

ANALISIS PENGARUH DAYA RF TERHADAP KARAKTERISTIK LAPISAN TIPIS SILIKON AMORF TERHIDROGENASI YANG DITUMBUHKAN DENGAN TEKNIK VHF-PECVD

Yusdarina

FKIP-Universitas Muslim Maros

Email: dyusdarina@yahoo.co.id

Abstract: Analysis of the Effect of Rf Power on the Characteristics of Hydrogenated Amorphous Silicon Coatings grown by VHF-PECVD Technique. The purpose of this study was to analyze the effect of Rf power and subtract temperature on the electrical and optical properties of hydrogenated amorphous silicon layers consisting of transmittance, absorption coefficient (α), optical band gap (E_{opt}), bias index (n) and deposition rate grown with the Very High Frequency PECVD technique. The results of the temperature subtract optimization showed that the a-Si: H layer was of good quality which had an optical band gap of 1.69 eV, high dark and light conductivity of $9.70 \times 10^{-8} \text{ Scm}^{-1}$ and $3.42 \times 10^{-5} \text{ Scm}^{-1}$ respectively.

Key Word : Daya RF, Amorf, VHF-PECVD

Analisis Pengaruh Daya RF Terhadap Karakteristik Lapisan Tipis Silicon Amorf Terhidrogenasi yang Ditumbuhkan dengan Teknik VHF-PECVD. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh daya Rf dan temperatur subtract terhadap sifat listrik dan optik lapisan tipis silikon amorf terhidrogenasi yang terdiri dari transmitansi, koefisien absorpsi (α), celah pita optic (E_{opt}), indeks bias (n) dan laju deposisi yang ditumbuhkan dengan teknik Very High Frequency PECVD.

Hasil optimasi temperature Subtract menunjukkan bahwa lapisan a-Si:H dengan kualitas baik yakni memiliki celah pita optic 1,69 eV, konduktivitas gelap dan terang yang tinggi masing-masing yaitu $9,70 \times 10^{-8} \text{ Scm}^{-1}$ dan $3,42 \times 10^{-5} \text{ Scm}^{-1}$.

Kata Kunci : Daya RF, Amorf, VHF-PECVD

PENDAHULUAN

Silikon amorf (a-Si) telah banyak dikembangkan untuk aplikasi divais optoelektronik seperti sel surya, fotoreseptor, sensor warna, *Thin Film Light Emitting Diode (TFLED)* dan *Thin Film Transistor (TFT)*. Jika dibandingkan dengan silikon Kristal, silikon amorf mempunyai *optical bandgap* yang lebih lebar dan absorpsi optic yang lebih tinggi. *Optical bandgap* material silikon amorf dapat

dikontrol dengan menambahkan atom lain ke dalam matriks silikon seperti atom hydrogen, atom karbon, atau nitrogen atau atom oksigen.

Disamping material a-Si mempunyai celah pita optic yang lebih lebar dan absorpsi cahaya yang lebih tinggi dibandingkan c-Si, keuntungan lain dari material ini jika dibandingkan dengan c-Si adalah : (i) dapat ditumbuhkan pada berbagai jenis subtract sebab temperature penumbuhannya relatif rendah yaitu

antara 150 °C - 300 °C, sedangkan temperatur penumbuh c-Si diatas 1000 °C (ii) limbah atau polusi yang ditimbulkannya pada saat proses pembuatannya lebih rendah, dan (iii) energy pay back timenya lebih singkat.

Lapisan tipis silikon amorf terhidrogenasi (a-Si:H) dapat dideposisi dengan beberapa teknik, seperti *rf* dan *dc glow discharge*, *photo CVD*, *ion-cluster beam* dan *sputtering*. Sebelumnya telah dilakukan penelitian tentang silikon amorf tanpa hydrogen, dimana diperoleh melalui sputtering atau dengan teknik evaporasi termal. Material yang tidak memiliki kandungan hidrogen memiliki cacat densitas yang sangat tinggi yang mencegah terjadinya doping. Kandungan hidrogen dapat mempengaruhi sifat listrik dari material, ketika silikon amorf tanpa hidrogen maka tidak dapat digunakan sebagai divais.

Teknik *Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition (PECVD)* yang memanfaatkan frekuensi radio (*radio frekuensi*, *rf*) telah menjadi teknik yang populer digunakan untuk penumbuhan lapisan tipis a-Si:H. Teknik ini memiliki beberapa keunggulan dibanding teknik CVD termal maupun *Cathode Sputtering* seperti lapisan yang dihasilkan lebih *uniform* dan temperatur deposisi (penumbuhan) yang lebih rendah (temperatur deposisi PECVD sekitar 150 °C - 300 °C sedangkan temperatur deposisi CVD termal dan *Cathode Sputtering* > 500 °C). Namun demikian, lapisan a-Si:H yang diperoleh pada temperatur yang rendah melalui teknik PECVD konvensional dengan *rf* 13,56 MHz masih memiliki laju deposisi yang rendah, konduktivitas yang rendah, serta kandungan hydrogen yang cukup tinggi.

Hingga saat ini, teknik VHF-PECVD masih menarik perhatian banyak peneliti. Pada dasarnya, mekanisme reaksi yang terjadi dalam plasma dengan teknik VHF-PECVD belum diketahui secara pasti. Secara teori, peningkatan frekuensi menyebabkan penurunan medan listrik *rf* akibat meluasnya proses reaksi yang bersamaan dengan peningkatan kerapatan electron dan jumlah konsumsi daya oleh electron. Pada saat yang sama, meningkatnya kerapatan elektron mengakibatkan peningkatan elektron yang mempengaruhi proses disosiasi gas. Berbagai penelitian telah dilakukan untuk

menguji kebenaran teori tersebut. Secara eksperimental, hal ini tentu berkaitan erat dengan parameter deposisi yang digunakan terutama daya *rf*, dimana diketahui bahwa daya *rf* berperan penting dalam proses penguraian molekul-molekul gas menjadi radikal-radikal sederhana yang lebih reaktif.

Dalam penelitian ini akan dianalisis pengaruh da *rf* terhadap karakteristik lapisan tipis silikon amorf terhidrogenasi yang ditumbuhkan dengan teknik VHF-PECVD.

METODE

Metode Deposisi Lapisan Tipis a-Si:H

Lapisan tipis a-Si:H yang digunakan sebagai sampel dalam penelitian ini dideposisi dengan metode *Very High Frequency Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition (VHF-PECVD)*. Sebagai sumber daya discharge digunakan radio Frekuensi 70 MHz sistem tabung yang tahan terhadap gangguan mendadak yang membahayakan sistem elektronik di dalamnya.

1. Variabel Penelitian

Variabel yang diteliti dalam penelitian ini adalah karakteristik lapisan tipis a-Si:H. sifat listrik terdiri dari konduktivitas gelap dan konduktivitas terang. Sedangkan sifat optic meliputi celah pita optic, absorpsi optic dan indeks bias.

2. Optimasi Parameter Deposisi

Parameter-parameter deposisi yang berpengaruh terhadap kondisi deposisi pada penumbuhan lapisan tipis a-Si:H dengan metode VHF-PECVD adalah frekuensi eksitasi, daya *rf*. Temperature subtract, tekamamng ruang deposisi dan laju aliran gas. Namun parameter deposisi dalam penelitian ini adalah daya *rf* dan temperature subtract.

3. Proses Deposisi

Untuk mengamati pengaruh daya *rf*, proses deposisi dilakukan dengan variasi daya *rf* 4 sampai 8 watt pada tekanan ruang deposisi 100 mTorr. Temperatur subtract 270 °C digunakan selama deposisi berdasarkan hasil penelitian sebelumnya. Sedangkan untuk optimasi temperatur substrat, dilakukan dengan variasi temperatur subtract 175 °C sampai 225 °C pada tekanan ruang deposisi 20 mTorr.

dapat ditentukan dengan cara menarik garis lurus pada daerah linier hingga memotong sumbu energy. Nilai perpotongan itulah yang dimaksud dengan celah pita optic.

4. Karakteristik Lapisan Tipis a-Si:H

Sifat-sifat dan kualitas lapisan yang telah dideposisi dapat diketahui melalui karakteristik lapisan tersebut. Karakterisasi yang dilakukan meliputi penentuan celah optic (*Optical bandgap*) dari data pengukuran spectrometer *ultraviolet Visible* (UV-Vis), koefisien absorpsi, indeks bias serta pengukuran konduktivitas dengan metoda dua titik (*coplanar*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

OPTIMASI DAYA RF

Lapisan tipis a-Si:H dalam penelitian ini dideposisi dengan menggunakan teknik Very High Frequency- PECVD. Untuk melihat pengaruh daya rf terhadap karakteristik lapisan tipis, maka proses deposisi dilakukan d variasi daya rf 4,6 dan 8 watt dengan parameter deposisi yang tetap seperti:

- Frekuensi Rf = 70 MHz
- Tekanan deposisi = 100 mTorr
- Temperatur substrat = 270 °C
- Lama deposisi = 3 jam
- Laju aliran gas = 70 Sccm

Hasil Pengukuran Transmittansi

Pengukuran transmittansi pada lapisan a-Si:H sangatlah penting, sebab dengan diketahuinya transmittansi lapisan tipis tersebut, maka sifat optic dari lapisan tipis seperti celah pita optic dan indeks bias dapat pula diketahui sehingga dapat dijadikan standar untuk aplikasi divais optoelektronik. Transmittansi lapisan tipis a-Si:H dapat diketahui dari data pengukuran spektroskopi ultraviolet-visible (UV-Vis)

Hasil Perhitungan Celah Pita Optik

Celah pita optic adalah gambaran kuantitatif dari transmittansi suatu lapisan tipis, oleh sebab itu harga celah pita optic kemudian dihitung dari data pengukuran transmittansi dengan menggunakan data UV-Vis. Metoda perhitungan celah pita optic untuk lapisan tipis a-Si:H yang populer digunakan adalah metoda Tauc Plot yaitu grafik antara $(ahv)^{1/2}$ sebagai fungsi dari energy (hv). Metoda Tauc menggunakan asumsi bahwa tidak terjadi transisi optic antara daerah linier engan sumbu energi sehingga untuk nilai $\alpha = 0$ celah pita optic

Hasil Perhitungan Laju Deposisi

Laju deposisi lapisan tipis a-Si:H dihitung dari data pengukuran ketebalan dan waktu deposisi. Penumbuhan lapisan tipis a-Si:H yang dianalisis dalam penelitian ini membutuhkan waktu yang agak lama, yaitu sekitar 3 jam dengan temperature subtract 270 °C dan laju aliran gas 70 sccm untuk daya rf 4 watt, 6 watt, dan 8 watt. Berdasarkan kenyataan ini, harus diketahui laju deposisi agar pada saat melakukan kembali deposisi lapisan tipis diperoleh hasil yang maksimal sesuai ketebalan lapisan yang diperlukan.

Hasil Perhitungan Konduktivitas

Konduktivitas adalah gambaran kuantitatif sifat listrik dari lapisan tipis a-Si:H yang juga dapat dijadikan standar dalam penerapan material ini pada divais. Pengukuran konduktivitas dilakukan dengan metode coplanar. Hasil pengukuran konduktivitas gelap dan konduktivitas terang diperlihatkan pada gambar 1.1.

Table 1. Hasil perhitungan konduktivitas gelap dan konduktivitas terang pada lapisan tipis a-Si:H yang dideposisi dengan daya rf 4 watt, 6 watt, dan 8 watt.

Daya (watt)	Konduktivitas Gelap (S/cm)	Konduktivitas Terang (S/cm)
4	$7,22 \times 10^8$	$1,02 \times 10^{-5}$
6	$1,22 \times 10^{-7}$	$2,90 \times 10^{-5}$
8	$3,70 \times 10^{-7}$	$3,44 \times 10^{-5}$

Optimasi Temperatur Subtrat

Temperatur substrat berperan dalam memberikan energy bagi radikal-radikal gas untuk berikatan diatas substrat sehingga sangat menentukan proses yang terjadi pada permukaan penumbuhan. Optimasi temperatur substrat diperlukan untuk mendapatkan temperatur optimum yang menghasilkan a-Si:H dengan kualitas baik. Dengan optimasi temperatur ini juga dapat dilihat pengaruh temperatur substrat terhadap celah pita optic, dan laju deposisi lapisan a-Si:H. optimasi temperatur substrat dilakukan dengan memvariasikan temperatur

substrat antara 175 – 225 °C pada parameter deposisi yang konstan seperti:

- Frekuensi Rf = 70 MHz
- Tekanan deposisi = 20 mTorr
- Lama deposisi = ½ jam
- Laju aliran gas = 50 Sccm

HASIL PENGUKURAN KONDUKTIVITAS

Nilai konduktivitas, baik konduktivitas gelap maupun terang adalah gambaran kuantitatif sifat listrik lapisan tipis a-Si:H yang juga dapat dijadikan standar untuk penerapan material ini pada divais. Hasil pengukuran konduktivitas gelap dan konduktivitas terang diperlihatkan pada tabel 1.2.

Tabel 2. Hasil perhitungan konduktivitas gelap dan konduktivitas terang pada lapisan tipis a-Si:H yang dideposisi dengan temperatur substrat 175 °C, 200 °C dan 225 °C.

