Berkala Fisika *ISSN : 1410 – 9662*
Vol 4 , No. 2, April 2001, hal 40 - 44

PENGARUH VARIASI TEMPERATUR PENUMBUHAN TERHADAP KARAKTERISTIK SIFAT LISTRIK FILM TIPIS GaN DI ATAS Si (111) DENGAN METODE PA-MOCVD

Heri Sutanto
Laboratorium Fisika Zat Padat, Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Diponegoro, Semarang

ABSTRACT

The thin film of galium nitride has been grown on Si(111) substrates by plasma assisted metalorganic chemical vapor deposition in the range temperature 625 – 700 ^oC. We made ohmic contact by aluminium evaporation on thin film GaN. Electrical characterization of GaN thin film by Hall efect measurement to measure carrier mobility, carrier concentration and resistivity. From the result Hall characterization that was found that Hall mobility, carrier concentration and resistivity are between 6,7 – 757,8 $cm^2/V.s$, 4,6 x 10^{18} – 8,8 x 10^{19} cm^{-3} and 1,8 x 10^{-3} – 1,6 x 10^{-2} ohm cm. The highest Hall mobility is 757,8 $cm^2/V.s$ in growth temperature 675 ^oC.

ABSTRAK

Telah ditumbuhkan film tipis GaN di atas substrat Si(111) menggunakan reaktor MOCVD berbantuan plasma pada rentang temperatur 625 – 700 ^oC. Kontak ohmik dibuat dengan evaporasi aluminium(Al) di atas film tipis GaN. Karakterisasi sifat listrik pada film tipis GaN dilakukan dengan pengukuran mobilitas pembawa muatan, konsentrasi pembawa muatan dan resistivitas dengan metode Hall van der Pauw. Dari hasil karakterisasi Hall diperoleh mobilitas elektron antara 6,7 – 757,8 $cm^2/V.s$, konsentrasi pembawa muatan antara 4,6 x 10^{18} – 8,8 x 10^{19} cm^{-3} dan resistivitas antara 1,8 x 10^{-3} – 1,6 x 10^{-2} ohm cm. Harga mobilitas elektron tertinggi yang diperoleh sebesar 757 $cm^2/V.s$ pada temperatur penumbuhan 675 ^oC.

Pendahuluan

Galium nitrida (GaN) dan paduannya merupakan material yang memiliki celah energi langsung dengan spektrum warna yang lengkap (kuning, hijau, biru dan UV) menjadikan material ini menjadi pusat perhatian para ahli karena sangat potensial untuk aplikasi devais elektronik yang bekerja pada daya dan temperatur tinggi seperti FET dan HFET. Diantara ketiga grup III-nitrida, material GaN berpotensi sebagai material untuk devais optoelektronik saat ini dan menjadi subyek yang sangat ekstensif yang mencapai puncaknya dengan ditemukannya dioda pemancar cahaya (LED) biru berstruktur *double hetero* yang potensial diproduksi secara komersial [1-3].

Sifat listrik dari bahan semikonduktor secara konvensional diberikan dalam batas-batas mobilitas dan konsentrasi pembawa muatan mayoritas pada medan listrik rendah. Kontrol sifat listrik merupakan hal yang sangat penting dalam aplikasi devais elektronik. Faktor penting yang terkait dengan kontrol sifat listrik adalah keberadaan cacat, tingkat doping dan mekanisme kompensasi diri [4].

Banyak hasil penelitian yang diharapkan dapat mengetahui proses reaksi dan penumbuhan film tipis GaN di atas substrat sapphire dan silikon carbide yang merupakan substrat yang biasa digunakan untuk menumbuhkan GaN pada keperluan pembuatan devais. Sedangkan pada penelitian ini digunakan substrat Si (111) karena substrat ini mempunyai beberapa keunggulan antara lain mempunyai ukuran besar, konduktivitas termal baik dan mempunyai laju etching tinggi. Juga harga substrat Si (111) jauh lebih murah dibandingkan dengan substrat sapphire (Al_2O_3) dan SiC yang biasa digunakan dalam penumbuhan film tipis GaN.

