

## PENGARUH JENIS LOGAM KONTAK AL, AG DAN CU PADA KARAKTERISTIK DIODA SEMIKONDUKTOR ISOLATOR LOGAM (SIL)

Uminingsih<sup>1</sup>

### ABSTRACTS

*The metal insulator semiconductor with metal contacts of of Ag, Al,Cu and insulator of toluene has been fabricated, characterized and investigated. The experimental results show that the current voltage (I-V) characteristic of MIS (Metal Isolator Semiconductor) diode is effected by type of metal contact. The cut in and breakdown voltages for the n-type silicon semiconductor are 1,1 -1.3 volt and 200 – 240 volt where for the p – type silicon semiconductor the cut in and breakdown voltages are 0,8 -1.0 volt and 120 – 180 volt. Also the experimental data show that I –V characteristics of MIS diode have bigger Cu in and breakdown voltages compare with those of junction and Schottky diodes. From the investigation it can be summarized that metal contact with higher work function is suitable for p–type silicon semiconductor (Ag/T/Si-p/Al) where metal contact with higher work function is suitable for n-type silicon semiconductor (Ag/T/si-n/Al). These types of metal contacts provide higher cut in and breakdown voltages.*

**Key words:** MIS Dioda

### INTISARI

Telah dilakukan pembuatan,karakterisasi dan analisis arus tegangan (I–V) dioda semikonduktor isolator logam (SIL) untuk berbagai jenis logam kontak elektroda Ag, Cu dan Al dengan bahan organik toluene sebagai isolatornya. Pendeposisian lapisan toluene menggunakan metode deposisi ion plasma, sedangkan pelapisan logam kontak menggunakan metode evaporasi hampa. Hasil percobaan menunjukkan bahwa karakterisasi (I-V) dioda SIL sangat dipengaruhi oleh jenis logam kontak elektrodanya. Untuk semikonduktor silikon tipe – n mempunyai tegangan potong masuk 1,1 – 1,3 volt dan tegangan dadal 200 – 240 volt sedangkan untuk semikonduktor silikon tipe-p mempunyai tegangan potong masuk 0,8 – 1,0 volt dan tegangan dadal 120 – 180 volt. Data percobaan juga menunjukkan bahwa karakteristik I – V dioda SIL mempunyai tegangan potong masuk dan dadal yang lebih besar daripada karakteristik I-V dioda persambungan p – n dan Schottky. Dari data percobaan dapat disimpulkan bahwa logam kontak elektroda yang dapat memberikan tegangan potong masuk dan tegangan dadal yang tinggi adalah logam yang memiliki fungsi kerja yang lebih kecil untuk semikonduktor tipe – p (Al/T/Si-p/Al) dan fungsi kerja lebih besar untuk semikonduktor tipe-n(Ag/T/Si-n/Al).

**Kata kunci :** Dioda SIL

### PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi lapisan tipis (*thin film technology*) telah berjalan cukup pesat terutama dengan ditemukannya material-material baru yang banyak dimanfaatkan untuk berbagai keperluan, seperti pada komponen laser, sistem detector nuklir, sel surya dan piranti elektronika. Berbagai penelitian terhadap material baru ini terus dilakukan terutama untuk meningkatkan mutu, hasil guna dan aplikasinya yang lebih luas.

Perangkat elektronika dengan susunan Semikonduktor Oksida Metal (Metal Oxide Semiconductor, MOS) telah lama dibuat dan dikenal serta banyak

penerapannya dalam rangkaian terpadu, seperti CMOS, MOSFET dan lain sebagainya. Pada perangkat ini, bahan isolator yang digunakan adalah silikon dioksida (SiO<sub>2</sub>) yang berfungsi untuk melindungi permukaan semikonduktor dari pengotoran, sedangkan logam yang dibutuhkan adalah aluminium(AL), digunakan untuk membuat hubungan-hubungan antara komponen-komponen yang diperlukan (Millman dan Halkias,1972).

Silikon dioksida (SiO<sub>2</sub>) dan Silikon Nitrat (Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>) merupakan lapisan isolator dan bahan pasif yang sering digunakan pada pembuatan perangkat elektronika. Keunggulan lapisan tipis ini, teru-

<sup>1</sup> Staf pengajar Fakultas Sains Terapan ISTA Yogyakarta

tama  $\text{SiO}_2$ , karena senyawa tersebut mempunyai sifat isolator yang baik, sifat kimianya stabil dan mudah ditumbuhkan secara termal pada keping dari bahan silikon dan germanium (Suyitno, dkk, 19-98).

Namun sejak ditemukannya bahan baku semikonduktor alternatif yaitu senyawa dari unsur-unsur golongan III & IV, seperti gallium arsenida, gallium fosfit, indium arsenida, indium antimonida, selenida dan lain sebagainya, silikondoksida ( $\text{SiO}_2$ ) yang mudah ditumbuhkan secara termal pada keping silikon tidak cocok untuk material semikonduktor dari golongan III & IV. Hal ini karena pembentukannya membutuhkan temperatur di atas titik dekomposisi dari semikonduktor golongan III & IV (Suyitno, dkk, 1998).

Tahun 1960, Bradley telah mengungkapkan sifat-sifat listrik lapisan tipis bahan organik terpolimerisasi yang sangat peka terhadap cahaya (Bradley, 1963). Demikian pula Duke, C.B, pada tahun 1985 dan Cowan, D.O., pada tahun 1986, berhasil membuktikan bahwa lapisan tipis bahan organik merupakan bahan isolasi listrik pada pembuatan perangkat elektronik (Suyitno, dkk, 1998). Sehubungan dengan hal ini, maka pada masa sekarang pemakaian lapisan tipis bahan organik polimer sebagai bahan isolator telah dan sedang menjadi bahan penelitian di negara-negara maju di dunia dalam pembuatan komponen elektronik dan komponen sensor karena sifat listrik dan sifat optik yang menarik, yaitu tahan terhadap medan listrik yang tinggi dan peka terhadap cahaya (Adianto, 1994).

