



SERTIFIKAT

Diberikan kepada

Sujarwata

sebagai

Pemakalah

atas partisipasinya dalam "Seminar Nasional Hasil Penelitian MIPA"
yang diselenggarakan dalam rangka Dies Natalis FMIPA UGM ke 59
Yogyakarta, 26-27 September 2014

Dekan

Ketua Panitia

Drs. Pekik Nurwantoro, M.S., Ph.D.

Prof. Drs. Mudasir, M.Eng., Ph.D.



UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

TRANSISTOR EFEK MEDAN ORGANIK (OFET) UNTUK DETEKSI GAS

Sujarwata

ABSTRAK

Fokus utama dalam penelitian ini adalah pembuatan dan karakterisasi OFET berbasis film tipis CuPc dengan struktur *bottom-contact* dan panjang *channel* 100 μm untuk aplikasi sensor gas. Pembuatan OFET, yaitu dengan cara : permulaan dilakukan pencucian substrat dengan *etanol* dalam *ultrasonic cleaner*, kemudian dilakukan pendeposisian elektroda *source/drain* dengan metode penguapan hampa udara dan teknik *lithography*. Selanjutnya dilakukan deposisi film tipis CuPc diantara *source/drain* sebagai panjang *channel* dan elektrode *gate*.

Karakteristik OFET, untuk daerah aktif untuk V_{DS} (2,80 s/d 3,42) V dan kuat arus I_{DS} (0,00095 s/d 0,00169) A. OFET akan aktif beroperasi hanya diperlukan tegangan V_{DS} (2,79 V s/d 3,43 V) dan dengan ukuran sangat kecil (1,5 mm x 3,1 mm) serta jarak antara S ke D adalah 100 μm . Aplikasi sensor gas telah dilakukan penelitian, diperoleh bahwa OFET CuPc dapat mendeteksi dengan waktu respon 90 detik dan waktu pulih 120 detik.

Kata kunci : deposisi, film tipis CuPc, *channel*, sensor gas, OFET



ORGANIC FIELD EFFECT TRANSISTOR (OFET) FOR DETECTION GAS

Sujarwata

Dosen jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri

The main focus of this research is based OFET fabrication and characterization of thin films with bottom-contact structure and a channel length of 100 μm for gas sensor applications. Making OFET, by the way: the beginning of the substrates are cleaned with ethanol in an ultrasonic cleaner, and then carried electrode deposition source / drain with a vacuum evaporation method and technique of lithography. Further CuPc thin film deposition between the source / drain as channel length and the gate electrode.

OFET characteristics, to the active region for V_{DS} (2.80 s / d 3.42) V and strong currents I_{DS} (0,00095 s/d 0,00169) A. OFET will actively operate only required voltage V_{DS} (2,79 s/d 3,43) V and with very small size (1,5 x 3,1) mm and the distance from S to D is 100 μm . Application of gas sensors has done the research, found that CuPc OFET can detect with 90 seconds response time and recovery time of 120 seconds.

Keywords: deposition, CuPc thin films, channel, gas sensors, OFET



PENDAHULUAN

Bahan semikonduktor *phthalocyanine* dan paduannya memiliki aspek potensi komersial dan menawarkan aplikasi yang lebih unggul dibanding dengan silikon. Bahan ini juga memperlihatkan kepekaan tinggi pada elektron akseptor gas dan absorpsi permukaan kristal (film tipis) diikuti oleh reaksi transfer muatan yang mempengaruhi generasi pembawa muatan dan peningkatan konduktivitas. Berdasarkan penelitian (Mirwa,dkk,1995) *phthalocyanine* merupakan logam kompleks yang sesuai untuk peralatan sensor gas dan dapat mendeteksi gas NO₂.

Penelitian dan perhatian tentang transistor OFET (*Organic Field Effect Transistor*) berbasis CuPc sangat intensif sejak satu dasawarsa belakangan ini. Hal ini karena beberapa keunggulan OFET jika dibandingkan dengan transistor efek medan inorganik berbasis silikon, yakni suatu piranti elektronika yang ramah lingkungan, mudah dan murah dalam fabrikasi serta hemat dalam operasionalnya, sehingga terbuka peluang untuk menjadi dasar teknologi mikroelektronika masa depan. Tetapi, karena mobilitas pembawa muatan pada OFET ini umumnya masih rendah, maka perlu terus dilakukan perbaikan.

