu elektron yang ke-29, berada pada orbit paling luar.

Orbit terluar ini disebut pita valensi dan elektron yang berada pada pita ini dinamakan elektron valensi. Karena hanya ada satu elektron dan jaraknya 'jauh' dari nucleus, ikatannya tidaklah terlalu kuat. Hanya dengan energi yang sedikit saja elektron terluar ini mudah terlepas dari ikatannya.



ikatan atom tembaga

Pada suhu kamar, elektron tersebut dapat bebas bergerak atau berpindah-pindah dari satu nucleus ke nucleus lainnya. Jika diberi tegangan potensial listrik, elektron-elektron tersebut dengan mudah berpindah ke arah potensial yang sama. Phenomena ini yang dinamakan sebagai arus listrik.

Isolator adalah atom yang memiliki elektron valensi sebanyak 8 buah, dan dibutuhkan energi yang besar untuk dapat melepaskan elektron-

elektron ini.

Dapat ditebak,
semikonduktor adalah unsur
yang susunan atomnya
memiliki elektron valensi
lebih dari 1 dan kurang dari
8. Tentu saja yang paling
"semikonduktor" adalah
unsur yang atomnya
memiliki 4 elektron valensi.

Susunan Atom Semikonduktor

Bahan semikonduktor yang
banyak dikenal contohnya
adalah Silicon (Si),
Germanium (Ge) dan Galium

Arsenida (GaAs).

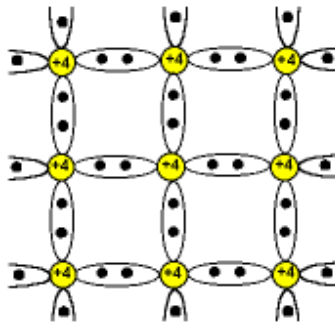
Germanium dahulu adalah bahan satu-satunya yang dikenal untuk membuat komponen semikonduktor. Namun belakangan, silikon menjadi populer setelah ditemukan cara mengekstrak bahan ini dari alam. Silikon merupakan bahan terbanyak ke dua yang ada di bumi setelah oksigen (O₂).

Pasir, kaca dan batu-batuan lain adalah bahan alam yang banyak mengandung unsur silikon.

Dapatkah anda menghitung jumlah pasir dipantai.

Struktur atom kristal silikon, satu inti atom (*nucleus*) masing-masing memiliki 4 elektron valensi.

Ikatan inti atom yang stabil adalah jika dikelilingi oleh 8 elektron, sehingga 4 buah elektron atom kristal tersebut membentuk ikatan kovalen dengan ion-ion atom tetangganya. Pada suhu yang sangat rendah (0°K), struktur atom silikon divisualisasikan seperti pada gambar berikut.



struktur dua dimensi kristal Silikon

Ikatan kovalen menyebabkan elektron tidak dapat berpindah dari satu inti atom ke inti atom yang lain. Pada kondisi demikian, bahan semikonduktor bersifat isolator karena tidak ada elektron yang dapat berpindah untuk menghantarkan listrik.

Pada suhu kamar, ada beberapa ikatan kovalen

yang lepas karena energi panas, sehingga memungkinkan elektron terlepas dari ikatannya. Namun hanya beberapa jumlah kecil yang dapat terlepas, sehingga tidak memungkinkan untuk menjadi konduktor yang baik.

Ahli-ahli fisika terutama yang menguasai fisika quantum pada masa itu mencoba memberikan doping pada bahan semikonduktor ini.

Pemberian doping dimaksudkan untuk

mendapatkan elektron valensi bebas dalam jumlah lebih banyak dan permanen, yang diharapkan akan dapat menghantarkan listrik.

Kenyataannya demikian, mereka memang iseng sekali dan jenius.

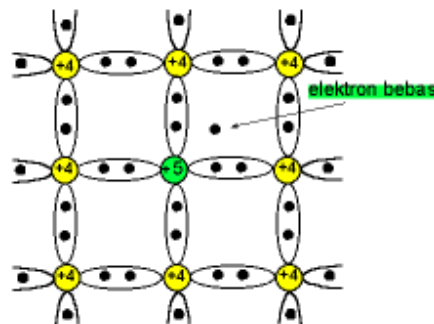
Tipe-N

Misalnya pada bahan silikon diberi doping *phosphorus* atau *arsenic* yang pentavalen yaitu bahan kristal dengan inti atom memiliki 5 elektron valensi.

Dengan doping, Silikon yang tidak lagi murni ini (*impurity*

semiconductor) akan memiliki kelebihan elektron.

Kelebihan elektron membentuk semikonduktor tipe-n. Semikonduktor tipe-n disebut juga donor yang siap melepaskan elektron.



doping atom pentavalen

Tipe-P

Kalau silikon diberi doping *Boron*, *Gallium* atau *Indium*, maka akan didapat

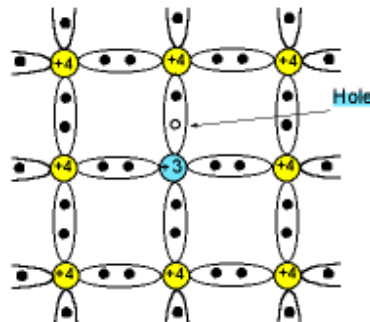
semikonduktor tipe-p.

Untuk mendapatkan silikon tipe-p, bahan dopingnya adalah bahan trivalen yaitu unsur dengan ion yang memiliki 3 elektron pada pita valensi.

Karena ion silikon memiliki 4 elektron, dengan demikian ada ikatan kovalen yang bolong (*hole*). Hole ini digambarkan sebagai akseptor yang siap menerima elektron.

Dengan demikian, kekurangan elektron menyebabkan

semikonduktor ini menjadi tipe-p.



doping atom trivalen

Resistansi

Semikonduktor tipe-p atau tipe-n jika berdiri sendiri tidak lain adalah sebuah resistor. Sama seperti resistor karbon, semikonduktor memiliki resistansi.

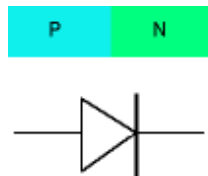
Cara ini dipakai untuk membuat resistor di dalam sebuah komponen semikonduktor.

Namun besar resistansi yang bisa didapat kecil karena terbatas pada volume semikonduktor itu sendiri.

Dioda PN

Jika dua tipe bahan semikonduktor ini dilekatkan--pakai lem barangkali ya :), maka akan didapat sambungan P-N (*p-n junction*) yang dikenal sebagai dioda.

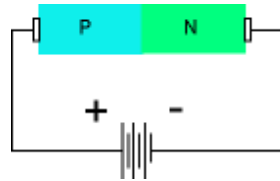
Pada pembuatannya memang material tipe P dan tipe N bukan disambung secara harfiah, melainkan dari satu bahan (*monolithic*) dengan memberi doping (*impurity material*) yang berbeda.



sambungan p-n

Jika diberi tegangan maju (*forward bias*), dimana tegangan sisi P lebih besar dari sisi N, elektron dengan mudah dapat mengalir dari

sisi N mengisi kekosongan elektron (*hole*) di sisi P.



forward bias

Sebaliknya jika diberi tegangan balik (*reverse bias*), dapat dipahami tidak ada elektron yang dapat mengalir dari sisi N mengisi hole di sisi P, karena tegangan potensial di sisi N lebih tinggi.

Dioda akan hanya dapat mengalirkan arus satu arah saja, sehingga dipakai untuk aplikasi rangkaian penyearah

(rectifier).

Dioda, Zener, LED, Varactor dan Varistor adalah beberapa komponen semikonduktor sambungan PN yang dibahas pada kolom khusus.

Transistor Bipolar

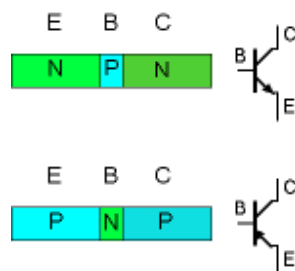
Transistor merupakan dioda dengan dua sambungan (*junction*).

Sambungan itu membentuk transistor PNP maupun NPN. Ujung-ujung terminalnya berturut-turut disebut emitor, base dan kolektor. Base selalu berada di

tengah, di antara emitor dan kolektor.

Transistor ini disebut transistor bipolar, karena struktur dan prinsip kerjanya tergantung dari perpindahan elektron di kutup negatif mengisi kekurangan elektron (hole) di kutup positif. $b_i = 2$ dan polar = kutup.

Adalah William Shockley pada tahun 1951 yang pertama kali menemukan transistor bipolar.



Transistor npn dan pnp

Akan dijelaskan kemudian, transistor adalah komponen yang bekerja sebagai sakelar (*switch on/off*) dan juga sebagai penguat (*amplifier*).

Transistor bipolar adalah inovasi yang menggantikan transistor tabung (*vacuum tube*).

Selain dimensi transistor bipolar yang relatif lebih kecil, disipasi dayanya juga lebih kecil sehingga dapat bekerja pada suhu yang lebih dingin.

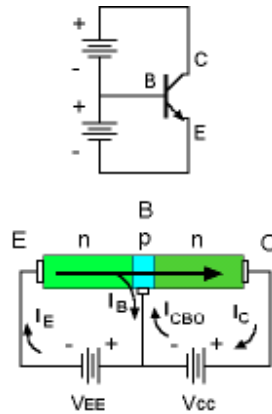
Dalam beberapa aplikasi, transistor tabung masih digunakan terutama pada aplikasi audio, untuk mendapatkan kualitas suara yang baik, namun konsumsi dayanya sangat besar. Sebab untuk dapat melepaskan elektron, teknik yang digunakan adalah pemanasan filamen seperti pada lampu pijar.

Bias DC

Transistor bipolar memiliki 2 junction yang dapat disamakan dengan

penggabungan 2 buah dioda. Emiter-Base adalah satu junction dan Base-Kolektor junction lainnya. Seperti pada dioda, arus hanya akan mengalir hanya jika diberi bias positif, yaitu hanya jika tegangan pada material P lebih positif daripada material N (*forward bias*).

Pada gambar ilustrasi transistor NPN berikut ini, junction base-emiter diberi bias positif sedangkan base-colector mendapat bias negatif (*reverse bias*).



arus elektron transistor npn

Karena base-emiter mendapat bias positif maka seperti pada dioda, elektron mengalir dari emiter menuju base.

Kolektor pada rangkaian ini lebih positif sebab mendapat tegangan positif. Karena kolektor ini lebih positif, aliran elektron bergerak menuju kutup ini.

Misalnya tidak ada kolektor, aliran elektron seluruhnya akan menuju base seperti pada dioda. Tetapi karena lebar base yang sangat tipis, hanya sebagian elektron yang dapat bergabung dengan hole yang ada pada base.

Sebagian besar akan menembus lapisan base menuju kolektor.

Inilah alasannya mengapa jika dua dioda digabungkan tidak dapat menjadi sebuah transistor, karena persyaratannya adalah lebar base harus sangat tipis

sehingga dapat diterjang oleh elektron.

Jika misalnya tegangan base-emitor dibalik (*reverse bias*), maka tidak akan terjadi aliran elektron dari emitor menuju kolektor.

Jika pelan-pelan 'keran' base diberi bias maju (*forward bias*), elektron mengalir menuju kolektor dan besarnya sebanding dengan besar arus bias base yang diberikan.

Dengan kata lain, arus base mengatur banyaknya elektron yang mengalir dari

emiter menuju kolektor. Ini yang dinamakan efek penguatan transistor, karena arus base yang kecil menghasilkan arus emiter-colector yang lebih besar.

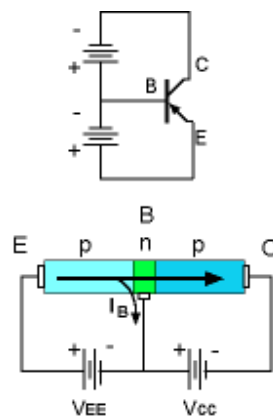
Istilah *amplifier* (penguatan) menjadi salah kaprah, karena dengan penjelasan di atas sebenarnya yang terjadi bukan penguatan, melainkan arus yang lebih kecil mengontrol aliran arus yang lebih besar.

Juga dapat dijelaskan bahwa base mengatur membuka dan menutup aliran arus emiter-kolektor (*switch*

on/off).

Pada transistor PNP, fenomena yang sama dapat dijelaskan dengan memberikan bias seperti pada gambar berikut.

Dalam hal ini yang disebut perpindahan arus adalah arus hole.

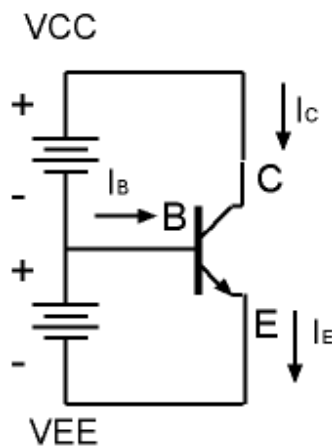


arus hole transistor pnp

Untuk memudahkan pembahasan prinsip bias

transistor lebih lanjut, berikut adalah terminologi parameter transistor.

Dalam hal ini arah arus adalah dari potensial yang lebih besar ke potensial yang lebih kecil.



arus potensial

IC : arus kolektor

IB : arus base

IE : arus emitor

VC : tegangan kolektor

VB : tegangan base

VE : tegangan emitor

VCC : tegangan pada kolektor

VCE : tegangan jepit kolektor-emitor

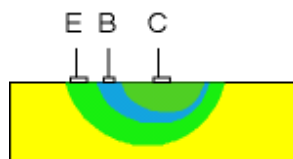
VEE : tegangan pada emitor

VBE : tegangan jepit base-emitor

ICBO : arus base-kolektor

VCB : tegangan jepit kolektor-base

Perlu diingat, walaupun tidak perbedaan pada doping bahan pembuat emitor dan kolektor, namun pada prakteknya emitor dan kolektor tidak dapat dibalik.



penampang transistor bipolar

Dari satu bahan silikon (*monolithic*), emitor dibuat terlebih dahulu, kemudian base dengan doping yang berbeda dan terakhir adalah

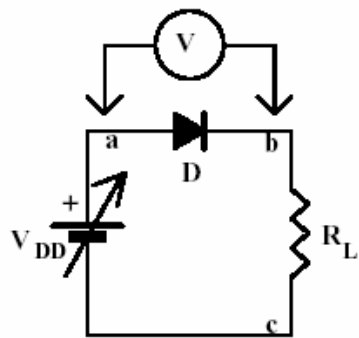
kolektor.

Terkadang dibuat juga efek dioda pada terminal-terminalnya sehingga arus hanya akan terjadi pada arah yang dikehendaki.

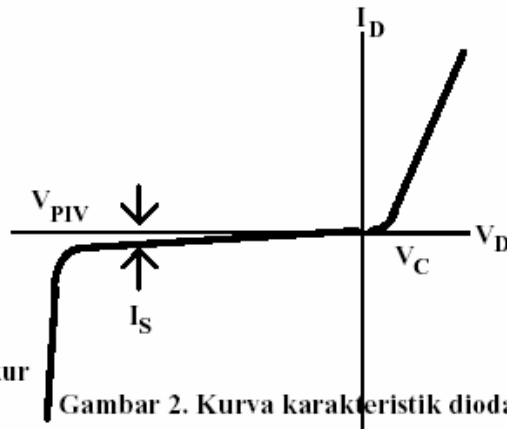
2.1 DIODA

Kita dapat menyelidiki karakteristik statik dioda, dengan cara memasang dioda seri dengan sebuah catu daya dc dan sebuah resistor.

Kurva karakteristik statik dioda merupakan fungsi dari arus I_D , arus yang melalui dioda, terhadap tegangan V_D , beda tegang antara titik a dan b (lihat gambar 1 dan gambar 2)



Gambar 1. Rangkaian untuk mengukur karakteristik statik dioda



Gambar 2. Kurva karakteristik dioda

karakteristik statik dioda

Karakteristik statik dioda dapat diperoleh dengan mengukur tegangan dioda (V_{ab}) dan arus yang melalui dioda, yaitu I_D . Dapat diubah dengan dua cara, yaitu mengubah V_{DD} .

Bila arus dioda I_D kita plotkan terhadap tegangan dioda V_{ab} , kita peroleh karakteristik statik dioda

Bila anoda berada pada tegangan lebih tinggi daripada katoda (V_D

positif) dioda dikatakan mendapat bias forward.

Bila VD negatif disebut bias reserve atau bias mundur.

Pada gambar 2 VC disebut cut-in-voltage, IS arus saturasi dan VPIV adalah peak-inverse voltage.

Bila harga VDD diubah, maka arus ID dan VD akan berubah pula.

Bila kita mempunyai karakteristik statik dioda dan kita tahu harga VDD dan RL, maka harga arus ID dan VD dapat kita tentukan sebagai berikut.

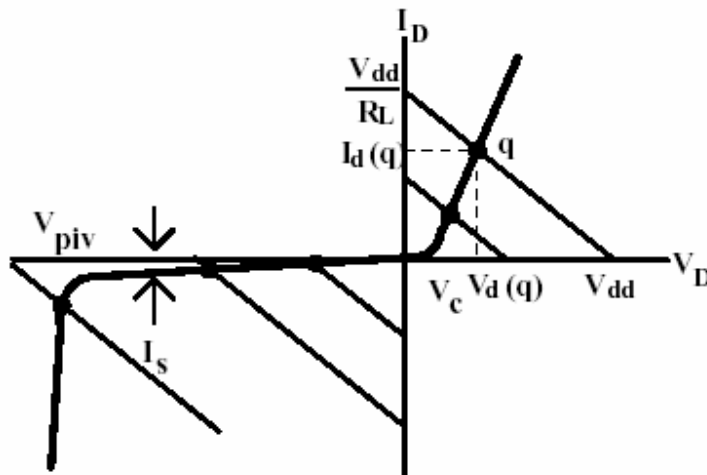
Dari gambar 1.

$$VDD = Vab + (I \cdot RL) \text{ atau}$$

$$I = -(Vab/RL) + (VDD / RL)$$

Bila hubungan di atas kita lukiskan pada karakteristik statik dioda kita akan mendapatkan garis lurus dengan kemiringan $(1/RL)$.

Garis ini disebut garis beban (load line). Ini ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Kurva karakteristik dan garis beban

MODUL 3 FI – 2104 ELEKTRONIKA 20

Kita lihat bahwa garis beban memotong sumbu V dioda pada harga V_{DD} yaitu bila arus $I=0$, dan memotong sumbu I pada harga (V_{DD}/R_L) .

Titik potong antara karakteristik statik dengan garis beban memberikan

harga tegangan dioda $V_D(q)$ dan arus dioda $I_D(q)$.

Dengan mengubah harga V_{DD} kita akan mendapatkan garis-garis beban sejajar seperti pada gambar 3.

Bila $V_{DD} < 0$ dan $|V_{DD}| < V_{PIV}$ maka arus dioda yang mengalir adalah kecil sekali, yaitu arus saturasi I_S . Arus ini mempunyai harga kira-kira $1 \mu A$ untuk dioda silikon.

5. REFERENSI

“Elektronika : teori dasar dan penerapannya”, jilid 1, Bandung: Penerbit ITB, 1986”

**MODUL 3 FI – 2104
ELEKTRONIKA 26**

Pengenalan vacuum Tube

Pada bagian ini penulis bermaksud mengajak para rekan rekan tube mania untuk ngobrol mengenai prinsip kerja dari Tabung.

Untuk dapat mencapai suatu pemahaman yang sistematis maka penulis membagi obrolan ini menjadi 6 bagian yaitu :

1. [Emisi Electron](#)
 - 1.1 Emisi thermionic
 - 1.2 Emisi Medan Listrik
 - 1.3 Emisi Sekunder
 - 1.4 Emisi Fotolistrik

2. Diode
3. Triode
4. Tetrode
5. Pentode