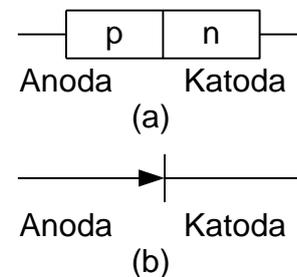
Perangkat elektronika yang mirip dengan struktur MOS tetapi menggunakan lapisan tipis bahan organik terpolimerisasi pada bagian isolatornya disebut dioda Semikonduktor Isolator Logam (SIL). Logam yang digunakan sebagai kontak tidak hanya aluminium (AL), sebagaimana pada struktur MOS, tetapi dapat juga menggunakan logam-logam lain yang mempunyai sifat-sifat dan tingkat kemurnian hampir sama dengan aluminium (AL), juga tergantung pada jenis semikonduktornya, tipe-n atau tipe-p.

Dengan memperhatikan hal di atas, maka penting kiranya dilakukan pe-

nelitian tentang penggunaan jenis-jenis logam sebagai kontak pada dioda semikonduktor isolator logam (SIL), selain untuk mengetahui apakah jenis logam kontak mempengaruhi karakteristik arus tegangan dioda SIL juga dapat pula digunakan untuk menentukan jenis logam kontak apakah yang cocok untuk semikonduktor tipe-n atau tipe-p.

Tujuan penelitian ini membuat perangkat elektronik dioda SIL dengan jenis logam Al, Ag, Cu sebagai kontakannya serta mengukur besar tegangan maju dan tegangan ambang dioda SIL. Selain itu dalam penelitian ini juga dilakukan pengukuran perbandingan karakteristik arus tegangan dioda semikonduktor isolator logam (SIL) dengan jenis logam Al, Ag, Cu, sebagai kontakannya.

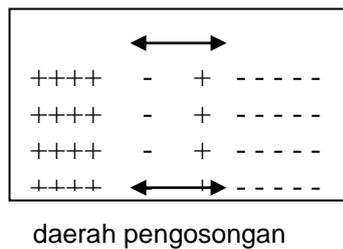
Dioda adalah suatu komponen elektronika yang dapat melewatkan arus pada satu arah saja. Ada banyak macam dioda yaitu dioda tabung (*tube diode*), dioda sambungan p-n (*p-n junction diode*), dioda logam semikonduktor (*metal semiconductor diode*) dan sebagainya. Untuk memahami sifat fisis dioda sambungan p-n (*p-n junction diode*) yang dilukiskan sebagai berikut:



Gambar 1: a) Susunan dioda persambungan p-n b) Lambang dioda (Sutrisno, 1986)

Ketika terjadi persambungan antara bahan jenis p dan bahan jenis-n, elektron pada bahan jenis-n akan berdifusi melalui sambungan masuk ke dalam bahan jenis -p dan terjadi rekombinasi dengan lubang-lubang yang ada didalam bahan p. Sebaliknya lubang pada bahan jenis-p akan masuk kedalam bahan jenis-n, dan berekombinasi dengan elektron serta saling meniadakan muatan. Akibatnya ,tepat pada persambungan p-n terjadi daerah tanpa muatan

bebas yang disebut daerah pengosongan (depletion region). Pada daerah pengosongan terjadi medan listrik yang melawan proses difusi selanjutnya. Dengan adanya medan listrik maka timbul beda potensial listrik antara bagian p dan bagian-n pada daerah pengosongan (Sutrisno,1986). Hal ini dapat dilukiskan sebagai berikut:

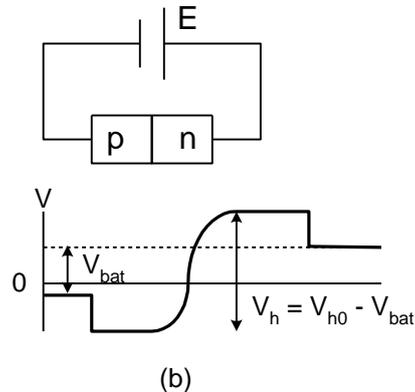
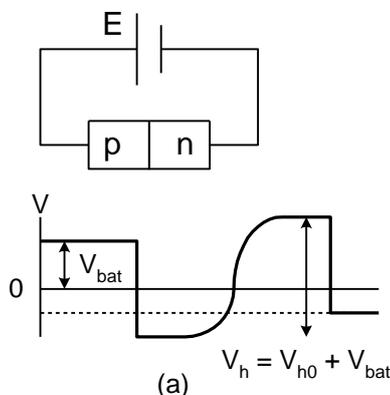


Gambar 2. Muatan listrik pada sambungan p-n

**Bias Maju:** terjadi apabila ujung bahan-p dihubungkan dengan kutub positif dan ujung bahan-n dihubungkan dengan kutub negatif. Hal ini menyebabkan bukit potensial ( $V_h$ ) menjadi kurang dari pada tinggi bukit potensial tegangan ( $V_{h0}$ ) yang menyebabkan electron dari bagian-n dan lubang dari bagian-p mudah menyeberang sehingga terjadi aliran listrik (Sutrisno, 1986).

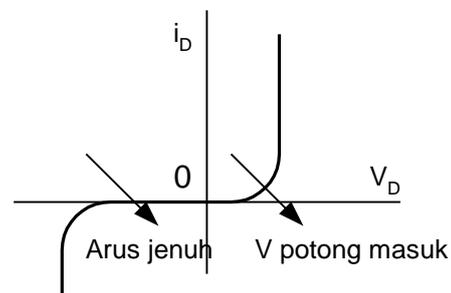
**Bias Mundur :** terjadi adalah kebalikan dari bias maju sehingga menyebabkan bukit potensial ( $V_h$ ) menjadi lebih besar dari bukit potensial tegangan ( $V_{h0}$ ) sehingga akan menghambat aliran elektron dari n ke p.