Temperatur Subtrat (°C)	Konduktivitas Gelap (S/cm)	Konduktivitas terang (S/cm)
175	$7,22 \times 10^{-8}$	$1,02 \times 10^{-5}$
200	$1,32 \times 10^{-8}$	$0,82 \times 10^{-5}$
225	$9,70 \times 10^{-8}$	$3,42 \times 10^{-5}$

PEMBAHASAN

OPTIMASI DAYA RF

1. Transmittansi

Besar daya rf yang dibangkitkan selama proses deposisi mempengaruhi transmittansi lapisan tipis yang dihasilkan. Semakin besar daya rf yang digunakan maka transmittansi lapisan semakin kecil. Hal ini diduga akibat kandungan hidrogen dalam lapisan menurun.

Hal yang menyebabkan tingginya transmittansi pada suatu lapisan adalah karena menurunnya *stoikiometri* atau perbandingan antara atom Si terhadap H [Si/H]. ini berarti bahwa lapisan tipis a-Si:H dengan daya 4 watt mengandung atom hydrogen yang lebih besar dibandingkan dengan daya lapisan tipis dengan daya 6 dan 8 watt sehingga jumlah *defect* (cacat) yang berasal dari ikatan bebas berkurang. Transmittansi erat kaitannya dengan koefisien absorpsi dan celah pita optic. Jika transmittansinya

2. Absorpsi optik

Berdasarkan data-data hasil perhitungan perubahan-perubahan absorpsi pada tiap-tiap

lapisan tipis dengan daya yang berbeda-beda. Semakin tinggi daya yang dibangkitkan menyebabkan peningkatan nilai koefisien absorpsi pada lapisan tipis. Hal ini berarti terjadi peningkatan atom hydrogen dalam lapisan seiring dengan peningkatan daya rf.

Dengan naiknya absorpsi maka berarti cahaya yang ditransmisikan semakin kecil pada lapisan tipis dengan daya rf yang meningkat. Hal ini berpengaruh pada celah pita optic yang nantinya akan ditentukan yaitu celah pita optic berbanding terbalik terhadap absorpsi.

3. Celah pita optik

Seperti yang ditunjukkan dari grafik hasil perhitungan celah pita optik untuk lapisan tipis a-Si:H pada daya 4 watt adalah 1,86 eV, nilai celah pita optik untuk lapisan tipis dengan daya 6 watt adalah 1,74 eV sedangkan pada saat daya rf 8 watt nilai celah pita optikny adalah 1,73 eV.

Dari data ini, maka dapat disimpulkan bahwa celah pita optik pada lapisan tipis semakin kecil pada daya yang semakin meningkat. Lapisan tipis a-Si:H dengan daya 4 watt mempunyai probabilitas yang besar untuk mentransmisikan cahaya. Hal ini disebabkan karena celah pita optiknya lebih lebar sehingga jumlah cacat yang berasal dari ikatan bebas lapisan ini berkurang dan absorpsinya menjadi kecil sehingga cahaya lebih mudah ditransmisikan. Selain itu kandungan ikatan hidrogen dalam lapisan a-Si:H yang dideposisi pada daya rf 4 watt secara kualitatif lebih tinggi dibanding kandungan ikatan hidrogen dalam lapisan yang dideposisi pada daya rf 6 dan 8 watt.

4. Indeks bias

Pada lapisan tipis dengan daya rf 8 watt mempunyai nilai indeks bias rata-rata yang lebih tinggi dibandingkan dengan lapisan tipis lainnya yaitu 4,240. Sedangkan untuk lapisan dengan daya rf 6 watt mempunyai nilai indeks bias rata-rata 3,741 dan untuk lapisan a-Si:H dengan daya rf 4 watt mempunyai indeks bias rata-rata 4,160. Dari data ini dapat disimpulkan bahwa peningkatan daya menyebabkan peningkatan nilai indeks bias rata-rata. Dimana panjang gelombang berbanding terbalik dengan indeks bias. Hal ini disebabkan karena meningkatnya

nilai stoikiometri atau perbandingan antara atom Si terhadap H [Si/H].

5. Laju deposisi

Dari data dapat disimpulkan bahwa daya yang kecil maka laju deposisi meningkat. Meningkatnya laju deposisi disebabkan oleh semakin besar radikal yang dapat berdifusi ke permukaan substrat. Diduga bahwa keadaan-keadaan cacat banyak terbentuk saat laju deposisinya cukup tinggi. Hal ini akibat ketidakaturan ikatan-ikatan yang terbentuk pada permukaan pertumbuhan saat deposisi berlangsung. Cacat seperti ini lebih banyak membentuk cacat ekor pita (*band-tail defect*) yang menghambat mobilitas pembawa muatan pada pita energy yang diketahui sebagai penyebab menurunnya nilai konduktivitas lapisan. Selain itu, laju deposisi yang tinggi juga dapat mengakibatkan terperangkapnya atom hidrogen saat pembentukan lapisan, terutama apabila plasma disominasi oleh radikal-radikal dalam bentuk molekul SiH_3 atau SiH_2 . Jika hal ini terjadi maka nilai celah pita optik meningkat.

6. Konduktivitas

Nilai konduktivitas gelap dan terang semakin besar seiring dengan meningkatnya daya rf. Dengan kata lain semakin tinggi daya rf maka nilai konduktivitas gelap dan terang semakin meningkat. Ini disebabkan oleh meningkatnya kandungan hydrogen dalam lapisan. Walaupun secara kualitatif dengan peningkatan daya rf menyebabkan penurunan kandungan hydrogen yang ditunjukkan dengan penurunan celah pita optik.

PENUTUP

KESIMPULAN

1. Hasil pengukuran lapisan tipis dengan teknik VHF-PECVD memperlihatkan bahwa semakin tinggi daya rf transmisi semakin kecil, nilai koefisien absorpsi, dan indeks bias serta nilai konduktivitasnya semakin besar namun celah pita optiknya semakin kecil.
2. Semakin tinggi daya rf yang dibangkitkan maka lapisan tipis akan menunjukkan struktur mikrokristal.
3. Temperatur substrat optimum yang menghasilkan lapisan a-Si:H dengan konduktivitas maksimum adalah 225 °C.

DAFTAR PUSTAKA

- Aminuddin S, *Karakteristik Reaktor PECVD Ganda Untuk Fabrikasi surya p-i-n yang Didoping Delta*. Tesis Magister, Jurusan Fisika, Institut Teknologi Bandung, 1998.
- Amiruddin S, Dillah M, Jasruddin D.M., Fitri S.A, T. Winata, & M. Barmawi, *Pengaruh Anneling Terhadap Tingkat Kestabilan Efisien Sel Surya p-i-n a-Si:H Doping Delta*, KFI Vol 12 No. 3, 2001.
- Anawati, *Karakteristik Lapisan Tipis a-Si:H Yang Ditumbuhkan Dengan Sistem HWC-PECVD*. Tesis Magister, Jurusan Fisika, Institut Teknologi Bandung, 2005.
- A.Supu, J.D Malago, I. Usman, T. Simbolon, T. Winata, & M. Barmawi, *Pengaruh Daya Terhadap Sifat Listrik dan Optik Lapisan Tipis a-Si:H yang ditumbuhkan dengan Metode Baru Hot Wire Cell PECVD*. *JFis. HFI A5 (2002) 0588*
- Guy Beaucarne, *Silicon, Thin-Film Solar Cells*, *Advances in Optoelektronics*, Volume 2007, Article ID 36970, 12 Page I.
- Usman, S. Amiruddin, Mursal, Sukirno, T. Winata, & M. Barmawi, *Analisis Sifat-sifat Optoelektronik Lapisan Tipis Silikon Amorf Terhidrogenasi yang ditumbuhkan dengan Teknik VHF-VECVD pada variasi Daya rf*, FMIPA, ITB, Bandung. 10(2) (2005) 63-68
- Jasruddin DM, *Pengembangan Lapisan Tipis Silikon Amorf dan Panduannya Untuk Aplikasi Divais Elektronik Dengan Teknik Plasma enhanced Chemical Vapor Deposition*. Disertasi, Jurusan

Fisika, Institut Teknologi Bandung,
2002.

Lina lestari, *Fabriaksi Sel Surya a-Si:H p-i-n Doping Seragam dengan Reaktor PECVD*Ganda. Tesis Magister, Jurusan Fisika, Institut Teknologi Bandung, 1998.

S. Amiruddin, I. Usman, Mursal, T. Winata & Sukirno, *Studi Optimasi Parameter Daya Rf untuk Penumbuhan Lapisan Tipis Mikrokristal Silikon dengan Metode Hot Wire Cell PECVD*, FMIPA, ITB, Bandung, Vol 37 A, No 1, 2005, 13-22.

Takahashi, K and M. Konangai, *Amorphous Silicon Cells*. North Oxpond Academic, London, 1986.