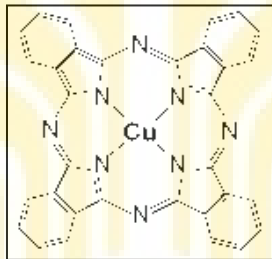
Rendahnya mobilitas pembawa muatan, disinyalir karena belum optimalnya sifat-sifat material organik akibat dari masih banyaknya mekanisme fisis, baik pada material maupun piranti OFET. OFET dalam penelitian ini merupakan salah satu upaya untuk memperbaiki mobilitas pembawa muatan. Selama beberapa tahun terakhir, unjuk kerja OFET secara kontinu telah mengalami perbaikan hingga mengarah kepada penerapan pada industri. Dengan potensi yang sangat besar sebagai komponen elektronika masa depan yang sangat murah dan sebagai kartu cerdas (*smart-card*) misalnya, maka polimer yang dapat diproses dengan metode pelarutan (*solution process*) dapat sebagai pengganti teknologi silikon yang mahal (Henning Rost,2004).

Pada umumnya transistor efek medan terdiri dari beberapa komponen dasar, yaitu bahan konduktor, bahan isolator, serta bahan semikonduktor. OFET merupakan jenis transistor dimana bahan semikonduktornya adalah bahan organik atau polimer. Namun, jika dibandingkan dengan transistor anorganik, mobilitas pembawa muatan OFET pada umumnya masih sangat rendah berkisar antara $10^{-5} \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ (Chadwick, 1986). Material *Phthalocyanine* stabil dengan panas secara alami dan cocok untuk dideposisikan sebagai film tipis dengan sublimasi panas. Suatu tinjauan ulang tentang material ini telah dilaporkan oleh Leznoff dan Lever(1989). Material ini juga memberikan harapan untuk *photoconductive and photovoltaic response*, dimana riset keadaan kuat arus telah ditinjau ulang oleh (Whitlock,1898), (Law,1993) dan (Martin,1981).

Material CuPc merupakan topik yang menarik untuk diteliti, sebab mempunyai kepekaan tinggi terhadap oksidasi gas. Pada penelitian ini akan dihasilkan film tipis CuPc yang ditumbuhkan dengan metode penguapan hampa udara pada suhu ruang. Hasil penumbuhan film tipis CuPc digunakan sebagai landasan untuk pembuatan OFET. Selanjutnya hasil OFET CuPc dimanfaatkan untuk aplikasi sensor gas CO.

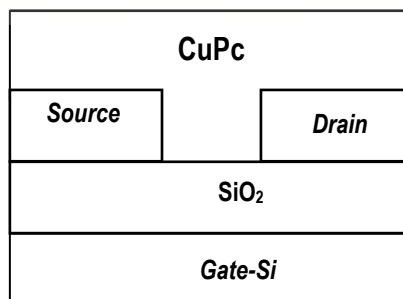
METODE PENELITIAN

Pembuatan OFET dilakukan dengan membuat struktur *bottom-contact*. Permulaan dilakukan pencucian substrat dengan etanol dalam *ultrasonic cleaner*. Setelah substrat bersih, kemudian dilakukan pendeposisian elektroda *source/drain* di atas substrat dengan bahan emas murni dengan teknik *lithography* dan metode *vacuum evaporator*, selanjutnya penumbuhan film tipis OFET yang akan dibuat berstruktur *bottom-contact*.



Gambar 1. Struktur molekul CuPc (Puigdollers,2006)

Cara penumbuhan film tipis CuPc, sebagai berikut : melakukan pemotongan substrat berukuran (1,5 mm x 4,2 mm), kemudian substrat dicuci dengan alat *Ultrasonic Cleaner Model Core-Parmer*. Material CuPc dengan massa 200 mg dimasukkan dalam *bell-jar* (ruang evaporasi). Selanjutnya substrat yang telah dibersihkan dipasang pada *holder* tepat di atas *boot* yang telah berisi CuPc. Alat VE divakumkan sampai tekanannya menjadi 8×10^{-4} Pa (sekitar 4 jam). Proses evaporasi dilakukan dengan memberikan kuat arus tetap sebesar 45 A.