Hal ini dapat dilukiskan pada gambar berikut:



Gambar 3. a) Sebaran potensial listrik jika dioda diberi bias maju. b) Sebaran potensial listrik jika dioda diberi bias mundur (Sutrisno)

Karakteristik yang penting pada dioda persambungan adalah besarnya arus dan tegangan saat jenuh dan saat masuk. Untuk jenis bahan semikonduktor yang berbeda harga besaran ini akan berbeda pula. Hal ini dapat dilukiskan sebagai berikut:



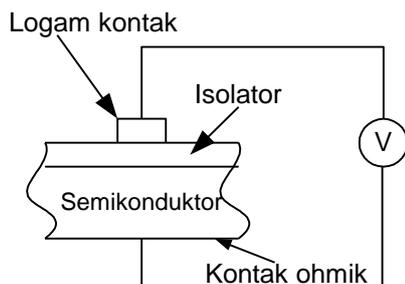
Gambar 4. Karakteristik I-V dari dioda persambungan (Sutrisno,1986)

Dari data karakteristik ( $V - I$ ) seperti tersebut diatas diketahui bahwa untuk dioda Silikon besar  $V_{potong\ masuk} = 0,6\text{ V}$  , sedangkan untuk dioda Germanium besar  $V_{poto\ masuk} = 0,3\text{ V}$ .

Apabila suatu semikonduktor dilapisi logam tertentu maka pada persambungan akan terjadi pengumpulan muatan dengan polaritas berbeda bila timbul medan listrik internal yang dibangkitkan karena adanya perbedaan fungsi kerja antara logam elektroda dan bahan semikonduktor. Struktur semikonduktor logam demikian mempunyai sifat penyearahan arus dan dikenal dengan Schottky barrier.

Jika diantara metal dan semikonduktor diberi suatu lapisan insulator berupa OKSIDA, maka akan dihasilkan suatu tipe struktur yang biasa disebut dengan Dioda MOS(Metal-Oxide-Semiconductor) . Manfaat yang paling utama dari lapisan oksida ini adalah untuk meningkatkan potensial penghalang(barrier voltage). Aliran arus pada lapisan oksida melalui suatu peristiwa yang disebut dengan efek penerowonga(tunneling effect), dan emisi elektron pada semikonduktor serta logam terjadi melalui emisi termionik dan difusi (Morgan,DV,and Board.K,1983).

Semikonduktor, isolator dan logam semikonduktor dapat berupa substrat silikon tipe-n atau tipe-p. Pada dioda SIL prinsipnya sama seperti dioda MOS namun lapisan isolator oksida pada dioda MOS diganti dengan suatu bahan lapisan tipis isolator tertentu biasanya bahan organik. Permukaan silikon tersebut dideposisikan lapisan tipis isolator yang kemudian di atas permukaan isolator, dideposisikan lapisan tipis suatu logam dengan kemurnian yang sangat tinggi sebagai kontak elektroda, sedangkan pada permukaan silikon lain ideposisikan lapisan tipis suatu logam yang berfungsi sebagai kontak ohmik (Adianto,1995). Susunan ini dapat dilukiskan sebagai berikut:



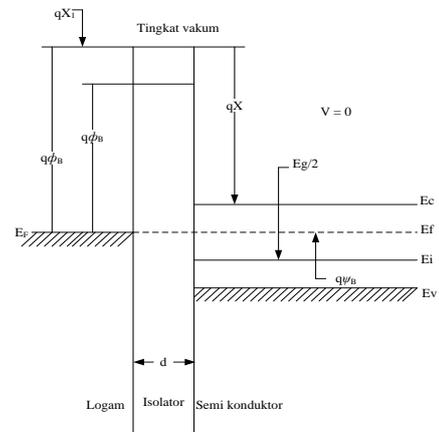
Gambar 5: Susunan perangkat elektronik semikonduktor isolator logam (Sze,1969)

Keterangan:

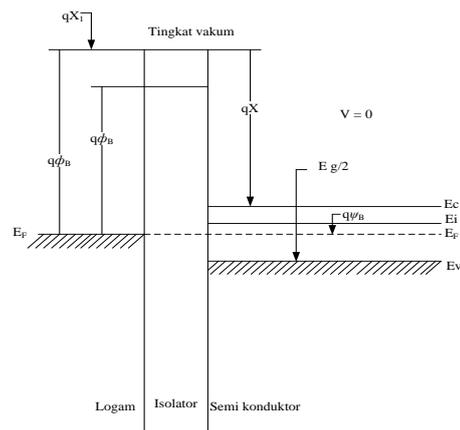
$d$  = ketebalan Isolator bahan Organik

$V$  = tegangan yang diaplikasikan pada lempengan medan logam yang mana harga tegangan ini akan positif apabila lempengan logam dibias positif dengan kontak ohmik, dan akan bernilai negatif jika lempengan logam di bias negatif dengan kontak ohmik (Sze,1969).

Dioda SIL ideal didefinisikan sebagai berikut:



a. Dioda SIL ideal (Semi konduktor tipe-n)



b. Dioda SIL ideal (Semi konduktor tipe-p)

Gambar 2: Diagram pita energi untuk struktur SIL ideal saat  $V = 0$

- a. Pada bias aplikasi 0, tidak ada perbedaan energi antara fungsi kerja logam  $\phi_m$  dan fungsi kerja semikonduktor  $\phi_s$  atau perbedaan fungsi kerja  $\phi_{ms} = 0$ ,

$$\phi_{ms} = \phi_m - \left[ \chi_s + \frac{E_g}{2q} - \psi_B \right] = 0$$

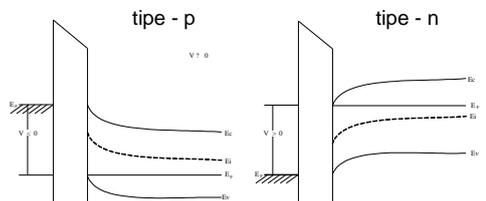
untuk tipe n (2)

$$\phi_{ms} = \phi_m - \left[ \chi_i + \frac{E_g}{2q} + \psi_B \right] = 0$$

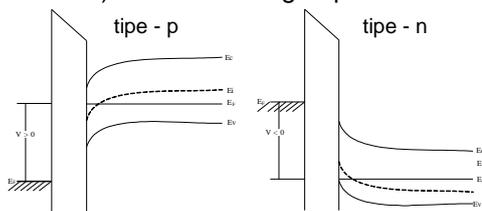
dengan  $\phi_m$  adalah fungsi kerja logam  
 $\chi_s$  = afinitas elektron semikonduktor  
 $\chi_i$  = afinitas elektron insulator  
 $E_g$  = celah pita  
 $\phi_B$  = potensial barrier antara logam dan semikonduktor

$\psi_B$  = perbedaan potensial antara level fermi  $E_f$  dan level Fermi intrinsik  $E_i$

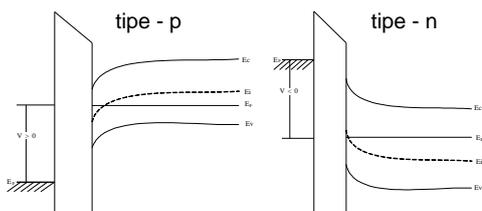
- b. Muatan-muatan yang dapat eksis pada struktur di bawah pengaruh pembiasan DC adalah muatan yang ada pada semikonduktor yang besarnya sama tetapi berlawanan tanda pada permukaan logam yang berdekatan dengan isolator.
- c. Tidak ada pembawa transport yang melewati insulator di bawah kondisi pembiasan DC atau resistivitas insulator tak terbatas.



a) Peristiwa Pengumpulan



b) Peristiwa Pengosongan



c) Peristiwa Pembalikan

Gambar 4. Diagram pita energi untuk struktur SIL ideal ketika  $V \neq 0$  untuk kedua semikonduktor tipe - n dan tipe - p

Ketika suatu dioda SIL ideal dibias dengan tegangan positif atau negatif, secara mendasar ada tiga kejadian yang muncul pada permukaan semikonduktor. Kejadian-kejadian ini diilustrasikan pada Gambar 3. Sebagai contoh yang pertama adalah semikonduktor tipe-p. Ketika suatu tegangan negatif ( $V < 0$ ) diaplikasikan pada lempengan logam (gambar 3a), puncak pita valensi melengkung ke atas dan berakhir pada level Fermi. Untuk suatu dioda SIL ideal tidak ada arus yang mengalir pada struktur, oleh karena itu level Fermi tetap konstan pada perbedaan energi ( $E_c - E_v$ ). Pembelokan ia ini menyebabkan pengumpulan pembawa mayoritas (lubang/hole) di dekat permukaan semikonduktor. Peristiwa ini disebut dengan kejadian pengumpulan (Sze S.M). Apabila tegangan positif kecil ( $V > 0$ ) diaplikasikan (gambar 3b), puncak pita valensi melengkung turun dan pembawa mayoritas dikosongkan, sehingga dinamakan kejadian pengosongan. Ketika tegangan positif besar ( $V > 0$ ) diaplikasikan (gambar 3c), puncak pita Intrinsik  $E_i$  turun menyeberang level Fermi  $E_f$ . Pada titik ini jumlah elektron - elektron (pembawa minoritas) pada permukaan lebih banyak dari jumlah hole(lubang), permukaan kemudian dibalikkan dan ini adalah kejadian pembalikan. Hasil yang sama dapat ditentukan untuk semikonduktor tipe-n, dengan mengubah polaritas tegangannya.

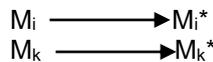
Untuk melapisi bahan semikonduktor digunakan dengan cara penguapan gas zat pelapis sehingga terionisasi membentuk plasma. Untuk membentuk plasma disini menggunakan medan radio frekuensi di dalam reaktor plasma dengan frekuensi getarannya:

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{LC}}$$

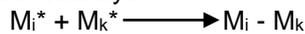
Karena partikel gas tereksitasi akibat tumbukan dengan elektron yang

terlepas dari anoda dan ditarik ke katoda maka proses ini senantiasa disertai dengan lucutan, sehingga plasma yang dihasilkan disebut plasma lucutan pijar. Apabila plasma lucutan pijar ini dibangkitkan dalam sebuah tabung reaktor yang mengandung campuran bahan organik, maka akan terjadi polimerisasi plasma. Lapisan tipis polimer yang terbentuk dapat dideposisikan pada substrat material yang diinginkan (Konuma,1992). Reaksi polimerisasi plasma secara umum dapat dilukiskan sebagai berikut:

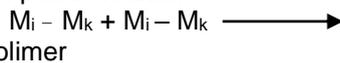
Reaksi awal



Reaksi berikutnya



Reaksi pembentukan



Keterangan:

i, k adalah jumlah satuan pengulangan

M, menyatakan bahan(material) monomer yang dapat menjadi sebuah lapisan atau bahkan sebuah atom yang dilepaskan dari bahan monomer organik.

M\* menyatakan sebuah reaktip yang dapat menjadi sebuah lucutan.

Untuk membuat perangkat elektronik dioda semikonduktor isolator logam (SIL) sesuai yang diharapkan, maka dilakukan tata urutan kerja dengan skema seperti pada gambar 6.

