

PENGANTAR

Bismillahirrohmanirrohim.

Puji syukur kepada Tuhan YME atas segala petunjuk serta nikmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Skripsi berjudul “ Karakterisasi VCR dan TCR Resistor Pasta Resistor Pada Substrat Alumina Dengan Teknologi Film Tebal “ ini disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan ketulusan dan kerendahan hati penulis menyampaikan terima kasih kepada :

- Almarhum Bapak Edi Sukarto dan Ibu Zahroh Z.A. atas segala perhatian, dukungan moril dan materil, kasih sayang, nasehat, pengertian dan kesabaran dalam membesarkan, mendidik, memotivasi dan banyak mendoakan kelancaran penulis hingga terselesaikannya skripsi ini. Serta Mbak ‘Icha’ Masyita Amoria Paradisa dan Adik Arya Jannata ‘Goyol’ L.H. yang turut mendoakan, mendukung dan membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
- M. Aziz Muslim, ST., MT. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
- Hadi Suyono, S.T., M.T., Ph.D. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
- Nurussa’adah, Ir., MT. selaku Ketua Kelompok Dosen Keahlian Elektronika Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
- Ir. M. Julius St.,MS. dan R. Arief Setyawan, ST.,MT. selaku Dosen Pembimbing 1 dan Dosen Pembimbing 2 atas segala bimbingan, ide, nasihat, arahan, motivasi, serta saran yang telah diberikan.
- Seluruh dosen TEUB yang selama ini telah memberikan ilmu yang sangat berharga kepada penulis.
- Teman - teman seperjuangan kuliah dan skripsi ‘Lek’ Dodik Fanditya R., M. Saddam R., Tadu Puasandi, Akroma Ardi, Nano’Jojo’ Bagus, Herdinto ‘ Cheng’ Praja Mukti, Aldo Redicka, Dony Wahyu L., Ahmad ‘Tipo’ Farid P., Ahmad M.

Fariz, M. Rizal, Raditya Artha R., Arief Prakoso, Fatahillah atas segala bantuan, saran dan masukkannya.

- Rekan-rekan Laboratorium Elektronika dan Laboratorium Processing TEUB atas bantuan alat dan ilmunya.
- Rekan-rekan Mikroprocessor TEUB periode 2012 – 2013, atas kebersamaan, kebahagiaan, ide dan bantuan yang telah diberikan kepada penulis.
- Teman-teman konsentrasi Elektronika angkatan 2009 TEUB atas kebersamaan, bantuan, masukan dan kerjasamanya.
- Teman-teman AMPERE 2009, teman-teman HME, senior, WORKSHOP serta semua pihak yang tidak mungkin bagi penulis untuk mencantumkan satu-persatu, terimakasih banyak atas bantuan dan dukungannya.

Pada akhirnya, penulis menyadari bahwa skripsi ini masih belum sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi serta bagi masyarakat.

Malang, Mei 2014

Penulis



ABSTRAK

Rhezananta Arya Humaniora, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Maret 2014, *Karakterisasi Vcr dan Tcr Resistor Pasta Resistor pada Substrat Alumina dengan Teknologi Film Tebal*, Dosen Pembimbing: Ir. M. Julius St., MS. dan R. Arief Setyawan, ST. MT.

Resistor merupakan komponen yang sangat berperan dalam rangkaian film tebal. Resistor berteknologi film tebal mempunyai karakteristik yang terdiri dari TCR (*Temperature Coefficient of Resistance*) dan VCR (*Voltage Coefficient of Resistance*). Berdasarkan deskripsi tersebut, maka perlu untuk mengetahui bagaimana pembuatan resistor film tebal dan mengetahui karakteristiknya.

Dalam skripsi ini proses pelapisan emulsi menggunakan bahan *solvent* dan *sensitizer*. Proses pemindaian pola dilakukan dengan penyinaran menggunakan lampu UV. Proses pencetakan resistor menggunakan proses *screen printing* yang dilaksanakan di Laboratorium Teknik Elektro Universitas Brawijaya Malang yang kemudian melalui proses pengendapan (15 menit), *drying* (15 menit), *firing* (7 menit) dan kemudian didiamkan pada suhu ruangan(5 menit) .

Rata – rata nilai VCR terbesar dihasilkan oleh resistor ($R_s = 10,37 \Omega/\square$) dengan *screen* T150 pada aspek rasio 5/1 sebesar -18,87%/V. Rata – rata nilai VCR terkecil dihasilkan oleh resistor ($R_s = 1,023K\Omega/\square$) dengan *screen* T200 pada aspek rasio 1/1 sebesar -10417%/V. Rata – rata nilai TCR terbesar resistor dihasilkan oleh resistor ($R_s = 10,37 \Omega/\square$) dengan *screen* T180 pada aspek rasio 1/1 sebesar 831,58ppm/°C . Rata – rata nilai TCR terkecil dihasilkan oleh resistor ($R_s = 1,023K\Omega/\square$) dengan *screen* T150 pada aspek rasio 5/1 sebesar 212,70ppm/°C .

Nilai VCR yang didapatkan rata – rata bernilai negatif (-) sehingga setiap kenaikan tegangan menyebabkan penurunan nilai resistansi pada resistor film tebal berbahan *cermet*. Nilai TCR yang didapatkan rata – rata bernilai positif (+) sehingga setiap kenaikan suhu menyebabkan kenaikan nilai resistansi pada resistor atau disebut sebagai koefisien suhu positif .

Kata kunci : aspek rasio, *screen* , resistivitas lembaran (R_s), koefisien tegangan resistansi (VCR), koefisien suhu resistansi (TCR)

DAFTAR ISI

PENGANTAR	i
ABSTRAK	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan	3
1.5 Sistematika Pembahasan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Teknologi Hibrida Film Tebal	5
2.2 Sistem <i>Screen Printing</i>	6
2.2.1 Pembuatan Pola	6
2.2.2 Pelapisan <i>Screen</i>	6
2.2.2.1 Emulsi Langsung	7
2.2.2.2 Emulsi Tidak Langsung	7
2.2.2.3 Emulsi Gabungan Langsung dan Tidak Langsung	7
2.2.3 <i>Printing</i>	7
2.2.3.1 Snap-Off	8
2.2.3.2 Kontak Langsung	8
2.2.4 Pengendapan Cetakan	8
2.2.5 Pengeringan Cetakan	8
2.2.6 Sistem Pembakaran	8
2.3 Resistor	8
2.3.1 Karakteristik Resistor	9
2.3.1.1 Karakteristik Arus dan Tegangan Resistor	9
2.3.1.2 Koefisien Tegangan Resistansi	10
2.3.1.3 Koefisien Suhu Resistansi	10



2.4	Konduktor.....	11
2.5	Screen.....	12
2.6	Substrat.....	14
2.7	Pasta Film Tebal.....	16
2.7.1	Pasta Resistor.....	16
2.7.2	Pasta Dielektrik.....	17
2.7.3	Pasta Konduktor.....	17
2.7.4	Pasta Pelindung (<i>Coating</i>).....	18
2.8	Resis.....	18
2.9	<i>Hair Dryer</i>	19
2.10	Rakel.....	19
2.11	Larutan M3.....	19
2.12	Kaca.....	19
2.13	Lampu Ultraviolet.....	20
2.14	Oven.....	20
2.15	<i>Furnace</i>	20
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		21
3.1	Spesifikasi Alat.....	21
3.2	Studi Literatur.....	21
3.3	Perancangan dan Pembuatan Alat.....	21
3.3.1	Perancangan Desain Pola.....	21
3.3.2	Pembuatan Resistor Film Tebal.....	22
3.4	Pengujian Alat dan Analisis.....	22
BAB IV PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT.....		23
4.1	Perancangan Resistor Film Tebal.....	23
4.1.1	Aturan Resistor Persegi Panjang.....	24
4.2	<i>Aspect Ratio</i>	25
4.3	Perancangan Resistor Pada Substrat.....	26
4.4	Proses Pembuatan Pola.....	28
4.5	Proses Pemindaian Pola pada <i>Screen</i>	28
4.5.1	Pelapisan Emulsi pada <i>Screen</i>	28
4.5.2	Proses Pemindaian Pola.....	29



4.5.3	Pencetakan Pola pada <i>Screen</i>	30
4.6	Proses <i>Screen Printing</i>	31
4.7	Proses Pembentukan Resistor	32
4.7.1	Proses Pengendapan.....	32
4.7.2	Proses Pengeringan (<i>Drying</i>).....	32
4.7.3	Proses Pembakaran (<i>Firing</i>).....	33
4.8	Proses Pembuatan Resistor Film Tebal Secara Keseluruhan	33
BAB V PENGUKURAN DAN ANALISIS		36
5.1	Pengukuran Penyimpangan Dimensi Resistor.....	36
5.1.1	Tujuan	36
5.1.2	Alat yang Digunakan	36
5.1.3	Metode Pengukuran	36
5.1.4	Hasil Pengukuran dan Analisis.....	37
5.2	Pengukuran Penyimpangan Nilai Resistor	41
5.2.1	Tujuan	41
5.2.2	Alat yang Digunakan	41
5.2.3	Metode Pengukuran	41
5.2.4	Hasil Pengukuran dan Analisis.....	41
5.3	Pengukuran Koefisien Tegangan Resistansi (VCR) dan Koefisien Suhu Resistansi (TCR).....	43
5.3.1	Tujuan	44
5.3.2	Alat yang Digunakan	44
5.3.3	Metode Pengukuran	44
5.3.4	Hasil Pengukuran dan Analisis.....	46
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		55
6.1	Kesimpulan.....	55
6.2	Saran.....	56
DAFTAR PUSTAKA		57
LAMPIRAN I.....		58
LAMPIRAN II.....		61
LAMPIRAN III.....		65
LAMPIRAN IV-I.....		72
LAMPIRAN IV-II.....		88



LAMPIRAN V-I.....92
LAMPIRAN V-II.....109
LAMPIRAN V-III.....130



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Blok Klasifikasi Mikroelektronika.....	6
Gambar 2.2 Arus yang Mengalir Melewati Resistor yang Mempunyai Jatuh Tegangan	9
Gambar 2.3 <i>Screen</i>	13
Gambar 2.4 Substrat.....	14
Gambar 2.5 Pasta Resistor.....	16
Gambar 2.6 Pasta Dielektrik.....	16
Gambar 2.7 Pasta Konduktor.....	18
Gambar 2.8 Rakel.....	19
Gambar 2.9 Oven.....	20
Gambar 2.10 <i>Furnace</i>	21
Gambar 3.1 Metode pengukuran Amperemeter-Voltmeter	22
Gambar 4.1 Dimensi Resistor.....	23
Gambar 4.2 Pedoman Perancangan Dimensi Resistor Persegi Panjang	25
Gambar 4.3 Resistor dengan Aspek Rasio 1-5 yang Memenuhi Pedoman Perancangan Resistor Persegi Panjang	25
Gambar 4.4 Jumlah Luasan Resistor Empat Persegi	26
Gambar 4.5 Bentuk Rancangan Tata Letak Konduktor dan Resistor Film Tebal .	27
Gambar 4.6 Tata Letak Aspek Rasio yang Terhubung Oleh Konduktor.....	28
Gambar 4.7 Proses Pelapisan Emulsi.....	29
Gambar 4.8 Proses Pengeringan Lapisan Emulsi	29
Gambar 4.9 Proses Penyinaran	30
Gambar 4.10 Proses Pencetakan Pola	30
Gambar 4.11 Hasil Proses Pencetakan Pola.	31
Gambar 4.12 Proses <i>Screen Printing</i>	31
Gambar 4.13 Hasil Proses <i>Screen Printing</i>	32
Gambar 4.14 Proses Pengeringan (<i>drying</i>).....	33
Gambar 4.15 Proses pembakaran (<i>firing</i>).....	33
Gambar 4.16 Resistor hasil proses film tebal	35
Gambar 4.17 Proses Keseluruhan Pembuatan Resistor.....	35



Gambar 5.1	Proses Pengukuran Penyimpangan Dimensi Menggunakan Profile Proyektor.....	37
Gambar 5.2	Grafik Rata – rata Penyimpangan Dimensi Resistor ($R_s = 10,37 \Omega/\square$).....	39
Gambar 5.3	Grafik Rata – rata Penyimpangan Dimensi Resistor ($R_s = 1,023 K\Omega/\square$)	40
Gambar 5.4	Grafik Rata – rata Penyimpangan Nilai Resistansi Pasta Resistor dengan R_s yang Berbeda – beda.....	43
Gambar 5.5	Rangkaian Pengukuran Tegangan Resistansi Resistor.....	44
Gambar 5.6	Proses Pengukuran Tegangan Resistor pada Suhu Ruang $27^\circ C$...	45
Gambar 5.7	Proses Pengukuran Tegangan Resistor pada Suhu Ruang $52^\circ C$ dan $84^\circ C$	45
Gambar 5.8	Proses Pengukuran Tegangan Resistor pada Suhu Ruang 150°	4
Gambar 5.9	Grafik Nilai Rata – rata VCR Masing – masing Resistor dengan $R_s = 10,37\Omega/\square$	45
Gambar 5.10	Grafik Nilai Rata – rata VCR Masing – masing Resistor dengan $R_s = 1,023 K\Omega/\square$	60
Gambar 5.11	Grafik Nilai Rata – rata TCR Masing – masing Resistor dengan $R_s = 10,37\Omega/\square$	61
Gambar 5.12	Grafik Nilai rata – rata TCR Masing – masing Resistor dengan $R_s = 1,023K\Omega/\square$	63



DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Nilai Resistor dengan $R_s = 10,37\Omega/\square$	27
Tabel 4.2 Nilai Resistor dengan $R_s = 1.023K\Omega/\square$	27
Tabel 5.1 Penyimpangan Dimensi Resistor Menggunakan <i>Screen</i> T120 ($R_s = 10,37\Omega/\square$).....	37
Tabel 5.2 Penyimpangan Dimensi Resistor Menggunakan <i>Screen</i> T120 ($R_s = 1,023K\Omega/\square$).....	37
Tabel 5.3 Rata – rata Penyimpangan Dimensi Resistor dengan $R_s = 10,37 \Omega/\square$ Untuk Setiap Resistor pada Substrat.....	38
Tabel 5.4 Rata – rata Penyimpangan Dimensi Resistor dengan $R_s = 1,023 K\Omega/\square$ Untuk Setiap Resistor pada Substrat.....	39
Tabel 5.5 Penyimpangan Resistansi Resistor Menggunakan <i>Screen</i> T120 ($R_s = 10,37\Omega/\square$)	41
Tabel 5.6 Penyimpangan Resistansi Resistor Menggunakan <i>Screen</i> T120 ($R_s = 1,023K\Omega/\square$).....	42
Tabel 5.7 Rata – Rata Nilai Penyimpangan Resistansi Pasta Resistor dengan R_s yang Berbeda	42
Tabel 5.8 Hasil Pengukuran Tegangan Resistor ($R_s = 10,37 \Omega/\square$) Menggunakan <i>Screen</i> T120	46
Tabel 5.9 Hasil Pengukuran Tegangan Resistor ($R_s = 1,023 K\Omega/\square$) Menggunakan <i>Screen</i> T120	46
Tabel 5.10 Rata – rata Nilai VCR Resistor ($R_s = 10,37\Omega/\square$) Menggunakan <i>Screen</i> T120 dan Arus Masukkan 1mA untuk Setiap Kondisi Suhu pada Aspek Rasio 1/1	48
Tabel 5.11 VCR Rata – rata Resistor Menggunakan <i>Screen</i> T120 ($R_s = 10,37\Omega/\square$) untuk Setiap Aspek Rasio	49
Tabel 5.12 Nilai Rata – rata VCR Resistor ($R_s = 10,37\Omega/\square$) untuk Keseluruhan Aspek Rasio	49

Tabel 5.13 Nilai Rata – rata VCR Resistor ($R_s = 1,023K\Omega/\square$) untuk Keseluruhan Aspek Rasio49

Tabel 5.14 Nilai TCR Resistor ($R_s = 1,023K\Omega/\square$) Menggunakan *Screen* T120.....51

Tabel 5.15 Nilai Rata – rata TCR Resistor ($R_s = 1,023K\Omega/\square$) untuk Aspek Rasio 1/1.....52

Tabel 5.16 Nilai Rata – rata TCR Resistor ($R_s = 1,023K\Omega/\square$) Menggunakan *Screen* T120 Untuk Setiap Aspek Rasio52

Tabel 5.17 Nilai Rata – rata TCR Resistor ($R_s = 10,37\Omega/\square$) untuk Keseluruhan Aspek Rasio.....53

Tabel 5.18 Nilai Rata – rata TCR Resistor ($R_s = 1,023K\Omega/\square$) untuk Keseluruhan Aspek Rasio53