Gambar 2. Struktur OFET *bottom-contact*

Cara karakterisasi OFET, sebagai berikut :

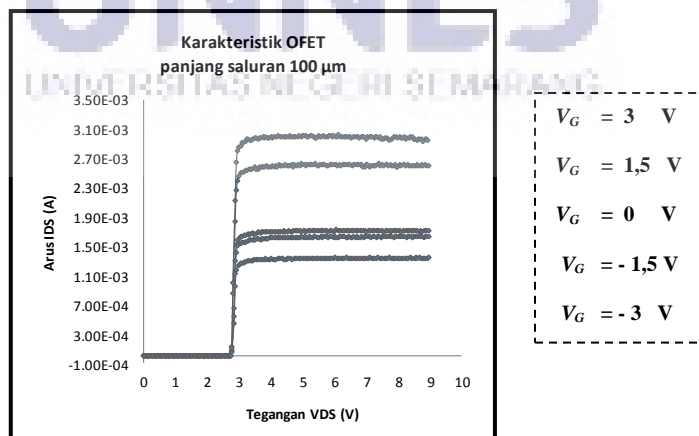
- a) Karakterisasi dari OFET, sebagai berikut: elektroda *source* dihubungkan ke *ground*, sedangkan elektroda *gate* dan *drain* masing-masing dihubungkan dengan panjar mundur.
- b) Untuk menentukan grafik karakteristik OFET, sebagai berikut: kuat arus yang mengalir dari *source* ke *drain* (I_D) diukur dengan memvariasi tegangan *drain* (V_D) untuk setiap nilai tegangan *gate* (V_G).

OFET diuji kinerjanya di laboratorium untuk mendeteksi adanya gas. Uji coba kinerja OFET sebagai sensor gas, meliputi : waktu respon dan waktu pulih. Adapun cara untuk karakterisasi adalah sebagai berikut: OFET ditempatkan dalam *glass chamber* yang atasnya ditutup oleh metalik dilindungi oleh pernis. Gas uji/udara bebas dimasukkan ke dalam *glass chamber* melalui saluran secara bergantian dengan interval waktu tertentu.

Kuat arus elektrik diukur dengan suatu elektrometer (El Kahfi 100). Elektrometer ini dikendalikan oleh suatu perangkat lunak agar dapat merekam saat dilakukan pengukuran I_D dan V_D , selanjutnya data diolah pada *personal computer*(PC) agar dapat diamati dan datanya dapat direkam .Tegangan dapat diterapkan, baik secara terus-menerus atau pada jangka pendek, bergantung pada hasil eksperimen yang diharapkan. Data yang diperoleh dibuat grafik antara I_D dan V_D dengan berbagai nilai V_D dan grafik ini merupakan karakteristik OFET,.

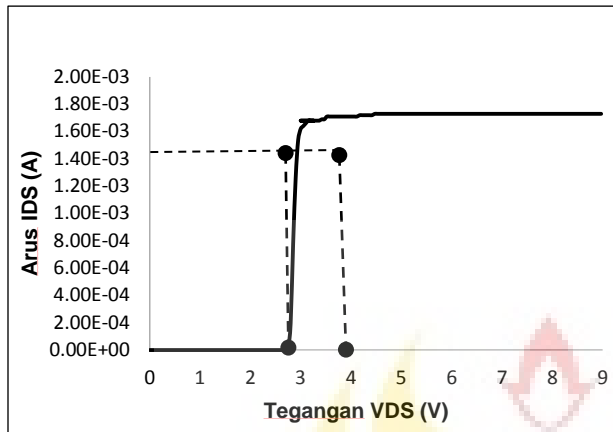
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil karakterisasi OFET CuPc dapat dilihat pada Gambar 3. Tegangan pada *gate* dibuat bervariasi,yaitu : -3 V; -1,5 V; 0 V; 1,5 V dan 3 V, sedangkan tegangan yang diterapkan pada S dan D adalah 3 volt.



Gambar 3. Karakteristik OFET

Untuk analisis pada daerah aktif OFET, hanya untuk tegangan *gate* (V_G) = 0 volt, seperti ditunjukkan dalam Gambar 4.