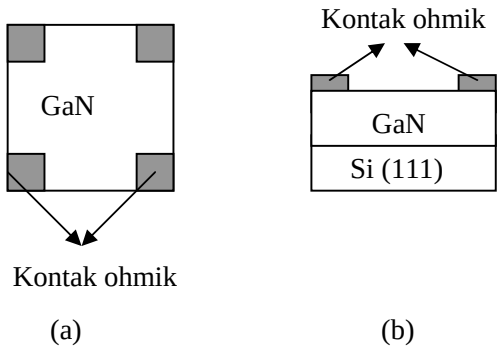
Penumbuhan film tipis GaN dengan metode MOCVD konvensional membutuhkan temperatur penumbuhan yang cukup tinggi yaitu di atas 1000 ^oC, dimana proses dekomposisi NH_3 dilakukan secara termal [5]. Dibandingkan dengan penumbuhan pada temperatur tinggi, penumbuhan pada temperatur rendah justru lebih menguntungkan karena disamping dapat mengurangi kerusakan substrat, juga lebih mudah untuk melakukan doping. Pada penelitian ini akan dikaji pengaruh temperatur penumbuhan terhadap karakteristik sifat listrik film tipis GaN yang ditumbuhkan di atas substrat Si (111) dengan metode MOCVD berbantuan plasma.

Eksperimen

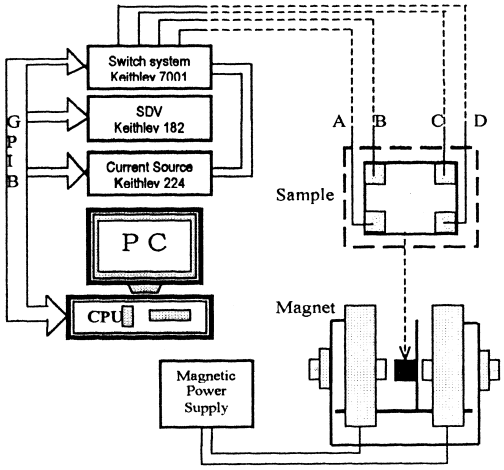
Film tipis GaN ditumbuhkan di atas substrat Si (111) dengan metode MOCVD berbantuan plasma. Substrat Si (111) dipotong kecil-kecil dengan ukuran 1 x 1cm^2, selanjutnya dicuci dengan aceton selama 10 menit selanjutnya dicuci dengan metanol selama 5 menit dan air *deionozed water* untuk menghilangkan adanya lemak atau kotoran di atas substrat. Selanjutnya dilakukan etsa dengan larutan HCl : H_2O_2 : H_2O = 1 : 1 : 6 selama 10 menit dengan tujuan untuk memperbaiki permukaan substrat. Tahap akhir dari preparasi adalah substrat dibilas dengan larutan HF : H_2O = 1 : 10 selama 10 detik dan dikeringkan dengan gas nitrogen.

Setelah proses pencucian substrat, dilanjutkan dengan proses pradeposisi yaitu substrat diletakkan di atas pemanas dengan pasta perak lalu reaktor divakumkan dan substrat dipanaskan pada temperatur 650 ^oC selama 10 menit. Dan tahap akhir adalah penumbuhan lapisan penyangga dan film tipis GaN dengan parameter penumbuhan yaitu laju aliran TMGa = 0,1 sccm, N_2 = 90 sccm, temperatur lapisan penyangga = 600 ^oC, lama penumbuhan lapisan penyangga = 8 menit, lama penumbuhan film tipis GaN = 2,5 jam dan tekanan chamber 0,5 Torr. Selanjutnya dilakukan variasi tempertur penumbuhan film tipis GaN dari temperatur 625 ^oC – 700 ^oC dengan pengontrol temperatur model SR-41 SHIMADEN (*Microprocessor Based Auto Tunning PID-Controller*).

