

TEKNIK PELAPISAN SILIKON DIOKSIDA (SiO₂) DENGAN ALAT RF-SPUTTERING ARC-12M

Slamet Widodo

PPET-LIPI, Jl. Sangkuriang Komp. LIPI Bandung 40135
No.Telp/Fax:022-2504660/022-2504659,
E-mail: widodo @ppet.lipi.go.id

Abstrak

Dalam tulisan ini diuraikan teknik pelapisan non metal / non logam (Alloy) dengan menggunakan alat sputtering ARC-12M. Sputtering adalah proses terlemparnya (ejected) materi dari suatu permukaan zat padat atau zat cair akibat ditumbuk oleh partikel berenergi tinggi hingga terjadi pertukaran momentum (momentum exchange). Target yang berupa bahan pelapis (coating material) diletakkan searah dengan substrat dalam suatu ruang vakum dengan tekanan awal (base pressure) sebesar 5×10^{-4} sampai 5×10^{-7} Torr. Jenis partikel yang ditembakkan berasal dari ion gas yang tidak mudah bereaksi zat lain atau gas inert. Materi yang terlempar berupa atom dari suatu logam atau campuran logam akan menempel pada permukaan substrat. Pada proses deposisi Non logam (Alloy) misal Silikon Dioksida (SiO₂) dengan metode RF-sputtering ini, ketebalan akan naik secara linier dengan bertambahnya waktu. Dari SiO₂ yang dideposisikan ini, pada tekanan gas Argon 15 mTorr menghasilkan deposisi SiO₂ relatif lebih tinggi, dibandingkan pada tekanan 25 mTorr.

Kata kunci : *Pelapisan SiO₂, RF Sputtering ARC-12M.*

Abstract

In this paper described the technique of metal and non metal coating (Alloy) by using a sputtering ARC-12M. Sputtering is a process ejected material from a surface of solids or liquids due to ground by high-energy particles up to momentum exchange occurs (momentum exchange). Target in the form of coating material is placed in the same direction with the substrate in a vacuum chamber with initial pressure (base pressure) equal to 5×10^{-4} to 5×10^{-7} torr. Types of particles that were fired from the gas ions that are not easy to react to other substances or inert gas. On Non-metal deposition process (Alloy) eg Silicon Dioxide (SiO₂) by RF-sputtering method, the thickness would increase linearly with increasing time. The deposition of chromium (Cr) with Argon (Ar) gas at a pressure of 15 mTorr, it produce relatively higher than the pressure of 25 mTorr.

Keywords : *Deposition, SiO₂, RF Sputtering ARC-12M*

1. Pendahuluan

Perkembangan pesat di bidang mikroelektronika khususnya di Indonesia mendorong timbulnya keinginan untuk menghasilkan komponen-komponen sendiri yang banyak dibutuhkan dalam industri elektronika. Dengan telah dikembangkannya teknologi rangkaian hibrid yang ada pada saat ini, merupakan salah satu bidang mikroelektronika yang sudah dapat dirancang dan dibuat untuk diaplikasikan secara langsung. Contoh penggunaan teknologi hibrid yaitu Teknologi Film Tipis (*Thin Film Technology*) yang banyak digunakan dalam aplikasi elektronika seperti microstrip gelombang

mikro pada sistem Komunikasi Satelit dan Stasiun Bumi.

Untuk menghasilkan sebuah rangkaian atau komponen film tipis, harus melalui beberapa tahap pemrosesan yang dilakukan secara sistematis dan berulang. Setiap proses mempunyai prosedur dan teknik pembuatan masing-masing. Salah satu proses yang harus dilakukan pada pembuatan komponen atau rangkaian film tipis yaitu pelapisan bahan (deposisi) pada substrat dengan menggunakan sistem sputtering.

Sistem sputtering dapat melapiskan berbagai jenis logam maupun paduan logam (*metal alloy*) atau non logam pada substrat sehingga dalam

industri rangkaian hibrid, sistem sputtering banyak dipakai sebagai salah satu langkah utama untuk membuat lapisan film tipis (*Thin Film Layer*) pada substrat.

Proses berlangsungnya pendeposisian film tipis dalam sistem sputtering diindikasikan dengan terlihatnya plasma atau *glow discharge* secara visual. Timbulnya plasma atau *glow discharge* bergantung pada pengaturan nilai tekanan gas dan daya (arus dan tegangan) yang diberikan dalam sistem sputtering. Hasil dari proses pendeposisian sputtering tersebut berupa ketebalan film yang terbentuk pada substrat. Setiap jenis bahan pelapis yang digunakan, ketebalan film yang dihasilkan berbeda-beda untuk waktu pendeposisian yang sama. Karena setiap jenis bahan pelapis dipengaruhi sifat dan massa dari partikel-partikel penyusunnya. Seberapa jauh pengaruh tekanan gas dan daya terhadap ketebalan film yang terbentuk untuk waktu pendeposisian tertentu dengan sistem sputtering, hanya dapat diketahui melalui penelitian dalam proses sputtering terhadap berbagai jenis bahan pelapis.

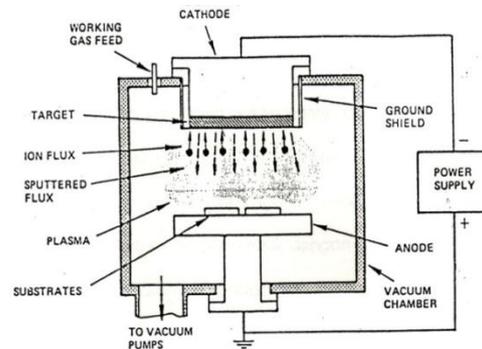
Dalam teknologi film tipis (*Thin Film Technology*) ada dua cara yang dapat digunakan dalam membuat lapisan tipis pada substrat dengan pengendapan berupa uap (*Physical Vapor Deposition*) yaitu:

- Evaporasi Vakum (*Vacuum Evaporation*), pengendapan bahan pelapis berupa uap akibat adanya pemanasan suatu logam dalam ruang vakumbertekanan rendah.
- Sistem sputtering, pengendapan bahan pelapis berupa materi yang terlempar dari permukaan suatu logam akibat ditembak oleh partikel berenergi tinggi dalam ruang vakum bertekanan rendah.

Sistem sputtering merupakan sistem yang paling banyak memberikan keuntungan dibandingkan dengan vakum evaporasi [Maissel:1970: 3-2].

- Dapat melapis film dari jenis logam, paduan logam, isolator, semikonduktor bahkan logam magnetik.
- Kecepatan pendeposisian untuk setiap jenis bahan tidak jauh berbeda.
- Dapat melakukan pendeposisian banyak lapisan (multilayer) dengan baik karena kemampuan melapisi berbagai jenis logam.
- Ketebalan film lebih mudah dan sederhana untuk diamati dan dikendalikan.
- Daya adhesi antara film dan permukaan substrat lebih kuat.

Sputtering adalah proses terlemparnya (*ejected*) materi dari suatu permukaan zat padat atau zat cair akibat ditumbuk oleh partikel berenergi tinggi hingga terjadi pertukaran momentum (*momentum exchange*). Target yang berupa bahan pelapis (*coating material*) diletakkan searah dengan substrat (Gambar 1) dalam suatu ruang vakum dengan tekanan awal (*base pressure*) sebesar 5×10^{-4} sampai 5×10^{-7} Torr. Jenis partikel yang ditembakkan berasal dari ion gas yang tidak mudah bereaksi zat lain atau gas inert. Materi yang terlempar berupa atom dari suatu logam atau campuran logam akan menempel pada permukaan substrat. [Mc Guire,1980:364].



Gambar 1. Sistem Sputtering Diode Planar dengan Glow Discharge (Sumber: Gary E. McGuire, 1980:365)

Metode yang paling sering digunakan untuk menghasilkan ion-ion penumbuk adalah memasukkan gas Argon (Ar) ke dalam ruang vakum dengan tekanan antara 1 sampai 100 mTorr saat diberi tegangan searah diantara kedua elektrodanya hingga terjadi pelepasan muatan listrik (*electric discharge*) pada target. Ini merupakan proses terjadinya ionisasi gas yang pada saat bersamaan secara jelas akan terlihat suatu Plasma atau *glow discharge*. Terjadinya ionisasi gas Argon karena beda tegangan diantara kedua elektrodanya yang mempunyai jarak tertentu sehingga menghasilkan loncatan elektron-elektron yang sangat cepat dari katoda menuju anoda.

2. Prinsip Dasar Sputtering

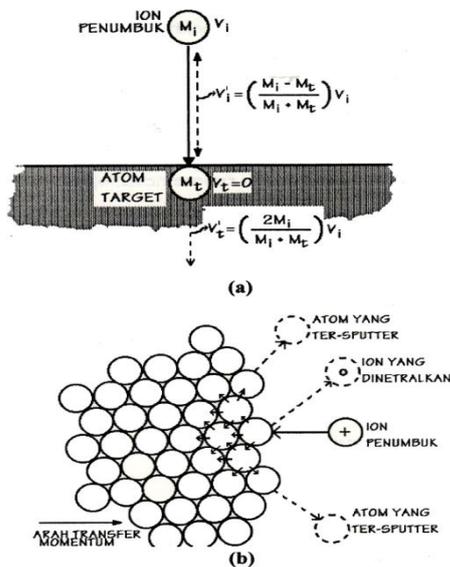
Bila ion-ion ditembakkan dengan energi tinggi terhadap suatu permukaan zat padat maka akan terjadi banyak fenomena. Energi kinetik partikel penembak sangat menentukan kejadian yang timbul. Pada energi yang sedikit melebihi energi ikat atom-atom (energi sublimasi target) secara fisik akan hanya merusak permukaan target. Untuk energi yang sangat tinggi yaitu sekitar 4 kali energi sublimasi target, maka partikel akan tertanam

didalam target, dan fenomena ini merupakan dasar implantasi ion. [Maissel, 1970: 3-2].

Dua kejadian penting yang merupakan prinsip dasar sputtering. Pertama yaitu terlemparnya atom-atom dari permukaan target akibat adanya perpindahan energy oleh ion-ion penumbukan berenergi tinggi. Terjadinya pertukaran momentum antara ion penumbuk dengan atom-atom target pada sputtering merupakan kejadian yang dapat menjelaskan proses terlemparnya atom-atom tersebut. Kedua, dalam tabung akan terlihat adanya suatu kilapan cahaya (*glow discharge*) yang merupakan terjadinya Plasma secara kontinyu. Hal ini menunjukkan proses pendeposisian/pelapisan sedang berlangsung dalam tabung tersebut.

2.1 Teori Pertukaran Momentum Sputtering

Apabila dua buah zat padat berbentuk bulat dan bersifat elastis yaitu partikel penumbuk dan partikel target. Jika partikel penumbuk mempunyai massa M_i dan kecepatan V_i menumbuk elastis sempurna dengan arah normal terhadap partikel target dengan massa M_t dan kecepatan V_t , maka energy kinetic yang berpindah atau energy yang diterima partikel target akibat tumbukan adalah sebesar [Gambar 2.a]: [McGuire, 1980: 366].



Gambar 2. Teori Pertukaran Momentum Sputtering
 (Sumber: Gary E. McGuire, 1980: 366)

$$E_{kt}' = 4M_i M_t E_{ki} / (M_i + M_t)^2 \quad (2.1)$$

$$\lambda = M_i M_t / (M_i + M_t)^2 \quad (2.2)$$

dimana: E_{kt}' = Energi yang berpindah atau energi maksimum yang diterima target

E_{ki} = Energi penumbuk
 λ = Faktor perpindahan energi

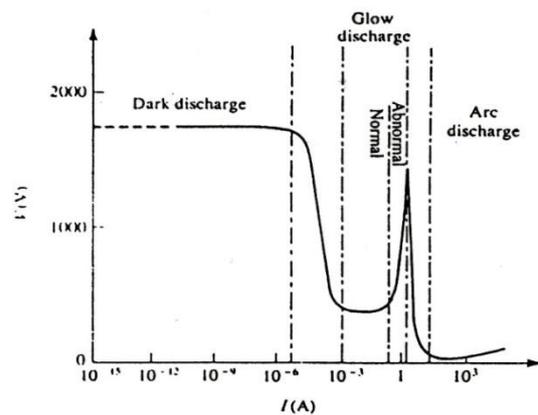
Gambar 2.a menjelaskan secara umum bahwa tumbukan tunggal tidak akan mengakibatkan terlemparnya partikel dari target. Terlemparnya partikel dari target terjadi jika salah satu arah komponen momentum berubah lebih dari 90° . Oleh karena itu proses terlemparnya atom dari target hanya terjadi akibat adanya tumbukan berantai yang bergantung besar energy kinetik partikel penumbuk dengan arah normal [Gambar 2.b]. Kejadian tersebut sama seperti pada model permainan bola billiard (*Biliard Ball Model*) yang merupakan penjelasan yang paling sederhana tentang kejadian atom-atom target yang terlempar.

Dari persamaan 2-2 dapat diamatibahwa energi yang berpindah samadengan energi partikel penumbuk jika massa partikel penumbuk mendekati massa partikel target ($M_i \sim M_t$) atau faktor perpindahan energinya mendekati nilai satu ($\lambda \sim 1$). Ditinjau hal tersebut maka partikel penumbuk yang paling sering digunakan dalam sistem sputtering adalah ion-ion penumbuk dari gas Argon (Ar) karena perbedaan massanya dengan massa atom tidak terlalu jauh dari berbagai jenis target yang sering diaplikasikan pada bidang teknik.

Dari pengertian diatas dapat dijelaskan bahwa terlemparnya atom target dari permukaan dipengaruhi oleh:

- Besar massa dan energi ion penumbuk
- Besar massa atom target
- Energi ikat atom-atom target (energi sublimasi)

2.2 Plasma dan Glow Discharge pada Sputtering



Gambar 3. Grafik Karakteristik Hubungan Arus-Tegangan dalam Self-Sustaining Discharge
 (Sumber: Hong H. Lee, 1990: 384)

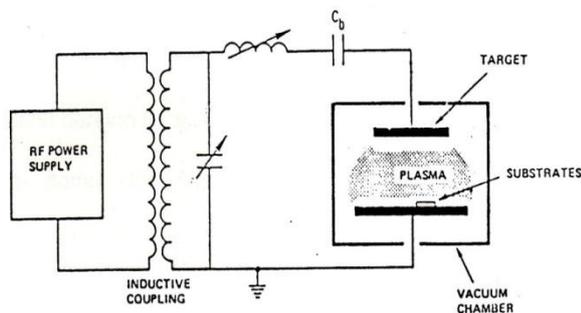
Pada saat terjadinya proses ionisasi gas akan terlihat suatu Plasma. Plasma terjadi karena adanya pelepasan muatan diantara katoda dan anoda.

Istilah umum Plasma dalam Sputtering adalah kumpulan partikel-partikel bermuatan positif dan negatif yang membentuk daerah muatan netral. Muatan netral terjadi akibat jumlah antara muatan negatif sama dengan muatan positif.

Plasma atau pelepasan muatan (*discharge*) yang terjadi dengan sendirinya secara kontinu (*self-sustaining*) diantara elektrodanya disebut *glow discharge*. Ada tiga jenis pelepasan muatan kontinu (*self-sustaining discharge*) yang dapat terjadi akibat adanya loncatan elektron-elektron dari katoda, yaitu *dark discharge*, *gas discharge*, dan *arc discharge*. Ketiga jenis pelepasan muatan kontinu tersebut ditentukan oleh grafik karakteristik hubungan tegangan dan arus yang ditunjukkan dalam Gambar 3. [Lee,1990: 384].

2.3. Sistem Sputtering dengan frekuensi radio (*Radio Frequency Sputtering*)

Pada target jenis isolator tidak dapat melapisi substrat dengan menggunakan sistem sputtering arus searah DC-sputtering karena tegangan yang digunakan akan mencegah terjadinya penetrasi muatan positif yang berkumpul pada permukaan target, saat ditumbuk oleh ion-ion. Berkumpulnya muatan positif akan menyebabkan perbedaan potensial antara katoda dan anoda menjadi semakin kecil.



Gambar 4. Sistem RF-Sputtering Diode Planar dengan Rangkaian Impedansi Matching
(Sumber: Gary E. McGuire, 1980:396)

Akibatnya keadaan *glow discharge* tidak dapat dipertahankan bahkan akan mematikan *glow discharge*. Untuk mengatasinya yaitu dengan menggunakan tegangan bolak-balik dengan frekuensi tinggi. Karena frekuensi yang digunakan dalam frekuensi radio maka proses ini disebut RF sputtering. Perangkat sistem yang menggunakan RF sputtering ditunjukkan dalam Gambar 4. Frekuensi radio yang sering digunakan pada industri-industri, bidang penelitian ilmiah dan bidang adalah 13,56 MHz [Jones,1982:65].

RF-sputtering mempunyai banyak kelebihan dibandingkan DC-sputtering karena selain bahan isolator, sistem ini juga dapat menggunakan target jenis konduktor, resistor, dan dielektrik. Dengan kelebihan yang dimiliki RF-konduktor, resistor, dan dielektrik. Dengan kelebihan yang dimiliki RF-sputtering menambah fungsi dan kegunaan dari sistem sputtering itu sendiri sehingga sistem ini banyak dipakai pada industri-industri elektronik khususnya dalam bidang teknologi film tipis.

3. Sistem Sputtering ARC-12M

Sistem sputtering ARC-12M bekerja secara otomatis dengan rangkaian pengendali elektronik berbasis mikroprosesor yang dihubungkan langsung (*interface*) dengan komputer PC melalui port serial. Kemudahan yang diberikan oleh pabrik pembuatnya pada perangkat ini yaitu apabila operator ingin mengoperasikan setiap tahap prosesnya hanya melalui keyboard komputer PC. Setiap tahap proses sistem sputtering ini secara otomatis telah diatur secara berurutan sehingga apabila pada salah satu tahap terjadi kesalahan atau kondisi minimum tidak dicapai maka untuk tahap berikutnya tidak akan dilaksanakan.

Secara blok diagram, sistem sputtering ARC-12M terdapat tiga bagian utama. Bagian pertama merupakan perangkat inti yang terdiri atas pompa turbo molecular, tiga buah planar magnetron source (*gun*), tiga buah DC-power supply, sebuah tabung silinder yang terbuat dari baja (*Vacuum Chamber*), rangkaian pengendali elektronik berbasis mikroprosesor 80C51 yang dihubungkan langsung kekomputer PC. Bagian kedua merupakan perangkat asesoris yang terdiri atas pembangkit frekuensi radio (RF-Generator) dan sebuah Tuner. Sedangkan bagian ketiga merupakan komputer pengendali dan monitor untuk operator yang terdiri atas seperangkat komputer PC beserta perangkat lunak (*software*).

3.1 Kecepatan Pendeposisian Sputtering

Dalam sistem sputtering, kecepatan pendeposisian (*rate deposition of sputtering*) merupakan ketebalan lapisan pendeposisian per satuan waktu. Untuk mengetahui kecepatan pendeposisian sputtering hanya dapat diketahui berdasarkan hasil pengukuran percobaan secara fisik yaitu dengan mengukur ketebalan film yang terbentuk.

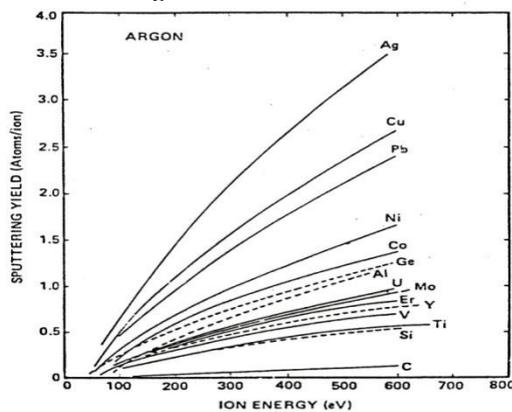
sputtering akan menghasilkan atom-atom yang terpelekat dari target akibat ditumbuk oleh ion-ion berenergi tinggi. Jumlah atom-atom yang dihasilkan dipengaruhi oleh parameter-parameter yang ada sehingga menentukan kecepatan pendeposisiannya. Beberapa faktor yang secara empiris

mempengaruhi nilai kecepatan pendeposisian sputtering yaitu nilai hasil sputtering (sputtering yield), kecepatan sputtering (*rate of sputtering*), dan pengotoran (*impurity trapping*).

3.2 Nilai Hasil Sputtering (Sputtering Yield)

Nilai hasil sputtering (sputtering Yield) merupakan jumlah atom target yang terpelantai per satu ion penumbuk. Berikut akan dijelaskan dua bentuk persamaan nilai hasil sputtering dan keduanya memiliki sebagian dari parameter-parameter seperti energi ion penumbuk, massa ion penumbuk, massa target, dan energi ikat atau energi sublimasi atom target. Salah satu dari persamaan tersebut dapat digunakan untuk menganalisa perubahan-perubahan yang terjadi pada pendeposisian dengan sputtering.

3.3 Analisa Sigmund's Linier Cascade



Gambar 5. Hasil Sputtering dengan argon (Ar) sebagai Ion Penumbuk (Sumber: Gary E. McGuire, 1980:372)

Analisis Sigmund's Linier Cascade yang paling banyak digunakan karena mencakup hal-hal tersebut. Selain itu juga hasil perhitungannya tidak jauh berbeda dengan hasil percobaan. Analisisnya tentang hasil sputtering ditentukan oleh persamaan 3-1 sebagai berikut : [McGuire, 1980: 372]

$$S = K \frac{M_i M_t}{(M_i + M_t)} \left[\frac{E}{U} \right] \alpha \quad (3-1)$$

dimana:

- α = fungsi dari M_t / M_i ,
- S = nilai hasil sputtering (atom per ion)
- E = energi yang dimiliki ion penumbuk (eV)
- U = energi sublimasi (eV/molekul) α
- K = konstanta dari 0,1 sampai 0,3. Energi ambang (*Threshold energy*)

Energi ambang (*Threshold energy*) adalah energi minimum yang dimiliki ion penumbuk agar ion-ion dari target terpelantai, sehingga proses

sputtering dapat terjadi. Dalam proses sputtering, hubungan antara hasil sputtering dengan energi ambang adalah sebagai berikut:

$$S = \alpha \left(E^{1/2} - E_{th}^{1/2} \right) \quad (3.2)$$

$$\alpha = \frac{k}{U} \left[\frac{Z_t}{Z_t^{2/3} + Z_x^{2/3}} \right] \left\langle \frac{Z_x}{Z_t + Z_x} \right\rangle^{0.67} \quad (3.3)$$

dimana :

- E = energi yang dimiliki ion (keV)
- k = konstanta (5,2)
- E_{th} = energi ambang (KeV)
- U = energi sublimasi (eV per partikel)
- Z_t = nomor atom target
- Z_x = nomor atom gas (ion penumbuk)

Jika sebuah molekul gas terdiri dari m jumlah atom, maka persamaan menjadi

$$S = m^{1/2} - \left[(m E_{th})^{1/2} \right] \quad (3.4)$$

3.4 Kecepatan sputtering (*Rate of sputtering*)

Kecepatan sputtering didefinisikan sebagai jumlah atom yang terpelantai persatuan waktu dan luas. Pada saat kerapatan arus ion atau fluksi arus (J_i) sama dengan fluksi ion dikalikan muatan elektron q , maka kecepatan sputtering adalah³⁾

$$r_s = \frac{S j_i}{q} \quad (3.5)$$

dimana :

- r_s = kecepatan sputtering
- J_i = karapatan arus ion ($A \text{ cm}^{-2}$)

3.5 Pengotoran (*impurity trapping*)

Gas argon (Ar) yang digunakan sebagai ion penumbuk, bisa mengandung pengotor yang pada proses deposisi ikut mengendap pada substrat. Oksigen yang ikut masuk bersama-sama dengan gas argon (Ar) juga dapat bereaksi dengan atom-atom pada target sehingga dapat mempengaruhi resistansi lapisan film dan adhesivitasnya pada substrat.

3.6 Tahapan proses adalah sebagai berikut:

Pembersihan substrat
 Tahap ini sangat penting, karena akan menentukan kualitas dari lapisan film tipis yang terbentuk. Pengotor yang ada pada substrat dilarutkan dengan bahan-bahan pelarut kimia. Agar proses pembersihan lebih sempurna, proses pembersihan dilakukan dalam Ultrasonic cleaner. Bahan kimia yang biasanya digunakan antara lain ialah Trichloro

ethylen (TCE), Trichloro ethan (TCA), etanol, atau acetone.

Tahap Sputtering

Proses sputtering dilakukan pada mode operasi RF (*radio frequency*), dengan tekanan awal (*base pressure*) berkisar antara 10^{-5} - 10^{-6} Torr. Setelah tercapai kondisi tersebut dimasukkan gas argon (Ar), sampai mencapai tekanan konstan sekitar 4 mTorr. Daya yang diberikan ialah 100 watt. Deposisi material konduktor dapat dilakukan dengan DC Sputtering, atau RF Sputtering.

Sebelum dilakukan proses deposisi, terlebih dulu dilakukan proses etsa dari substrat yang akan dilapisi. Caranya ialah dengan membalik arah ion penumbuk menuju substrat dengan energi rendah, sehingga hanya cukup untuk membersihkan partikel-partikel pengotor tanpa harus merusak permukaan substrat. Cara ini dapat menaikkan daya adhesif film pada permukaan substrat. Proses deposisi dilakukan menggunakan target yang diinginkan. Pada alat sputtering yang digunakan disini, dapat dipasang 3 macam target, yang digunakan secara bergantian. Dalam eksperimen ini diamati karakteristik pendeposisian dari target Silikon dioksida (SiO_2).

Metoda pengukuran dan pengujian

Alat Sputtering yang digunakan disini sudah dilengkapi dengan monitor pengukur ketebalan (*Thickness monitor*), Prinsip kerja dari alat pengukur ketebalan ini ialah adanya kristal osilator yang frekuensi getarnya akan berubah sesuai dengan ketebalan film yang dihasilkan. Semakin banyak partikel hasil proses deposisi yang menempel pada kristal, getaran kristal osilator akan semakin rendah. Perbedaan frekuensi ini dikonversikan sebagai perbedaan ketebalan, yang langsung tampil pada layar monitor. Adapun alat Sputtering ARC-12M dapat dilihat pada Gambar 6 berikut ini.

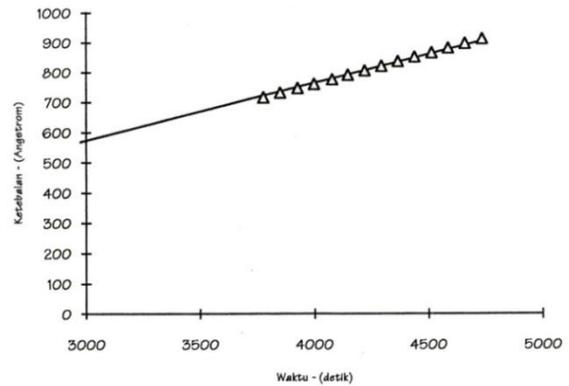


Gambar 6. Peralatan Sistem Sputtering ARC-12M

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Pengaruh Tekanan gas Argon terhadap kecepatan deposisi

Dengan tekanan gas argon (Ar) 10 mTorr dan 100 watt diperoleh data hasil pengukuran data waktu pengukuran pendeposisian untuk ketebalan film Silikon Dioksida (SiO_2).



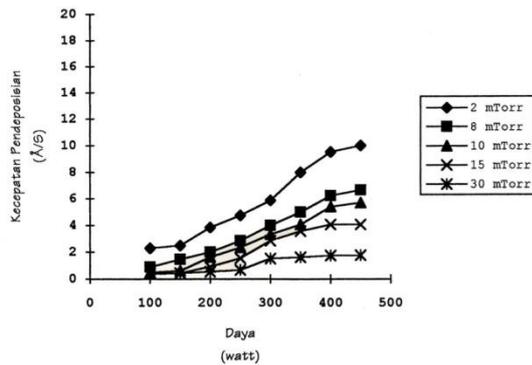
Gambar 7. Kurva hubungan Ketebalan film Silikon Oksida (SiO_2) terhadap Waktu

Tabel 1 Kondisi Proses Pendeposisian Silikon Dioksida (SiO_2)

Tekanan Base	$3 - 4 \times 10^{-5}$ Torr
Daya (Power)	100 Watt
Tekanan Gas	10 mTorr
Rotasi	8 Rpm
Gun/Shutter	2/2

3.4 Kecepatan pendeposisian Silikon Dioksida (SiO_2)

Dari hasil pengukuran dan pengujian selama dilakukan pendeposisian terhadap target silikon dioksida (SiO_2). Kecepatan pendeposisian untuk masing-masing tekanan gas argon (Ar) dan Daya yang diberikan dapat dilihat pada kurva karakteristik kecepatan pendeposisian yang ditunjukkan dalam Gambar 6.



Gambar 8. Kurva Karakteristik Kecepatan Pendeposisian Pendeposisian untuk SiO₂

Ketebalan lapisan film sebagai produk dari proses deposisi Silikon Dioksida (SiO₂), menunjukkan kenaikan secara linier dengan bertambahnya waktu, dengan metode RF-Sputtering, seperti pada Gambar 8.

Hasil *sputtering* akan naik perlahan-lahan dengan naiknya energi, di lain pihak, material yang menumbuk katoda sebanding dengan kerapatan arus. Penambahan daya akan mengakibatkan peningkatan kerapatan arus dan peningkatan tegangan, karena daya merupakan perkalian arus dengan tegangan. Bertambahnya tegangan akan meningkatkan energi yang dimiliki oleh ion-ion penumbuk sehingga jumlah atom-atom target yang terpental dari permukaan semakin bertambah. Hal ini secara empiris akan meningkatkan hasil *Sputtering*. Peningkatan kerapatan arus akan meningkatkan muatan pada permukaan target sehingga akan mempercepat ion-ion penumbuk menuju target. Selain itu, bertambahnya arus akan menaikkan jumlah elektron yang teremis dari target, sehingga meningkatkan jumlah tumbukan ionisasi.

Peningkatan jumlah tumbukan ionisasi akan meningkatkan kerapatan arus ion-ion nya, sehingga secara empiris meningkatkan kecepatan *sputtering*. Konstannya kecepatan pendeposisian dengan naiknya daya dari 350-450 watt disebabkan karena jumlah atom yang terpental dibatasi juga oleh luas permukaan target.

5. Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan pengukuran ketebalan pendeposisian film untuk Silikon Dioksida (SiO₂) dengan menggunakan Radio Frequency (RF)-Sputtering dalam sistem ARC-12M, dapat disimpulkan sebagai berikut:

Dari kurva karakteristik dalam Gambar 5 menunjukkan adanya hubungan kuat antara

ketebalan film dengan waktu pendeposisian dengan sistem sputtering ARC-12M yang bersifat linier untuk setiap jenis target.

1. Pada proses deposisi Silikon Dioksida (SiO₂) dengan metode RF-sputtering ini, ketebalan akan naik secara linier dengan bertambahnya waktu.
2. Makin tinggi tekanan gas Argon, kecepatan pendeposisian semakin lambat, bahkan pada tekanan gas Argon diatas 130 mTorr proses deposisi akan berjalan sangat lambat, karena adanya sebagian material yang mengendap kembali di katoda karena adanya proses diffusi.
3. Kecepatan pendeposisian akan bertambah dengan naiknya daya, khususnya pada 100-300 watt, tetapi untuk penambahan daya dari 350-450 watt, kenaikan kecepatan pendeposisian menunjukkan nilai mendekati konstan.

Daftar Pustaka

- [1]. Maissel, Leon I dan Reinhard Glang, 1970, *Handbook of Thin Film Technology*, New York McGraw-Hill, Inc.
- [2]. Jones, Roydn D, 1982, *Hybrid Circuit Design and Manufacture*, New York, Marcel Dekker, Inc.
- [3]. Harper, Charles A & Ronald M Sampson, 1984, *Electronic Materials and Process Handbook*, edisi ke II, Singapore, Mc Graw Hill Inc.
- [4]. Lee, Hong H, 1990, *Fundamentals of solid state and electron device*, Singapore, Me Graw hill Publishing company.
- [5]. Class, Walter and Murray, 1969, *Solid state Technology: Sputtering Materials for Electronic Application*, Edisi Desember
- [6]. Sequeda, F.O, 1986, *Journal of Metal: Film deposition Techniques in Microelectronics*, Edisi Februari, California.