	V_{Ds} (V)	I_{Ds} (A)
Active Region	2,80 s/d 3,42	0,00095 s/d 0,00169
Saturation Region	3,42 s/d 9	0,00171
Breakdown Region	$9 \geq$	0,00171

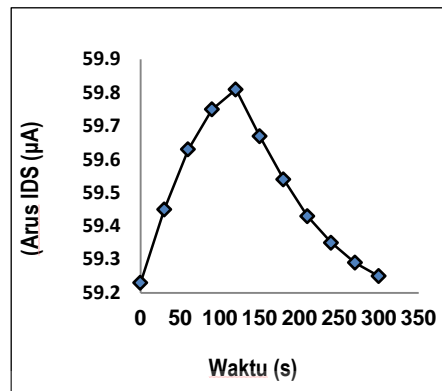
Gambar 4. Karakteristik OFET

Karakterisasi OFET diperoleh bahwa daerah aktif untuk V_D (2,79 V sampai dengan 3,43 V) dan kuat arus I_D (0,00095 s/d 0,00169) A . Sedangkan daerah saturasi OFET pada tegangan V_D (3,43 V sampai dengan 9 V) dan ini merupakan daerah *cut off*. OFET akan aktif beroperasi hanya diperlukan tegangan (2,80 V sampai dengan 3,42 V) dan dengan ukuran sangat kecil (1,5 mm x 4,1 mm) serta jarak antara S ke D hanya 100 μm , sehingga bersifat *mobile*.

Aplikasi sensor gas

Jika permukaan lapisan tipis dari piranti sensor dikenai suatu gas, maka akan terjadi perubahan konduktansi listrik terhadap perubahan waktu pengamatan, ini merupakan prinsip kerja sensor gas. Sensor gas yang memanfaatkan struktur transistor OFET berbasis lapisan tipis CuPc dapat mendeteksi adanya beberapa gas, antara lain : gas buang kendaraan bermotor, CO dan NH_3 . Dalam makalah ini, hanya akan dilaporkan sensor gas pada saat dikenai dengan gas CO dengan volume gas 0,5 cc.

Pengujian sensor gas dilakukan dengan cara mengalirkan gas uji/udara secara bergantian ke dalam tabung uji (*chamber*) dengan periode waktu 15 detik , kemudian diukur kuat arus diantara S dan D . Volume tabung gas uji adalah $1,411246 \times 10^5$ cc, tegangan V_D yang diaplikasikan ($3 \pm 0,05$) volt, tegangan *gate* (V_G) = 0 V dan tegangan pada S (V_S) = 0 V. Perbandingan antara volume gas uji dengan volume udara pada tabung uji adalah $(1 : 1,411246 \times 10^5) = 7,08503 \times 10^{-6}$.



Gambar 5. Grafik respon gas terhadap waktu

Dari grafik Gambar 5. terlihat, bahwa sensor mendeteksi adanya gas dapat diamati dengan waktu respon maupun waktu pulihnya. Sensor merespon adanya gas CO saat permulaan memerlukan waktu 90 detik dan waktu pulihnya memerlukan waktu 120 detik.

KESIMPULAN

OFET berbasis film tipis CuPc yang telah dihasilkan memiliki daerah aktif sam (2,80 V sampai dengan 3,42 V) . Ukuran OFET sangat kecil (6,15) mm² dan jarak *S* ke *D* 100 μm , sehingga bersifat *mobile*. Sensor gas telah diuji untuk mendeteksi gas CO, diperoleh bahwa OFET CuPc dapat mendeteksi dengan waktu respon (90 s) dan waktu pulih (120 s).

DAFTAR PUSTAKA

- Chadwick,A.V, Dunning,P.B.M and Wright,J.D,1986, *Application of organic solids to chemical sensing*.Mol.Crys,Liq. Crys, 134, 137-153.
- Leznoff, A.B.P. Lever,1989, *Phthalocyanines, Properties and Applications 1–3 VCH*
- Law,K.Y.,1993, *Organic photoconductive materials — recent trends and developments*, Chem. Rev. 93_1993.449–486.
- Mirwa,A., Friedrich,M, Hofman,A, 1995, *Sensors and Actuator B24-25*,596
- M. Martin,M, J.J. Andre, J. Simon, 1981,*Organic solar-cells based on metallophthalocyanine semiconductors*, Nouv. J. Chim. 5- 485–490.
- Whitlock,J.B., Panayotatos, Sharma,G.D. , Cox, M.D. , Sauers, R.R. , Bird, G.R. 1993. *Investigations of materials and device structures for organic semiconductor solar-cells*, Opt. Eng. 32_1993.1921–1934.



UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG