



UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

SERTIFIKAT

Diberikan kepada:
SUJARWATA
JURUSAN FISIKA FMIPA UNNES

Atas partisipasinya sebagai
PEMAKALAH

Dalam kegiatan Seminar Nasional MIPA 2015 dengan tema: "Kontribusi Hasil Penelitian MIPA dan Pendidikan MIPA untuk Pengembangan Ilmu Pengetahuan dan Peningkatan Mutu Pendidikan", yang diselenggarakan oleh FMIPA Universitas Negeri Semarang pada tanggal 28 November 2015.



Dekan, FMIPA Unnes,

Prof. Dr. Zaenuri S.E, M.Si, Akt
NIP. 196412231988031001

Ketua Panitia,

Dewi Mustikaningtyas S.Si., M.Si Med
NIP. 198003112005012003

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

Sensor Gas Berstruktur FET Untuk Deteksi Gas Buang Kendaraan Bermotor

Sujarwata

Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Semarang (UNNES)
Semarang, Republik Indonesia
*email: sjarwot@yahoo.co.id

ABSTRAK

Fabrikasi sensor gas berstruktur FET menggunakan metode vakum evaporasi (VE), sedangkan proses perencanaan dengan teknik *lithography*. Tahapan pembuatan sensor gas sebagai berikut: permulaan dilakukan pencucian substrat Si/ SiO₂ dengan *etanol* dalam *ultrasonic cleaner*, kemudian dilakukan deposisi elektroda *source* dan *drain* di atas substrat, deposisi lapisan aktif diantara *source/drain* dan diakhiri dengan deposisi *gate*.

Hasil karakterisasi I-V menunjukkan arus yang mengalir dari *drain* menuju *source* (I_{DS}) dipengaruhi oleh adanya perubahan tegangan *gate* (V_G). Tegangan V_G semakin besar maka I_{DS} yang dihasilkan semakin meningkat. Karakterisasi sensor gas diperoleh bahwa daerah aktif untuk V_D adalah 2,79 V - 3,43 V dan arus I_D $1,49 \cdot 10^{-4}$ A - $1,49 \cdot 10^{-4}$ A. Sedangkan daerah saturasi FET pada tegangan V_D dari 3,43 V - 9 V dan ini merupakan daerah *cut off*. Pengujian kelayakan sensor gas adalah menentukan: waktu tanggap (*response time*) dan waktu pemulihan (*recovery time*). Waktu tanggap sensor terhadap gas buang kendaraan bermotor, dan CO berturut-turut: 135 s. Sedangkan waktu pemulihan adalah 150 s.

Kata kunci : FET, film tipis, *response time*, *recovery time* dan *lithography*

PENDAHULUAN

Di Indonesia, kurang lebih 70% pencemaran udara disebabkan oleh emisi kendaraan bermotor. Kendaraan bermotor mengeluarkan zat-zat berbahaya yang dapat menimbulkan dampak negatif, baik terhadap kesehatan manusia maupun terhadap lingkungan, seperti *suspended particulate matter*(SPM), oksida nitrogen(NO_x), hidrokarbon(HC), karbon monoksida(CO), dan oksida fotokimia(O_x). Data untuk wilayah Jakarta menunjukkan kendaraan bermotor menyumbang 13,44% *suspended particulate matter*(SPM), 71 % hidrokarbon(HC), 34,73 % oksida nitrogen(NO_x) dan hampir 100 % karbon monoksida (CO) ke udara. Sumber utama debu berasal dari pembakaran sampah rumah tangga, dimana mencakup 41 % dari sumber debu di Jakarta. Sektor industri merupakan sumber utama dari sulfur dioksida (www://walhi, 2004).

Phthalocyanine adalah suatu bahan yang belum banyak diteliti dan merupakan semikonduktor bahan celupan organik. Phthalocyanine stabil dengan panas secara alami dan cocok untuk *deposition film* tipis dengan sublimasi panas. Suatu tinjauan ulang tentang material ini telah dilaporkan oleh Leznoff dan Lever. Material ini juga memberikan harapan untuk *photoconductive and photovoltaic response*, dimana riset keadaan arus telah ditinjau ulang oleh (Whitlock et.al , 1993 dan Law , 1993).

CuPc (*Copper Phthalocyanine*) merupakan topik yang menarik untuk diteliti, sebab mempunyai kepekaan tinggi terhadap oksidasi gas. Perkembangan bentuk sensor gas saat ini memerlukan pengetahuan yang canggih terhadap struktur maupun bentuk dari film tipis. Kenyataannya, bahwa struktur dan bentuk dari film tipis CuPc (*Copper Phthalocyanine*) sangat berpengaruh terhadap karakteristik sensor gas. 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.

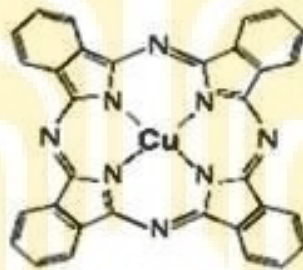
Fokus utama dalam penelitian ini adalah penumbuhan film tipis berbasis semikonduktor organik menggunakan metode penguapan hampa udara pada suhu ruang. Untuk keperluan ini, maka film tipis CuPc akan dideposisikan di atas substrat silikon (Si). Dari hasil penelitian diharapkan terbentuknya film tipis CuPc yang optimum untuk aplikasi sensor gas buang kendaraan bermotor.

Dengan memperhatikan uraian di atas, maka ketersediaan film tipis CuPc yang optimum untuk aplikasi sensor gas adalah sangat vital, terutama untuk mendeteksi

secara dini adanya gas beracun dari kendaraan bermotor. Sehingga penelitian yang diajukan ini akan berkonsentrasi pada pengembangan sensor gas beracun berbasis film tipis untuk aplikasi sensor gas. Rencana aplikasi sensor gas yang lebih jauh untuk mendeteksi adanya gas beracun dari sistem pembakaran, seperti: kendaraan bermotor berbahan bakar bensin dan gas buang dari pabrik.

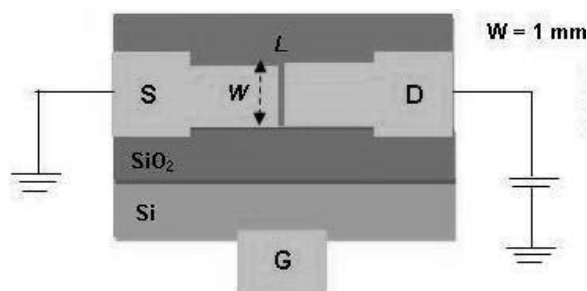
METODE PENELITIAN

Pembuatan FET 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* seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.



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) dan jarak antara S ke D adalah 200 μm (L), 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 turun 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*

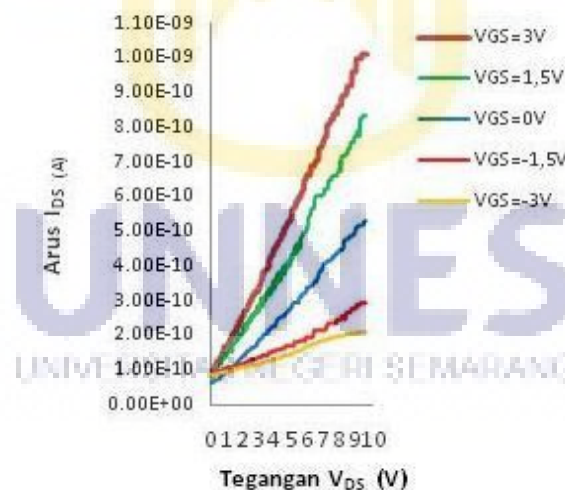
Cara untuk melakukan karakterisasi dan mengukur mobilitas pembawa muatan dari FET dengan struktur *bottom-contact*, sebagai berikut: Elektroda dari *S* dihubungkan ke *grounded*, sedangkan pada elektroda *G* dan *D* masing-masing dihubungkan dengan panjar mundur. Untuk menentukan grafik karakteristik FET, maka dilakukan pengukuran arus (I_D) yang berasal dari *source* ke *drain* (I_D) dengan memvariasi tegangan *drain* (V_D) untuk setiap nilai tegangan *gate* (V_G). Untuk menentukan mobilitas diperlukan data: I_{DS} , $V_{(DS)}$, $V_{(T)}$, C_i , V_{GS} , L dan W . Setelah data hasil eksperimen lengkap, maka dimasukkan dalam persamaan:

$$I_D = \frac{C_i W}{L} \mu \left[(V_G - V_T) - \frac{V_D}{2} \right] V_D$$

Dimana L dan W masing-masing adalah panjang dan lebar suatu *channel* dan C_i adalah kapasitansi per satuan luas bahan isolator. μ = mobilitas ; V_T = tegangan ambang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil karakterisasi FET 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. Panjang *channel* 200 μm

Untuk analisis pada daerah aktif pada FET, hanya untuk tegangan *gate* (V_G) = 0 volt, seperti ditunjukkan dalam Gambar 3. Karakterisasi FET diperoleh daerah aktif untuk V_D adalah (2,79 V sampai dengan 3,42 V) dan arus I_D ($1,49 \cdot 10^{-4}$ A sampai dengan $0,00149$ A). Sedangkan untuk daerah saturasi FET pada tegangan V_D dari 3,43 V sampai dengan 9 V dan ini merupakan daerah *cut off*. Sedangkan untuk daerah saturasi FET pada tegangan V_D dari 3,43 V sampai dengan 9 V dan ini merupakan daerah *cut off*.

KESIMPULAN

1. FET berbasis film tipis CuPc yang telah dihasilkan memiliki daerah aktif (2,79 V sampai dengan 3,43 V) . Ukuran FET sangat kecil (6,15) mm² dan jarak S ke D 200 μm, sehingga bersifat *mobile*.
2. Waktu tanggap dari sensor gas berstruktur FET terhadap gas buang kendaraan bermotor adalah 135 s , sedangkan waktu pemulihan adalah 150 s.
3. Panjang *channel* sensor gas berstruktur FET mempengaruhi besarnya arus yang mengalir dari *source* ke *drain* .

DAFTAR PUSTAKA

- Ambily, S. and Menon, C.S., 1999, *The Effect of Growth Parameter on the Electrical, Optical and Structural Properties of Copper Phthalocyanine Thin Film*, Thin Solid Film 374, 284-288
- 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.
- Dimitrakopoulos, C.D And J. Mascaro, D.J., 2001, *Organic thin-film transistors: A review of recent advances*, IBM J. Res. & Dev., 45, 11. Dogo, S., Blanc, J.P. C.
- Dogo, S., Blanc, J.P., Maleysson, C. and Pauly, A., (1992) , *Interaction of NO₂ with copper phthalocyanine thin films. 11: Application to gas sensing*, Thin Solid Films, 219 (1992) 251.
- Maleysson and Pauly, A, 1992 , *Interaction of NO₂ with copper phthalocyanine thin films. 11: Application to gas sensing*, Thin Solid Films, 219 (1992) 251.
- Henning Rost, Jürgen Ficker, Juan Sanchez Alonso, Luc Leenders, Iain McCulloch, 2004, *Air- stable all-polymer field-effect transistors with organic electrodes*, Synthetic Metals 145, 83–85. Electron, 7(1964)(423-430)
- Ihamtola, H.K.J. and Moll, J.L., 1964, *Design Theory of a Surface Field Effect Transistor* , Solid State Electron. 7(1964)(423-430)
- Kennedy , D.P. and Murley, P.C., 1973, *Steady State Mathematical Theory for the Insulated Gate Field Effect Transistor*, IBM J. Res. Dev., 17(1)(1973). 1-11
- 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.
- Newton,M.I.,Strarke,T.K.H., Mr.Willis, G.McHale, 2000, *NO2 detection at room Temperatur with copper phthalocyanine thin film devices*,*Sensor and Actuators B* 67_ 307-311
- Puigdollers,J.,Voz,C,Fonrodona,M.,Cheylan,S.,Stella,M.,Andreu,J.,Vetter,M.,Alcubilla,R., 2006, *Copper phthalocyanine thin-film transistors with polymeric gate dielectric*, *Journal of Non-Crystalline Solids* 352 (2006) 1778–1782
- Radhakrishnan, S. and Deshpande, S.D., 2002, *Conducting Polymers Functionalized with Phthalocyanine as Nitrogen Dioxide Sensors*,*Sensor*, 2,185-194
- Whitlock,J.B., Panayotatos, Sharma,G.D. , Cox, M.D. , Sauer, R.R. , Bird, G.R. 1993. *Investigations of materials and device structures for organic semiconductor solar-cells*, *Opt. Eng.* 32_1993.1921–1934.
- Zhou, R., Josse, F., Göpel, W., öztürk‡, Z.Z. and ö.Bekaroglu‡, 1996, *Phthalocyanine as sensitiv material for chemical sensors*, *Applied Organometallic Chemistry*, Vol.10,557 – 577

