

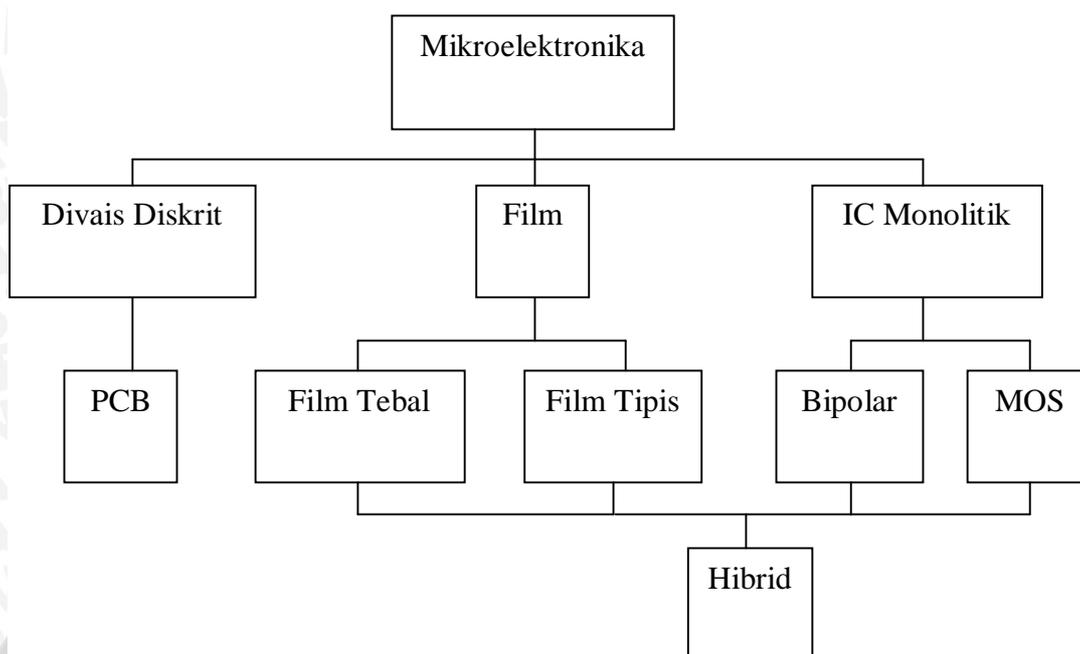
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Salah satu dasar untuk mendesain dan merencanakan penelitian ini adalah hasil dari penelitian dan skripsi dari Atma Yuwana pada tahun 1998. Pada skripsi ini hanya membahas bagaimana cara memperoleh karakteristik resistor film tebal saja dan desain yang dibuat hanya menggunakan screen T200 saja. Pada penelitian ini *screen* yang digunakan berukuran yang digunakan yaitu T120, T150, T165, T185 dan T200 serta menggunakan suhu pengukuran, jenis Rs pasta dan desain yang berbeda. Pengetahuan yang mendukung perencanaan dan realisasi penelitian ini meliputi Resistor, konduktor, koefisien tegangan resistansi resistor, koefisien suhu resistansi resistor, teknologi hibrida film tebal dan material dalam pembuatan teknologi hibrida film tebal.

2.1 Teknologi Hibrida Film Tebal

Perkembangan bidang mikroelektronika dewasa ini sudah begitu pesatnya. Sementara orang cenderung memusatkan perhatian kepada chip silikon, tetapi sebenarnya bidang ini sebagian dari perkembangan itu. Mikroelektronika terdiri atas beberapa teknologi penting yang dapat dibagi menjadi tiga yaitu: teknologi peralatan diskrit yang berhubungan dengan teknologi *Printed Circuit Board* (PCB), teknologi film yang terbagi menjadi film tebal (*thick film*) dan film tipis (*thin film*), teknologi rangkaian terpadu atau *Integrated Circuits* (IC) monolitik yang terbagi menjadi *bipolar* dan *Metal Oxide Semiconductor* (MOS). Gabungan teknologi film dan teknologi IC monolitik menghasilkan teknologi hibrida. (Haskard, 1988). Teknologi hibrida film tebal adalah salah satu bidang dari teknologi hibrida yang ditunjukkan dalam Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Blok Klasifikasi Mikroelektronika

Sumber : Haskard 1988:1

Teknologi hibrida film tebal terdiri atas sejumlah proses yang diulang beberapa kali dengan urutan tertentu. Prosesnya meliputi pembuatan *screen*, pencetakan pengeringan dan pembakaran. Pada proses standar ini ditambahkan juga proses pembersihan, penyolderan, pengujian dan pengemasan.

