

Preparasi Penumbuhan Lapisan Tipis a-Si:H dengan Metode HWC-VHF-PECVD pada Variasi Daya rf

Elang J.S* dan Satwiko S
Jurusan Fisika, Universitas Negeri Jakarta
Rawamangum Muka, Jakarta 13220

T. Winata
Laboratorium PECVD Fismatel,
Departemen Fisika Institut Teknologi Bandung
Jl. Ganesa 10, Bandung 40132

Intisari

Metode *Hot Wire Cell Very High Frequency PECVD (Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition)* adalah metode pengembangan dari PECVD konvensional dan merupakan metode gabungan antara VHF-PECVD dan HWC-PECVD. Pada metode ini diharapkan mendapatkan laju deposisi yang tinggi, konduktivitas yang tinggi serta kandungan hidrogen yang rendah. Lapisan tipis a-Si:H dideposisi dengan gas Silan (SiH_4) 10% dalam gas Hidrogen (H_2) dan ditumbuhkan di atas substrat gelas *corning 7059* pada variasi daya 10-50 Watt, temperatur substrat 275°C , tekanan *chamber* 300 mTorr, Temperatur filament 800°C serta laju aliran gas SiH_4 sebesar 70 sccm. Dalam HWC-VHF-PECVD elemen pemanas terintegrasi pada sistem gas masukan serta peningkatan frekuensi pembangkit daya rf dari 13,56 MHz menjadi 70 MHz. Pada parameter penumbuhan tersebut diharapkan mendapatkan lapisan tipis a-Si:H yang lebih baik.

KATA KUNCI: preparasi, a-Si:H, HWC-VHF-PECVD, daya rf

I. PENDAHULUAN

Perkembangan pembuatan material berbasis amorf silikon (a-Si) sebagai material yang menggantikan kristal silikon (c-Si) ataupun poli silikon (poli-Si) dalam aplikasi beberapa bahan semikonduktor terus berkembang. Material berbasis amorf lebih unggul dalam hal biaya penumbuhan material tersebut. Tingginya temperatur penumbuhan ($>1000^\circ\text{C}$) menjadi salah satu penyebab mahalnya biaya produksi [1].

Material a-Si dapat ditumbuhkan dengan metode *Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition (PECVD)* dengan memanfaatkan plasma sebagai media penumbuhannya. Pada metode ini menggunakan gas Silan (SiH_4) sebagai gas sumber yang terkandung 10% dalam gas Hidrogen (H_2). Ternyata didapatkan material amorf silikon dengan kandungan hidrogen sekitar 10-20% [2], sejak saat itu material ini dikenal dengan nama amorf silikon terhidrogenisasi (a-Si:H).

Pengembangan teknik penumbuhan PECVD terus berkembang dengan pesat selain penumbuhan material amorf silikon paduan (a-SiC:H, a-SiGe:H, a-SiN:H). Perkembangan teknik itu adalah PECVD *chamber* ganda, VHF-PECVD, HW-PECVD, HWC-PECVD dan HWC-VHF-PECVD (perkembangan di Laboratorium Fisika Material Elektronik PECVD, Departemen Fisika, Institut Teknologi Bandung).

Secara umum metode HWC-VHF-PECVD hampir sama dengan PECVD konvensional. Hanya saja dengan

meningkatkan frekuensi pembangkit daya rf dari 13,56 MHz menjadi 70 MHz dan menambahkan filamen panas berupa *tungsten wire* pada sistem gas masukan yang sejajar substrat, sehingga gas Silan (SiH_4) akan lebih radikal pada saat memasuki daerah elektroda karena terdisosiasi terlebih dahulu oleh elemen pemanas.

II. PREPARASI

Lapisan tipis a-Si:H dalam studi ini ditumbuhkan di atas gelas *corning 7059* dengan menggunakan sistem HWC-VHF-PECVD yang terdiri dari *chamber stainless steel* berdiameter 8 inci dan tinggi 12 inci tipe SS-304 dengan kevakuman sekitar -25 mTorr.

Di dalam *chamber* ditambahkan filamen dari kawat tungsten dengan diameter 1,2 mm diletakkan sejajar dengan substrat dan terintegrasi dengan sistem gas masukan. Kawat tungsten dibuat berbentuk spiral (lilitan) dengan diameter 5,0 mm dan panjang 20 mm. Agar dapat berfungsi sebagai *hot-wire*, filamen dipanaskan dengan menggunakan sumber arus tetap. Pengukuran suhu filamen panas ini dilakukan dengan alat tambahan yaitu *Infrared Pyrometers* dengan tingkat intensitas penyinaran sebesar 5% untuk material *tungsten*.

Untuk perbedaan konfigurasi *chamber* pada PECVD dan HW-Cell-PECVD dapat dilihat pada Gambar 1. Penumbuhan material a-Si:H memiliki beberapa parameter optimasi yang menentukan sifat-sifat fisis yang dihasilkan. Parameter optimasi tersebut adalah laju aliran gas Silan (SiH_4), tekanan *chamber*, temperatur substrat, frekuensi rf, daya rf, tegangan filament, temperatur filament, lama deposisi. Tahapan opti-

*E-MAIL: sidopekso61@yahoo.com.au

TABEL I: Parameter penumbuhan lapisan tipis yang akan dilakukan.

Parameter optimasi	HWC-VHF-PECVD
Laju aliran gas SiH ₄	70 sccm
Tekanan deposisi	300 mTorr
Temperatur substrat	275°C
Frekuensi rf	70 MHz
Daya rf	10-50 Watt
Tegangan filament	4,5 Volt
Temperatur filament	800°C
Lama deposisi	5400 s

masi tersebut terus dioptimalkan agar mendapatkan material a-Si:H yang berkualitas baik.

Tahapan penumbuhan terbagi menjadi 3 tahapan, yaitu:

1. Preparasi substrat.

Pada tahapan ini substrat gelas *corning* dibersihkan dengan alkohol 70% dan di semprotkan dengan gas Nitrogen (N₂) hingga substrat bersih hingga tidak ada lagi titik-titik debu yang menempel pada substrat.

2. Pradeposisi.

Pada tahapan ini mulai menghidupkan mesin PECVD, membersihkan *chamber* dan mengalirkan gas N₂ agar *chamber* reaktor bersih dan siap dilakukan deposisi. Setelah itu memvakumkan *chamber* dan memanaskan substrat yang telah diletakkan di elektroda negatif dengan menggunakan *Load Lock*. Setelah substrat mencapai kesetabilan suhu penumbuhan, diteruskan dengan menghidupkan daya rf pada frekuensi 70 MHz, menggeset tekanan penumbuhan, dilanjutkan dengan mengalirkan gas SiH₄ hingga plasma terbentuk.

3. Deposisi.

Setelah plasma terbentuk ditandai dengan adanya sinar warna ungu, dilanjutkan dengan menghidupkan filament panas dengan tegangan 4,5 V, pengukuran temperatur filament dengan *Infrared pyrometers*. Setelah semua selesai deposisi siap dilakukan. Perhitungan lamanya deposisi dimulai pada saat membuka penutup substrat (*shutter*).

III. KARATERISASI SAMPEL

1. UV-Vis

Pengukuran transmitansi UV-Vis dilakukan untuk mendapatkan ketebalan lapisan, laju deposisi, koefisien absorpsi dan celah pita optik.

2. Pengukuran Konduktivitas

Sebelum pengukuran konduktivitas sampel di metalisasi dengan evaporasi dari logam aluminium sebagai kontak logam pada pengukuran konduktivitas.

Ketebalan lapisan

Ketebalan lapisan didapat dengan mengolah data hasil karakterisasi UV-Vis pada transmitansi lemah dan menengah. Berikut adalah skema penentuan transmitansi lemah dan menengah.

$$d = \frac{\lambda_1 \lambda_2}{2(\lambda_1 n_2 - \lambda_2 n_1)} \tag{1}$$

dengan d = ketebalan lapisan, λ = Panjang gelombang, n₁ = indeks bias lapisan pada λ₁, n₂ = indeks bias lapisan pada λ₂.

Pada absorpsi lemah dan menengah berlaku:

$$n = \left[\left\{ 2s \left(\frac{TM - Tm}{TMTm} \right) + \frac{s^2 + 1}{2} \right\} + \left[\left\{ 2s \left(\frac{TM - Tm}{TMTm} \right) + \frac{s^2 + 1}{2} \right\}^2 - s^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right]^{\frac{1}{2}} \tag{2}$$

pada absorpsi transparan berlaku:

$$n = \sqrt{\left(\frac{2s}{Tm} - \frac{s^2 + 1}{2} \right) + \sqrt{\left(\frac{2s}{Tm} - \frac{s^2 + 1}{2} \right)^2 - s^2}} \tag{3}$$

dengan s adalah indeks bias gelas *corning* (s=1,51).

Laju deposisi

laju deposisi adalah ketebalan lapisan persatuan waktu.

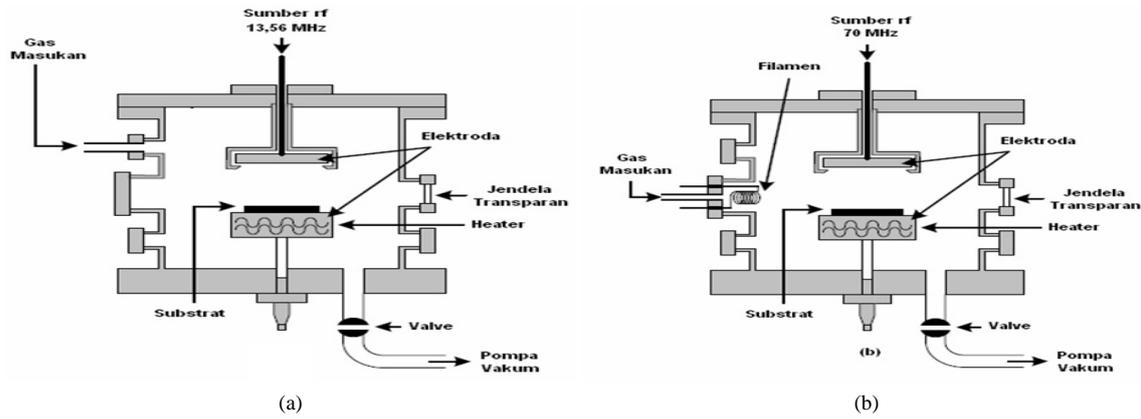
Koefisien absorpsi

Koefisien absorpsi merupakan hubungan antara transmitansi sebagai fungsi gelombang dengan ketebalan lapisan yang di ukur dengan UV-Vis. dengan α = koefisien absorpsi, T(λ) = transmitansi sebagai fungsi gelombang.

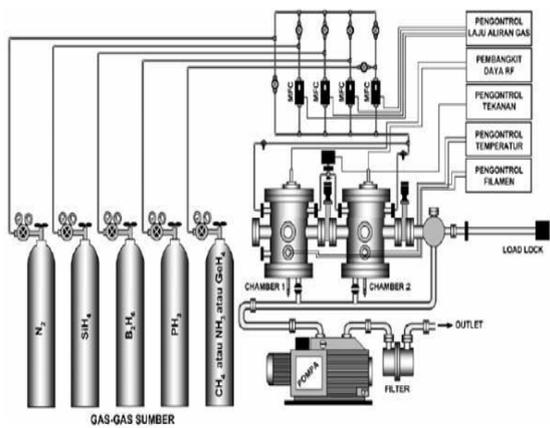
$$\alpha = -\frac{1}{d} \ln \left(\frac{I}{I_0} \right) = -\frac{1}{d} \ln (T(\lambda)) \tag{4}$$

Celah pita Optik

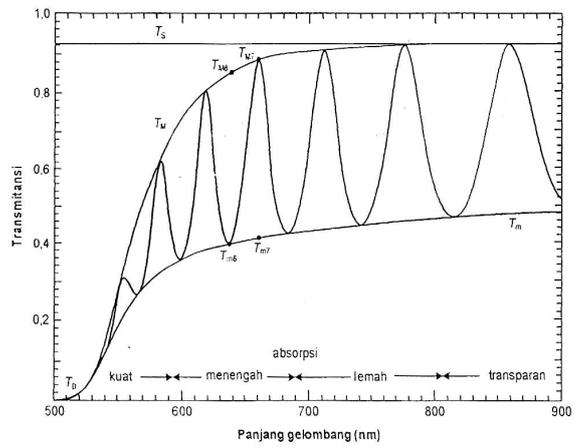
Penentuan celah pita optik lapisan dapat ditentukan melalui spektrum transmitansi UV-Vis dengan metoda *Tauc plot*. Den-



Gambar 1: Skema chamber (a) PECVD dan (b) HWC-VHF-PECVD [3]



Gambar 2: Skema perpipaan pada PECVD ganda [4]



Gambar 3: Penentuan transmittansi maksimum (Tm) dan transmittansi minimum (Tm) dari hasil pengukuran UV-Vis [5]

gan menarik ekstrapolasi pada daerah linier dari grafik hubungan $(\alpha h\nu)^{1/2}$ dengan $(h\nu)$ hingga memotong sumber energi.

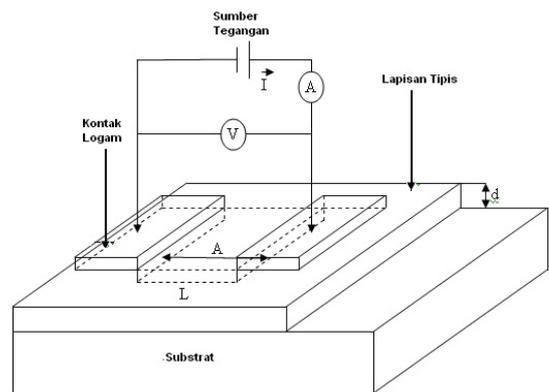
$$\sqrt{\alpha h\nu} = B (h\nu - E_{opt}) \quad (5)$$

dengan, h = konstanta Plank, ν = frekuensi foton, B = Konstanta, E_{opt} = celah pita optik.

Konduktivitas Listrik

Konduktivitas listrik adalah ke-mampuan suatu bahan dalam mengalirkan arus listrik. Pada pengukuran ini menggunakan metode dua titik (koplanar) yang menggunakan fluke 8506 (amperemeter) dan keithley 617 (voltmeter). Pada pengukuran konduktivitas terang menggunakan lampu xenon 24 volt, 250 watt pada jarak penyinaran 22 cm.

$$\sigma = \frac{1}{\rho} = \frac{L}{RA} \quad (6)$$



Gambar 4: Skema pengukuran konduktivitas

dengan, σ = konduktivitas listrik, R = Resistansi lapisan, L = jarak antar logam, A = Luas penampang yang dilewatkan arus.

IV. SIMPULAN

Metode HWC-VHF-PECVD adalah metode penumbuhan lapisan tipis a-Si:H yang merupakan metode pengembangan dari metode-metode sebelumnya yang mempunyai beberapa kelemahan.

Parameter optimasi menjadi indikator utama sifat-sifat fisis yang akan dihasilkan. Namun, pengembangan untuk men-

dapatkan material a-Si:H tetap berlandaskan pada teknologi yang mudah, murah, efisien dan memiliki kualitas yang baik.

Tahap karakterisasi menjadi tahapan terakhir yang menunjukkan sifat-sifat fisis yang dihasilkan dengan optimasi parameter penumbuhan yang dilakukan. Sifat-sifat fisis yang diperoleh menjadi tolak ukur tahapan optimasi selanjutnya agar mendapatkan kualitas lapisan tipis a-Si:H yang lebih baik lagi.

-
- [1] Takahasi, K and Konagai, M., *Amorphous Silicon Solar Cell*(Nort Oxford Academic Publisher Ltd. London, 1986).
- [2] Street, R. A., *Hydrogenated Amorphous Silicon* (Cambridge University press, Cambridge, 1991).
- [3] Winata, T dan Ida, U., *The Influence of Silane Gas Flow Rate on Optoelectronic Properties of c-Si:H Prepared by HWC-VHF-PECVD Technique*, Jurnal Sains ITB. Vol **40** A No. 2, 2008: 130-137 (2008).
- [4] Usman, Ida, *Penumbuhan Lapisan Tipis Silikon Amorf Terhidrogenisasi dengan Teknik HWC-VHF-PECVD dan Aplikasinya Pada Devais Sel Surya*, Disertasi Doktorat ITB, 2006.
- [5] Swanepoel, R. et al., *Journal Applied Physics*, **10**, (1993)
- [6] Abdullah, M dan Khairurrijal, *Karakterisasi Nanomaterial*. Laboratorium Sintesis Fungsional Nanomaterial ITB. *Jurnal Nanosains & Nanoteknologi*. Vol **2** No. 1 Februari (2009).