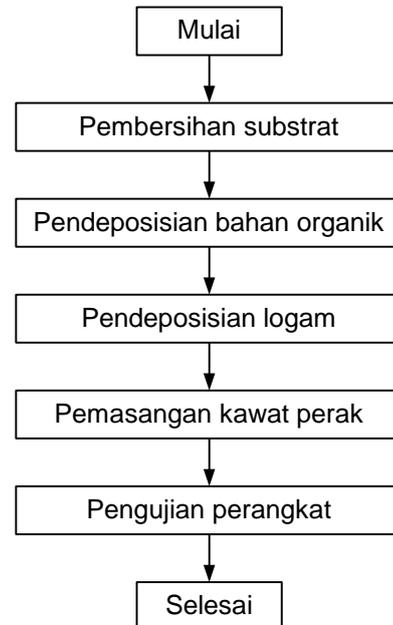
Pada proses deposisi logam digunakan mesin evaporator sedangkan untuk proses deposisi polimerisasi plasma digunakan alat yang tersusun seperti dalam gambar 7.

Adapun tatakkerja penelitian sebagai berikut:

Proses pembersihan Substrat

Substrat Silikon di cuci dengan larutan kimia decon 2% untuk melarutkan lemak, kemudian dibersihkan lagi dengan de-mineral water yang menggunakan pembersih

ultrasonik untuk membersihkan larutan decon dan larutan asam florida. Kemudian substrat di keringkan dengan cara meniupkan gas.

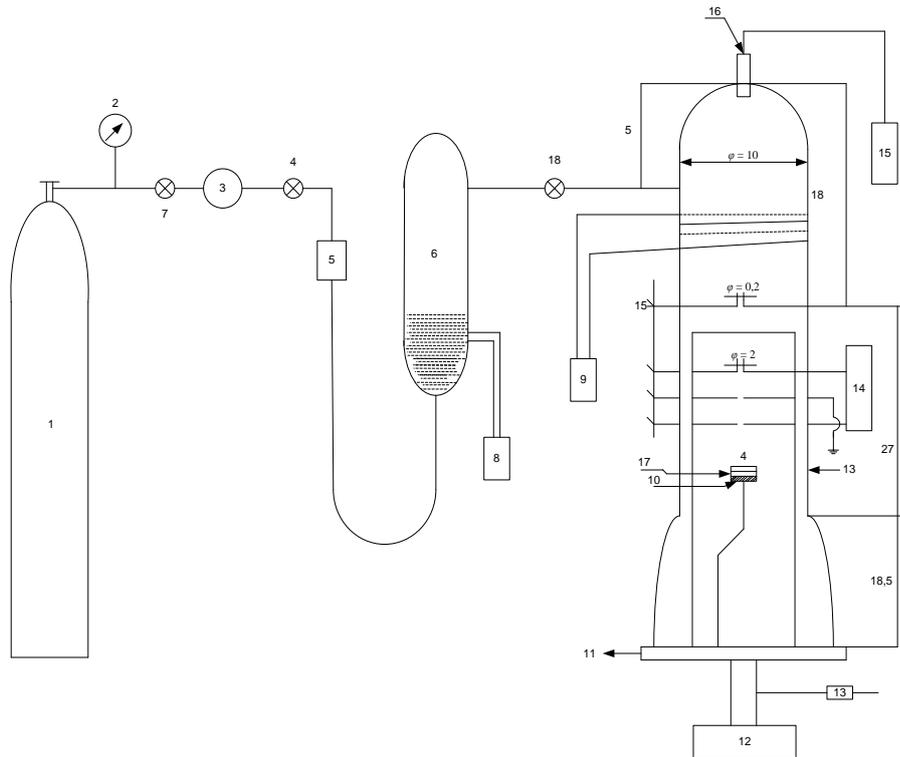


Gambar 6. Bagan alur pembuatan perangkat elektronik dioda SIL

Proses Deposisi Bahan Organik terpolimer

Substrat ditempatkan didudukan dengan jarak tertentu dari lensa Einzel. Kemudian sistem dihidupkan untuk dilakukan proses pendeposisian lapisan toluena pada ketebalan tertentu. Urutan kerja pendeposisian lapisan toluena untuk ketebalan tertentu seperti dijelaskan pada Suyitno,dkk,1998.

Proses Deposisi logam dan kawat perak  
Setelah substrat silikon terlapisi bahan organik toluena terpolimer, kemudian pada lapisan atas toluena ini dilapisi logam elektroda tertentu (Al,Ag,Cu) sebagai logam kontak dioda SIL yang dilakukan dengan menggunakan mesin evaporator.



Gambar 7. Sistem deposisi ion polimerisasi plasma (Suyitno,dkk,1998).

**Keterangan**

- |                      |                      |
|----------------------|----------------------|
| 1 . Tabung gas Argon | 2. Manometer         |
| 3. Bola              | 4. Katup             |
| 5. Silika gel        | 6. Tabung Toluena    |
| 7. Katup             | 8. Pemanas           |
| 9 .Catu daya RF      | 10. Pemanas          |
| 11.Flange            | 12. Unit pompa Vakum |
| 13. Penning          | 14. HV Pendorong     |
| 15. HV Pemvokus      | 16. Anoda            |

**Pemasangan Kawat Perak**

Kawat perak yang sangat lembut dengan diameter 0,1 mm ditempelkan pada lapisan tipis logam kontak ohmik untuk mengamati unjuk kerja dari perangkat yang dibuat. Kemudian meletakkan cat konduktif perak yang digunakan sebagai bahan perekat antara kawat perak dengan lapisan tipis logam.

**Pengujian perangkat**

Menghubungkan perangkat yang telah dibuat dengan sumber tegangan, kemudian memasang voltmeter dan ampermeter untuk mengukur arus dan tegangan setelah memvariasi tegangan bias maju dan bias mundur.

**PEMBAHASAN**

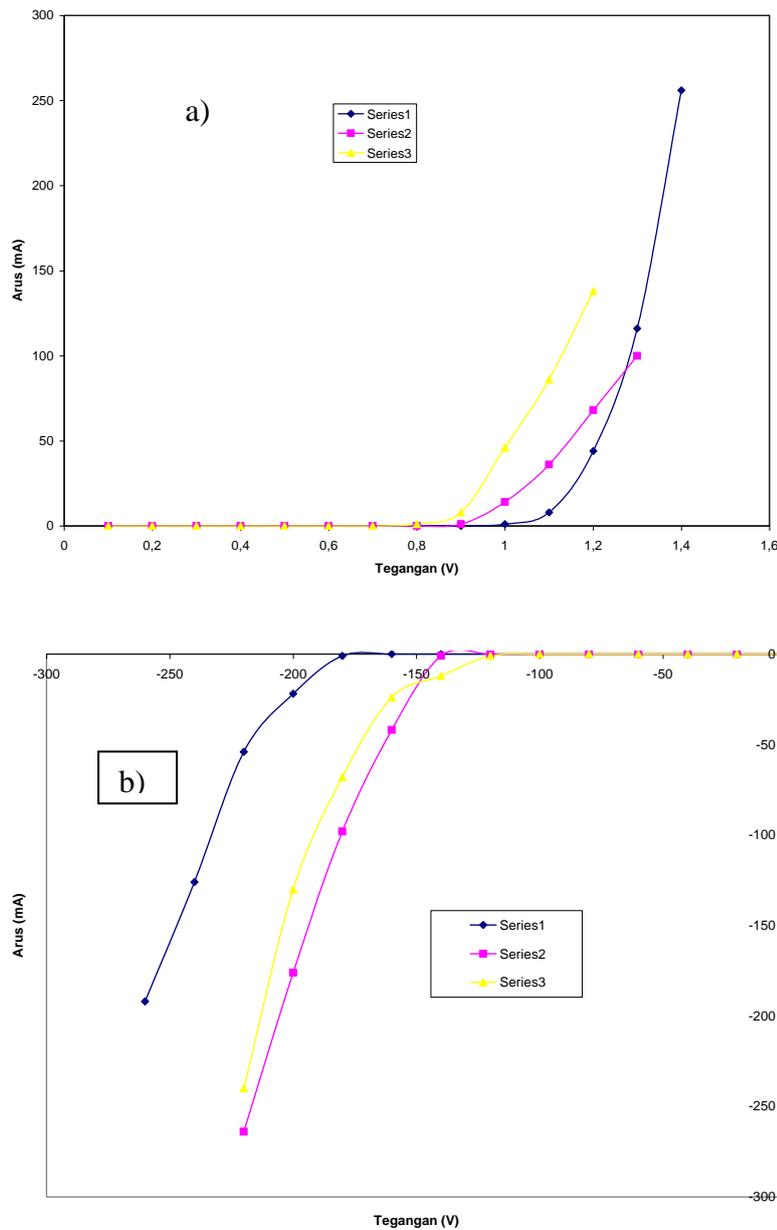
Dua jenis dioda SIL (Semikonduktor isolator logam) tipe-n dan tipe-p dengan Ag,Cu dan Al sebagai logam kontaknya serta Toluene sebagai isolatornya telah berhasil dibuat dan dikarakterisasi . Struktur dioda SIL yang dibuat dan diteliti adalah: Ag/Toluena/Si-p/Al, Cu/Toluena/Si-p/Al, Al/Toluena/Si-p/Al, Ag/Toluena/Si-n/Al, Cu/Toluena/Si-n/Al, Al/Toluena/Si-n/Al. Untuk perbandingan dilakukan pula pengukuran karakterisasi arus tegangan (I-V) dioda persambungan p-n yang ada dipasaran yaitu dioda IN 4007, dioda BY 229, dan dioda IN 4148 serta karakterisasi arus tegangan (I-V) dioda Schotky Au/Si-n/Ni menggunakan data sekunder penelitian sebelumnya (Adianto)

Perbedaan nilai tegangan potong masuk (cut-in-voltage) dan tegangan dadal (break down voltage) dari hasil pengukuran keseluruhan dioda tersebut, dapat dijumpai pada ringkasan hasil pengukuran dioda persambungan p-n, SIL, dan Schotky pada Tabel 1

Tabel 1: Hasil pengukuran tegangan potong masuk dan tegangan dadal dari dioda Persambungan p-n, dioda SIL, dan Schottky

No	Jenis Dioda	Tegangan potong masuk (V)	Tegangan Dadal
1	IN 4007	0,6	60
2	IN 4148	0,6	60
3	BY 229	0,6	60

4	Ag/Si-n/Ni	0,7	60
5	Ag/T/Si-p/Al	0,8	120
6	Cu/T/si-p/Al	0,9	140
7	Al/T/Si-p/Al	1,0	180
8	Ag/T/Si-n/Al	1,3	240
9	Cu/T/si-n/Al	1,2	220
10	Al/T/Si-n/Al	1,1	200



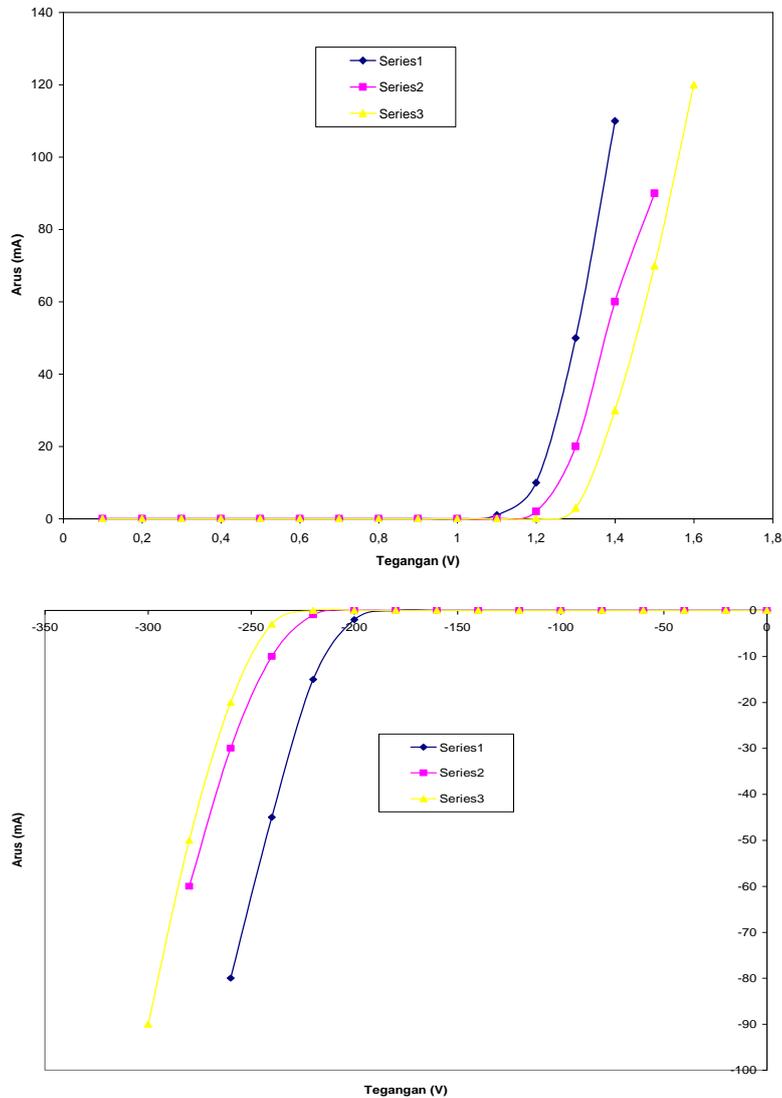
Gambar 6. Karakteristik Arus tegangan (I-V) Dioda SIL tipe-p untuk tiga jenis struktur.  
 a). Karakteristik tegangan bias maju. b) Karakteristik tegangan bias mundur

**Keterangan :**

Kurva/Series 1: Struktur Al/T/Si-p/Al

Kurva/Series 2: Struktur Cu/T/Si-p/Al

Kurva/Series 3: Struktur Ag/T/Si-p/Al



Gambar 7 Karakteristik Arus tegangan (I-V) Dioda SIL tipe-p untuk tiga jenis struktur  
 a). Karakteristik tegangan bias maju. b) Karakteristik tegangan bias mundur

**Keterangan :**

Kurva/Series 1: Struktur Al/T/Si-n/Al

Kurva/Series 2: Struktur Cu/T/Si-n/Al

Kurva/Series 3: Struktur Ag/T/Si-n/Al

Sedangkan contoh kurva hasil karakterisasi arus tegangan (I-V) dioda SIL, dengan Silikon tipe -p dan tipe-n untuk tegangan bias maju dan bias

mundur ditunjukkan masing-masing pada Gambar 6. (a & b) dan Gambar 7 (a & b).

Karakterisasi arus dan tegangan (I-V) dioda SIL yang menggunakan silikon tipe-p (Ag/T/Si-p/Al, Cu/T/Si-p/Al,

Al/T/Si-p/Al) sebagaimana ditunjukkan pada Tabel:1 yang menghasilkan tegangan potong masuk (*cut-in voltage*) antara 0,8 – 1,0 volt dan tegangan dadal(*breakdown voltage*) antara 120 – 180 volt.

Nilai ini lebih besar 0,1 s/d 0,4 volt untuk tegangan potong masuk dan 2 s/d 3 kali lipat untuk tegangan dadal dari dioda persambungan p-n dan dioda Schottky. Dari hasil pengukuran terhadap dioda persambungan p-n (IN 4007, BY 229, IN 4148), dioda-dioda ini memiliki tegangan potong masuk sekitar 0,6 volt dan tegangan dadal sekitar 60 volt. Sedangkan untuk dioda Schottky Au/Si-n/Ni memiliki tegangan potong masuk(*cut-in voltage*) sekitar 0,7 volt dan tegangan dadal(*breakdown voltage*) sekitar 60 volt.

Sedangkan karakterisasi arus-tegangan dari dioda SIL yang menggunakan silikon tipe-n ( Ag/T/Si-n/Al, Cu/T/Si-n/Al, Al/T/Si-n/Al) sebagaimana ditunjukkan pada tabel 1 menghasilkan tegangan potong masuk(*cut in voltage*) antara 1,1 – 1,3 volt dan tegangan dadal antara 200 – 240 volt. Bila dibandingkan dengan dioda SIL yang menggunakan Silikon tipe-p nilai ini lebih besar 0,1 -0,5 volt untuk tegangan potong masuk dan 60 – 120 volt untuk tegangan dadal.

Faktor penyebab perbedaan tersebut adalah karena dioda SIL memiliki lapisan tipis Toluena yang terpolimerisasi antar logam dan silikon tipe-p atau tipe-n. Lapisan tipis ini berfungsi sebagai isolator atau penyekat yang menghalangi transport pembawa muatan.

Penggunaan logam Al, Ag dan Cu sebagai elektroda pada dioda SIL, karena logam-logam tersebut memiliki sifat daya hantar panas dan daya hantar listrik yang tinggi, kedap ca haya dan biasanya dapat dipolis sampai mengkilap,agak berat dan mudah diubah bentuknya (Vlack,1992). Kontak logam ini berfungsi untuk membentuk ketinggian barrier(barrier height) dengan lapisan tipis toluene yang terpolimerisasi(Adianto,1996)

Untuk dioda SIL yang menggunakan silikon tipe-p,ketinggian

barrier akan terbentuk cukup besar antara lapisan tipis toluena yang terpolimerisasi dengan elektroda logam yang memiliki fungsi kerja logam  $\Phi_m$  lebih kecil dari fungsi kerja semikonduktor tipe-p  $\Phi_s$ . Sebaliknya untuk dioda SIL yang menggunakan silikon tipe-n, ketinggian barrier akan terbentuk cukup besar antara lapisan tipis toluena yang terpolimerisasi dengan elektroda logam yang memiliki fungsi kerja logam  $\Phi_m$  lebih besar dari fungsi kerja semikonduktor tipe-n  $\Phi_s$ . Oleh karena itu dibutuhkan tegangan eksternal yang cukup tinggi untuk mengatasi ketinggian barrier yang terbentuk, agar elektron-elektron pada logam dan lubang-lubang pada semikonduktor dapat menyeberang sehingga menyebabkan terjadinya aliran listrik.

Dengan memperhatikan Gambar 6. dapat diketahui bahwa tegangan potong masuk dan tegangan dadal dioda SIL silikon tipe-p dengan Al sebagai elektroda lebih besar dari pada dioda SIL dengan elektroda Cu dan Ag. Hal ini disebabkan logam Al memiliki sifat yang stabil dan mempunyai tahanan kontak yang rendah jika dideposisikan pada lapisan tipis toluena (Adianto,1996). Alasan lain karena logam Al memiliki fungsi kerja logam  $\Phi_m$  terkecil jika dibandingkan dengan fungsi kerja logam  $\Phi_m$  kedua jenis logam diatas dan juga fungsi kerja semikonduktor tipe-p  $\Phi_s$ . Demikian pula terlihat pada Gambar 7 diperoleh bahwa dioda SIL silicon tipe-n dengan logam Ag sebagai elektroda memberikan tegangan potong masuk dan tegangan dadal lebih besar dari dioda SIL dengan elektroda Al dan Cu. Hal ini disebabkan logam Ag memiliki sifat stabilo, dan mempunyai tahanan kontak yang rendah jika dideposisikan pada lapisan tipis Toluena(Adianto, 1996). Alasan lain karena logam Ag memiliki fungsi kerja logam  $\Phi_m$  lebih besar dibanding kedua logam di atas dan juga fungsi kerja semikonduktor tipe-n  $\Phi_s$ .

Dari Tabel 1 juga dapat terlihat bahwa untuk semikonduktor silikon tipe tertentu maka jenis logam kontak pada Dioda SIL akan memberikan tegangan potong masuk dan dadal yang berbeda.

Untuk semikonduktor silikon tipe -p logam kontak yang cocok adalah Al atau Dioda SIL berstruktur Al/T/Si-p/Al. Sedangkan untuk semikonduktor silikon tipe-n logam kontak yang cocok adalah Ag atau dioda SIL berstruktur Ag/T/Si-n/Al. Hal ini karena silikon tipe-n orientasi kristal <100> resistivitas 250 – 500  $\Omega$  m memiliki fungsi kerja semikonduktor  $\Phi_s$  sebesar 4,85 eV lebih tinggi dari silikon tipe-p sebesar 4,6 eV (Weast,1977).

#### KESIMPULAN

1. Dua jenis dioda SIL (Semikonduktor Isolator Logam) tipe-n dan tipe-p dengan Ag, Cu dan Al sebagai logam kontakannya serta toluene sebagai isolatornya telah berhasil dibuat menggunakan teknik deposisi ion plasma.
2. Hasil karakterisasi arus tegangan (I-V) dioda SIL untuk semikonduktor tipe-n mempunyai tegangan potong masuk 1,1 – 1,3 Volt dan tegangan dadal 200 – 240 Volt, sedangkan untuk semikonduktor tipe-p mempunyai tegangan potong masuk 0,8 -1,0 Volt dan tegangan dadal 120 – 180 Volt.
3. Karakteristik dioda SIL mempunyai tegangan potong masuk dan tegangan dadal yang lebih besar dari pada karakteristik I-V dioda persambungan p-n dan Schottky.
4. Logam yang baik dan cocok sebagai kontak elektroda adalah logam yang memiliki fungsi kerja yang lebih kecil untuk semikonduktor tipe-p(Al/T/si-p/Al) dan fungsi kerja lebih besar untuk semikonduktor tipe-n (Ag/T/Si-n/Al)

#### DAFTAR PUSTAKA

Adianto, 1994, "Pembuatan Dioda Logam Organik Semikonduktor dengan menggunakan Lapisan Film Tipis yang Terpolimer".

- Adianto, 1995, *Pengukuran Sel surya dan tegangan Foto Lateral Perangkat Elektronik Logam Organik Semikonduktor*, P3TM-BATAN
- Bradley. A , 1963 "Electrochem". Soc, 110, p.543.
- Duke,CB,1985,*Journal of Vacuum Science and Technology*, No.4, vol,3, p.328
- Eisberg,R,Resnick,1985,*Quantum Physics of Atom, Molecules, Solids, Nuclei and Particles*, John Wiley an Son Inc,New York.
- Halliday, D.Resnick, 1986, *Physics*, John Wiley an Son Inc,New York
- Milman dan Halkias,1972, *Elektronika Terpadu Rangkaian dan Sistem Analog dan Digital Jilid I*, Terjemahan oleh Barmawi, M dan Tja,M.O, Erlangga,Jakarta.
- Morga,D.V.Board.K,1983, *An Introduction to semiconductor Microtechnology*, John Wiley an Son Inc, New York
- Konuma, M,1992, *Film Deposition by Plasma Techniques*, Springh – Verlag, Berlin.
- Sze, S.M,1969, "Physics of Semikonduktor Divices", Jhon Wiley and sons Ltd, New York.
- Suyitno,dkk,1998, *Konstruksi dan Karakterisasi Sistem Deposisi Berkas Ion Bahandengan Plasma Teknik Radio Frekuensi Untuk Pembuatan Perangkat elektronika*, Seminar Pertemuan ilmiah HFiy FMIPA UNS,Surakarta.
- Sutrisno,1986, *Elektronika Teori Dasar dan Penerapannya Jilid I*, Penerbit ITB, Bandung.
- Uminingsih ,2002, Cermin Pembagi Berkas Multilapis Akromatik, Academia ISTA
- Vlack,L.H.V, 1992 *Ilmu Teknologi Bahan*, terjemahan oleh peter Sudoyo, Erlangga,Jakarta
- West,R.C,1977,Handbook of Chemistry and Physics 51th
- Yasuda,H, 1985,Plasma Polimrisation, Akademic Press,London.