2.2 Sistem *Screen printing*

Metode yang digunakan dalam teknologi film tebal dalam pelapisan pasta pada substrat menggunakan metode *screen printing* yang menyerupai proses penyablonan.

2.2.1 Pembuatan Pola

Langkah ini dimulai dengan memindahkan pola rangkaian hasil perancangan ke dalam bentuk tata letak yang sesuai dengan aturan perancangan teknologi rangkaian film tebal. Untuk mendapatkan pola yang akurat, maka pola dibuat dengan kepresisian yang tinggi dengan skala yang lebih besar beberapa kali.

2.2.2 Pelapisan Screen

Dalam proses pembuatan *screen* pelapisan emulsi dapat menggunakan cara :

- 1) Emulsi langsung
- 2) Emulsi tidak langsung
- 3) Emulsi gabungan langsung dan tidak langsung

2.2.2.1 Emulsi Langsung

Dalam emulsi langsung *screen* dilapisi dengan emulsi melalui cara pengecatan dengan menggunakan penyaput pada kedua sisinya. *Screen* kemudian disinari dengan sinar ultra violet yang dilewatkan melalui masker foto positif dari pola rangkaian. Pada bagian yang tersinari emulsi akan menjadi polimer dan tidak larut dalam air, sedangkan emulsi yang tak tersinari pada *screen* kemudian dibersihkan. Selanjutnya *screen* dikeringkan.

2.2.2.2 Emulsi Tidak Langsung

Dalam metode emulsi tidak langsung. Film emulsi dilapiskan pada lembaran polyester. Kemudian film disinari seperti pada metode langsung. Setelah bagian yang tidak menjadi polimer dibersihkan, film emulsi pada lembaran polyester diletakkan pada bagian bawah *screen* dan secara hati-hati ditekan dengan alat penekan. Kemudian dibiarkan kering selanjutnya lembaran *polyester* dilepas dari *screen*, dan emulsi tetap melekat pada *screen*.

2.2.2.3 Emulsi Gabungan Langsung dan Tidak langsung

Dalam metode gabungan emulsi langsung dan tidak langsung, Emulsi pada lembaran *polyester* ditekan pada *screen* tetapi masih belum disinari. Sewaktu dikeringkan lembaran polyester dibuang kemudian *screen* yang terlapisi emulsi disinari seperti pada metode langsung.

2.2.3 Printing

Proses *printing* merupakan proses kunci pada teknologi film tebal. Fungsi *printing* adalah meletakkan pasta dengan jumlah tertentu pada tempat yang tepat pada substrat.

Proses printing dapat dengan cara :

- 1) *Snap-off*
- 2) Kontak Langsung

(Haskard, 1988:22)

2.2.3.1 *Snap-off*

Pada metode *snap-off* antara substrat dan *screen* ada jarak dan *screen* harus lentur untuk mengatasi jarak dengan tekanan dari rakel.

2.2.3.2 Kontak Langsung

Pada metode kontak langsung substrat digerakkan keatas sehingga menempel pada *screen* selama proses printing, pada rakel tidak diperlukan tekanan sebesar metode *snap-off*.

2.2.4 Pengendapan Cetakan

Proses ini dilakukan dengan cara membiarkan substrat selama 5-10 menit pada suhu ruangan agar pasta benar – benar mengendap sehingga jalur-jalur bekas *screen* menghilang.

2.2.5 Pengeringan Cetakan

Fungsi pengeringan adalah membuang pelarut yang menguap dari pasta yang tercetak sebelum pembakaran pada tungku. Waktu yang dibutuhkan untuk mengeringkan hasil cetakan berbeda – beda disesuaikan dengan petunjuk pembuat pasta.

2.2.6 Sistem Pembakaran

Proses Pembakaran dilakukan dengan menggunakan tungku (*Furnace*). Pembakaran mempunyai fungsi untuk menghilangkan bahan organik pengikat dari pasta yang kering, dan membentuk struktur pada bahan pasta.

Faktor utama yang menentukan proses pada tungku pembakaran adalah:

- Profil waktu dari temperatur
- Keadaan atmosfir tungku

(Harper, 1974: 6-38,6-39)

2.3 Resistor

Resistor merupakan komponen yang sangat berperan dalam rangkaian hibrida film tebal. Resistor hibrida film tebal mempunyai karakteristik yang terdiri atas TCR

(*Temperature Coefficient of Resistance*) dan VCR (*Voltage Coefficient of Resistance*), disipasi daya, tegangan maksimum dan tanggapan frekuensi.

Bahan resistor film tebal dapat dibagi menjadi dua yaitu *resin* dan *cermet*. *Cermet* terbagi menjadi beberapa campuran yaitu: berbahan dasar palladium, berbahan dasar ruthenium, berbahan dasar platina, emas dan iridium serta macam-macam campuran.

2.3.1 Karakteristik Resistor Film Tebal

2.3.1.1 Karakteristik Tegangan dan Arus Resistor

Resistansi berkaitan dengan jatuh tegangan (*Voltage drop*) dalam *volt* (V) antara dua terminal resistor dan arus yang melewati resistor dalam satuan *ampere* (A) yang berkaitan dengan hukum *ohm* yang ditunjukkan dalam Persamaan (2.1) dan ditunjukkan dalam Gambar 2.2.

$$R = \frac{V}{I} \quad (2.1)$$

Dengan : V = Tegangan Resistor (V)

I = Arus Resistor (A)

R = Resistansi (Ω)



Gambar 2.2 Arus yang Mengalir Melewati Resistor yang Mempunyai Jatuh Tegangan

Sumber : Dorf, 1993:6

Resistor dengan resistansi R mempunyai arus I mengalir melewati resistor yang mempunyai jatuh tegangan sebesar IR . Semua resistor mendisipasi daya pada saat tegangan digunakan yang dapat dinyatakan dalam Persamaan (2.2):

$$P = \frac{V^2}{R} \quad (2.2)$$

Dengan : P = disipasi daya (W),

V = tegangan resistor (V),

R = resistansi (Ω)

Resistor ideal mendisipasi energi listrik tanpa menghasilkan energi listrik dan magnet. (Julius, 1997). Disipasi resistor harus dijaga kurang dari nilai yang telah distandardkan oleh pabrik, normalnya 40mW/mm^2 . (Haskard, 1988).

2.3.1.2 Koefisien Tegangan Resistansi

Dengan adanya kemungkinan perubahan nilai resistansi pada resistor karena perubahan tegangan yang diberikan pada resistor, maka dikenal dengan koefisien tegangan resistansi atau VCR (*Voltage Coefficient of Resistance*).

Nilai koefisien tegangan resistansi didapatkan dengan melakukan pengukuran nilai resistansi pada dua kondisi yang berbeda pada konduktor yang sama. Persamaan nilai koefisien tegangan resistansi ditunjukkan dalam Persamaan (2.3):

$$VCR = \frac{R_2 - R_1}{R_1 (V_2 - V_1)} \dots \dots \dots (2.3)$$

Keterangan :

V1 = tegangan saat pengukuran R1 (V).

V2 = tegangan saat pengukuran R2 (V).

R2 = resistansi saat tegangan V1 (Ω).

R1 = resistansi saat tegangan V2 (Ω).

VCR = koefisien tegangan resistansi (V^{-1}).

2.3.1.3 Koefisien Suhu Resistansi

Dengan adanya kemungkinan perubahan nilai resistansi resistor akibat perubahan suhu lingkungan, maka dikenal nilai koefisien suhu resistansi atau TCR (*Temperature Coefficient of Resistance*).

Nilai koefisien suhu resistansi didapatkan dengan melakukan pengukuran resistansi pada dua kondisi suhu lingkungan yang berbeda pada konduktor yang sama. Persamaan nilai koefisien suhu resistansi ditunjukkan dalam Persamaan (2.4) :

$$TCR = \frac{R_2 - R_1}{R_1 (T_2 - T_1)} \cdot 10^6 \dots \dots \dots (2.4)$$

Keterangan :

T1 = tegangan saat pengukuran R1 ($^{\circ}C$).

T2 = tegangan saat pengukuran R2 ($^{\circ}C$).

R1 = resistansi saat tegangan T1 (Ω).

R2 = resistansi saat tegangan T2 (Ω).

TCR = koefisien tegangan resistansi ($ppm^{\circ}C^{-1}$).

Jenis koefisien suhu resistansi, yaitu :

- 1) Koefisien suhu positif, menunjukkan kenaikan nilai resistansi dengan kenaikan suhu.
- 2) Koefisien suhu negatif, menunjukkan penurunan nilai resistansi dengan kenaikan suhu.
- 3) Koefisien suhu nol, menunjukkan tidak berubahnya nilai resistansi dengan kenaikan maupun penurunan suhu.

2.4 Konduktor

Konduktor memegang peranan penting dalam rangkaian film tebal. Konduktor merupakan bahan terbesar yang digunakan pada rangkaian film tebal. Fungsi konduktor dalam film tebal adalah sebagai jalur penghubung, tempat peletakan divais dan penyolderan, terminal resistor, penghubung *crossover*, elektroda kapasitor, *Bonding chip* dan *die*, Bonding kawat, resistor nilairendah. Konduktor film tebal terdiri atas campuran logam meliputi: palladium dan perak, palladium dan emas, platina dan emas serta macam-macam campuran.

Fungsi konduktor dalam rangkaian elektronika yang memanfaatkan teknologi film tebal adalah:

a. Jalur Interkoneksi

Biasanya konduktor berfungsi untuk memindahkan sinyal dari bagian yang satu ke bagian yang lain. Untuk melakukan fungsi tersebut maka konduktor harus mempunyai daya hantar yang cukup baik

b. Terminal untuk Resistor

Konduktor mempunyai fungsi sebagai terminal resistor yang akan turut menentukan dimensi resistor. Yang perlu diperhatikan adalah bahan konduktor dan bahan resistor harus mempunyai daya ikat yang cukup baik.

c. Konduktor Tempat Penyolderan *Lead (Pad)*

Dalam suatu sistem elektronika yang kompleks biasanya terdiri atas gabungan antara sistem yang satu dengan sistem yang lain. Untuk menghubungkan antara sistem yang satu dengan sistem yang lain tersebut, maka diperlukan kaki (*lead*). Dalam suatu sistem yang dibuat dengan teknologi hibrida film tebal, maka kaki ini dilekatkan pada konduktor yang terletak di tepian substrat. Konduktor tempat menempelnya kaki tersebut biasanya disebut dengan *pad*.

d. Konduktor untuk *Crossover*

Dalam suatu sistem elektronika yang kompleks biasanya terjadi jalur konduktor yang satu harus bersilangan dengan jalur konduktor yang lain tanpa ada kebocoran sinyal. Untuk mencegah kebocoran sinyal, maka dibutuhkan penyekatan dengan bahan dielektrik di antara kedua jalur konduktor yang bersilangan tersebut. Lapisan penyekat tersebut biasanya disebut *crossover*.

e. Elektroda Kapasitor

Kapasitor dalam teknologi film tebal dapat dibuat dengan jalan membuat lapisan konduktor sebagai lapisan dasar atau lapisan pertama, kemudian diikuti dengan membuat lapisan dari bahan dielektrik dan kemudian dilapisi lagi dengan konduktor sebagai lapisan ketiga.

f. Konduktor Tempat Mengikatkan Chip

Komponen aktif dalam bentuk chip seperti transistor, dioda atau IC seringkali dipasang pada substrat dengan cara pengikatan menggunakan kawat emas. Konduktor yang digunakan adalah dengan kadar emas tinggi sehingga menghasilkan ikatan yang baik dengan kawat emas.

g. Konduktor untuk Membuat Resistor dengan Harga Rendah

Untuk membuat resistor film tebal dengan harga rendah, maka dapat digunakan konduktor. Konduktor yang dibuat berbentuk labirin.

h. Konduktor untuk Pengepakan (*Packing*)

Salah satu cara untuk melindungi rangkaian hybrids-IC dari kondisi lingkungan ialah dengan menutup rangkaian tersebut dengan tutup yang terbuat dari logam. Tutup logam disolderkan pada substrat yang terlebih dahulu diberi lapisan konduktor di sekelilingnya (M. Julius, 1998).

2.5 *Screen*

Screen merupakan tenunan berlubang-lubang yang terbuat dari serat. Fungsi *screen* adalah sebagai tempat pembentukan pola yang akan dicetak dan menentukan ketebalan pasta yang dilekatkan. Serat yang digunakan untuk membentuk jaring-jaring suatu *screen* terbuat dari berbagai macam bahan. Tiga jenis bahan yang sering digunakan adalah polyester, nylon, dan stainless steel. *Screen* ditunjukkan dalam Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Screen

Sumber: Lab. Elektronika TE. UB

Syarat-syarat rangka screen yang utama :

- a. Tidak berubah bentuk dalam segala temperatur.
- b. Rangka screen harus bebas dari permukaan-permukaan yang kasar dan benjolan-benjolan benda yang tajam.
- c. Bagian rangka screen yang bertemu dengan gasa screen harus halus dan licin.
- d. Pada bagian sudut-sudut rangka screen harus agak bulat.
- f. Rangka screen tidak berubah dalam keadaan basah atau dalam keadaan kering.
- g. Tahan terhadap bahan-bahan kimia yang digunakan dalam proses pencetakan.

(Julius St, M. 1997: 7)

Screen Mask

1. Screen mask terdiri dari kerangka, dan screen mask yang ditarik dan dilekatkan pada kerangka.
2. Emulsi sensitive cahaya yang dilapiskan pada screen .
3. Dengan proses pemanasan menggunakan sinar dengan panas tertentu, lapisan emulsi akan hilang dari bagian yang tertutup film sablon. Sinar yang digunakan pada umumnya sinar matahari.
4. Dalam proses pencetakan, pasta melewati screen melalui daerah yang tidak terlapis emulsi dan ditahan oleh area yang dilapisi emulsi.

2.6 Substrat

Material utama yang digunakan dalam teknologi film tebal adalah substrat dan pasta. Substrat merupakan media tempat komponen film tebal diimplementasikan, sedangkan pasta adalah bahan pembentuk komponen film tebal, yang diformulasikan sedemikian rupa sehingga dapat dibentuk melalui proses pencetakan. Substrat berfungsi tidak hanya sebagai pendukung rangkaian komponensaja tetapi juga berfungsi sebagai pelindung mekanis kepada komponen, penyalurpanas dan sebagai isolator listrik. Bahan keramik banyak digunakan sebagai substrat film tebal disebabkan karena sifatnya, yaitu kekuatan mekanis yang tinggi, resistivitas yang tinggi pada daerah temperatur yang luas dan sifat *inert*-nya yang berhubungan dengan berbagai kondisi proses dalam peletakan rangkaian. Keramik yang digunakan pada film tebal meliputi: *porcelain*, *steatite*, *cordierite*, *fosterite*, alumina, beryllia, magnesia, zirconia, yang masing-masing mempunyai sifat-sifat berbeda.

Substrat sebelum digunakan dalam pembentukan sistem perlu untuk dibersihkan dari segala kemungkinan kotoran yang dapat menurunkan kemampuan sistem yang akan dibangun. Kotoran yang mungkin dapat menempel pada substrat ada yang bersifat dapat larut dalam air dan tidak dapat larut dalam air. Untuk menghilangkan kotoran pada substrat, maka diperlukan pembersihan substrat dengan alkohol yang tinggi kadar kemurniannya. Selain alkohol, bahan lain yang dapat digunakan untuk membersihkan substrat, yaitu: trichloroethylene. Pemakaian trichloroethylene sebaiknya dihindari karena dapat menimbulkan pencemaran air (Takayama, N. Sugiyama, T and K. Takahashi. 1990: 685).

Kemurnian keramik alumina yang digunakan antara 95%-96%, sedangkan 4%-6% biasanya berupa campuran antara kalsium, magnesium, dan silica yang ditambahkan untuk meningkatkan reaktifitas alumina pada proses terbentuknya ikatan antara substrat dengan *thick film*. Alumina dengan kemurnian 99% jarang digunakan karena permukaannya terlalu halus, sedangkan adhesi yang lebih kuat akan terbentuk justru pada permukaan kasar. Substrat ditunjukkan dalam Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Substrat Alumina

Sumber: CV. Pridhana Eka

Sebagai media tempat komponen direalisasikan, suatu substrat harus memenuhi beberapa kriteria berikut ini :

a. Kekuatan mekanik

Substrat harus dapat melindungi komponen yang ditempatkan di atasnya, tidak mudah patah atau berubah bentuk.

b. Tahan suhu tinggi

Pasta-pasta film tebal tertentu membutuhkan pemrosesan pada suhu tinggi. Karena itu substrat yang digunakan harus tahan pada suhu tersebut tanpa mengalami perubahan.

c. Inert

Selain suhu tinggi, pada proses pabrikasi film tebal, substrat berhadapan dengan berbagai bahan kimia, baik yang berasal dari pasta atau efek samping pemrosesan. Substrat tidak boleh bereaksi dengan bahan-bahan kimia tersebut.

d. Resistivitas

Substrat harus merupakan isolator elektrik yang baik, dengan kata lain harus memiliki resistivitas yang sangat tinggi.

e. Konstanta dielektrik

Konstanta dielektrik substrat harus serendah mungkin, untuk menghindari efek kapasitas parasitik yang mungkin timbul antar penghantar atau antar komponen.

f. Konduktifitas termal

Substart yang baik harus bersifat konduktor panas untuk mengurangi pemanasan lokal yang diakibatkan disipasi oleh komponen tertentu. (Harper, 1974 : 3-5)

2.7 Pasta Film Tebal

Pasta yang diperlukan dalam membuat system elektronika dengan teknologi hibrida film tebal terdiri dari berbagai macam pasta sesuai dengan fungsinya. Macam pasta film tebal antara lain yaitu:

2.7.1 Pasta Resistor

Pasta resistor digunakan untuk membuat komponen resistor film tebal. Bahan pasta resistor film tebal ada dua macam, yaitu: resin dan cermet. Cermet terdiri atas beberapa macam campuran dengan bahan dasar; palladium, ruthenium, platina, dan iridium. Variasi komposisi pencampuran bahan tersebut menghasilkan pasta resistor dengan nilai resistansi yang berbeda. Umumnya pasta resistor dengan material ruthenium sering digunakan dalam pembuatan resistor film tebal.

Penelitian Laboratorium Johnson Matthey telah menunjukkan bahwa resistor dengan komposisi ruthenium dioksida menampilkan sifat listrik yang baik dan menghasilkan resistor film tebal yang dapat diterima bagi banyak penggunaan (Lemon T.H. 1973).

Pasta resistor mengandung sekitar 40 % pengikat yang merupakan formulasi timah bismut dan timah kaca zirkonat dengan berbagai oksida . Unsur-unsur fungsional pasta terdiri dari oksida ruthenium , paladium oksida , paladium , dan perak . RuO biasanya memberikan stabilitas yang lebih baik untuk pembakaran substrat , dan merupakan bahan resistor yang paling umum digunakan (Carl Edward, 1988).

Nilai resistansi pada pasta resistor didefinisikan sebagai lembar resistansi (R_s) dengan satuan ohm/square (Ω/\square). Pasta resistor diproduksi perusahaan dengan nilai lembar resistansi mulai dari $10\Omega/\square$ sampai $10M\Omega/\square$. Dengan nilai lembar resistansi tersebut resistor dapat dirancang dan dibuat berdasarkan ukuran geometrinya. Contoh pasta resistor ditunjukkan dalam Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Pasta Resistor

Sumber: CV. Pridhana Eka

2.7.2 Pasta Dielektrik,

Pasta yang digunakan untuk membuat komponen kapasitor. Fungsi pasta dielektrik adalah sebagai insulator atau penyekat yang memisahkan kedua elektroda kapasitor. Berdasarkan fungsinya ada empat jenis pasta dielektrik, yaitu:

- dielektrik untuk kapasitor
- dielektrik untuk *crossover* dan *multilayer*
- dielektrik untuk enkapsulasi
- dielektrik untuk segel kedap udara dan pengemasan

Contoh pasta dielektrik ditunjukkan dalam Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Pasta Dielektrik.

Sumber: CV. Pridhana Eka

2.7.3 Pasta Konduktor

Pasta konduktor adalah bahan yang berfungsi untuk membentuk jalur penghubung antar komponen, *pad*, dan elektroda kapasitor. Pasta konduktor yang digunakan pada rangkaian mikroelektronik, khususnya teknologi film tebal dibedakan menjadi dua jenis berdasarkan sistem logam pembentuknya, yaitu sistem logam tunggal dan system logam paduan. Sistem logam tunggal dari bahan perak adalah pembentuk pasta konduktor yang pertama kali digunakan. Selain mempunyai daya lekat yang tinggi, logam perak mudah disolder. Selain logam perak, pasta konduktor dari bahan dasar emas telah dapat dibuat menjadi pasta konduktor untuk pemasangan devais silikon dengan menggunakan *eutectic bonding* atau *wire bonding*. Sedangkan untuk sistem logam paduan telah dibuat pasta konduktor dari bahan campuran antara platina dengan emas (*gold platinum*), palladium dengan perak (*silver palladium*), dan palladium dengan emas (*gold palladium*). Selain sebagai jalur penghubung antara komponen aktif dan pasif pada rangkaian teknologi film tebal, fungsi konduktor adalah:

- a) Sebagai tempat peletakan komponen dan pensolderan
Suatu sistem yang terbuat dari teknologi film tebal harus mempunyai kaki agar dapat dihubungkan dengan sistem yang lain. Kaki ini diletakkan pada konduktor yang terletak di tepian substrat. Konduktor tempat menempelnya kaki biasanya disebut dengan pad.
- b) Sebagai penghubung *crossover*
Lapisan penyekat dengan bahan elektrik dibutuhkan untuk menghindari terjadinya hubung singkat yang terjadi akibat jalur konduktor yang saling bersilangan antara satu dengan yang lainnya. Lapisan penyekat tersebut disebut *crossover*.
- c) Sebagai pin resistor
Pencetakan resistor membutuhkan konduktor sebagai pin yang menghubungkan dengan komponen lain. (Haskard,1988)

Setiap bahan pembuat pasta konduktor mempunyai konduktivitas bahan yang dinyatakan sebagai lembar nilai resistansi dengan satuan m/satuan luas. Pasta konduktor ditunjukkan dalam Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Pasta Konduktor
Sumber: CV. Pridhana Eka

2.7.4 Pasta pelindung (coating)

Pasta yang mempunyai fungsi untuk menghasilkan lapisan pelindung rangkaian.

2.8 Resis

Resis merupakan suatu cairan yang bersifat peka terhadap cahaya. Dengan sifatnya yang peka terhadap cahaya inilah, maka cairan ini digunakan dalam proses pembentukan pola konduktor pada screen. Resis yang digunakan adalah Autosol, produksi Autotype Int. Ltd, tipe Solvent Resistance, seri 300 (M.Julius,1998).

2.9 Hair Dryer

Hair dryer berfungsi untuk proses pengeringan *screen* yang telah dilapisi oleh lapisan emulsi dan pengeringan pola yang telah tercetak pada *screen*.

2.10 Rakel

Rakel (squeege) berfungsi untuk mengalihkan pasta ke substrat dengan cara menekan pasta ke dalam *screen*. Tegangan permukaan akan menahan pasta pada substrat saat posisi *screen* kembali ke keadaan semula. Bahan yang digunakan sebagai rakel adalah neoprine, polyurethana dan Viton® dengan kekerasan bahan antara 50-60 durometer. Posisi rakel harus menjadikan sisi tajam membentuk sudut 45 sampai 60 terhadap permukaan *screen*. Tekanan rakel terhadap *screen* akan berpengaruh terhadap hasil cetakan. Bila tekanan terlalu ringan maka pasta yang akan dilewatkan *screen* sangat sedikit. Rakel ditunjukkan dalam Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Rakel.

2.11 Larutan M3

Larutan M3 berfungsi untuk menghapus cetakan pola pada *screen* apabila hasil pemindahan pola gambar pada *screen* tidak bagus atau tidak sesuai dengan yang diinginkan,.

2.12 Kaca

Merupakan media yang digunakan untuk menutup gambar pola yang diletakkan di atas *screen*. Ukuran kaca harus disesuaikan dengan ukuran *screen*.

2.13 Lampu Ultraviolet

Lampu ultraviolet digunakan sebagai media proses penyinaran untuk pemindaian pola pada *screen*. Proses penyinaran berlangsung antara 30 – 45 detik tergantung jarak antara lampu UV dan *screen*.

2.14 Oven

Oven berfungsi dalam proses pengeringan setelah pasta dicetak pada substrat alumina. Proses pengeringan dilakukan dengan memasukkan ke dalam oven dengan waktu lebih kurang 15 menit. Oven yang digunakan pada proses *drying* (pengeringan) ditunjukkan dalam Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Oven.

2.15 Furnace

Furnace berfungsi untuk proses pembakaran resistor setelah resistor melalui proses *drying* (pengeringan). Proses pembakaran dilakukan pada suhu 700°C – 800°C membutuhkan pembakaran sampai suhu 800°C . Gambar 2.10 menunjukkan *furnace* yang digunakan dalam proses *firing* (pembakaran).



Gambar 2.10 Furnace Vulcan A-550.