Pada film tipis GaN yang dihasilkan, selanjutnya di atas permukaannya dibuat kontak ohmik dengan mengevaporasi permukaan film tipis GaN dengan aluminium (Al). Adapun skema kontak ohmik yang telah dibuat seperti terlihat pada gambar 1. Sedangkan ketebalan film diukur dengan stylus profilometer DEKTAK II-A. Selanjutnya dilakukan pengukuran sifat listrik film tipis GaN dengan metode Hall van der Pauw. Skema peralatan Hall van der Pauw tampak pada gambar 2.



Gambar 1. Skema kontak ohmik di atas film tipis GaN (a) tampak atas, (b) tampak samping.



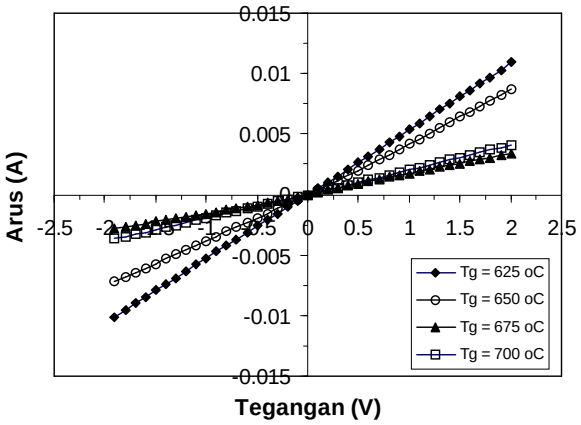
Gambar 2. Skema peralatan Hall van der Pauw

Hasil dan Pembahasan

Dari hasil pengukuran ketebalan dengan stylus profilometer DEKTAK II-A diperoleh ketebalan lapisan penyangga

untuk keempat sampel sebesar 250 A^o dan ketebalan film tipis GaN adalah 0,6 μm. Adapun hasil pengukuran kontak ohmik dan sifat listrik film tipis GaN sebagai berikut :

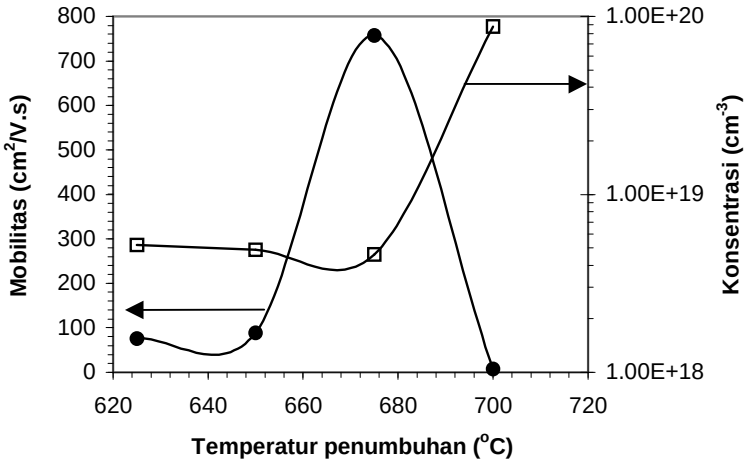
1. Karakterisasi arus-tegangan kontak ohmik



Gambar 3. Grafik arus terhadap tegangan pada pengukuran kontak ohmik

Pengukuran kontak ohmik dilakukan dengan pengukuran arus-tegangan antara kedua kontak yang telah dievaporasi Al di atas film tipis GaN. Kontak ohmik sangat diperlukan dalam aplikasi devais karena merupakan tempat dimana devais akan dihubungkan dengan devais lain. Dari hasil pengukuran kontak ohmik pada gambar 3, terlihat bahwa pengukuran arus-tegangan untuk keempat sampel menunjukkan bentuk grafik yang linier. Hal ini menunjukkan bahwa kontak yang dibuat antara Al dan GaN bersifat ohmik, karena pada persambungan antara Al dan GaN tidak menimbulkan hambatan atau barier yang berarti besar hambatan pada kontak itu tidak berubah dengan pemberian tegangan.

2. Mobilitas dan konsentrasi pembawa muatan film tipis GaN



Gambar 4. Grafik mobilitas dan konsentrasi pembawa muatan terhadap variasi temperatur penumbuhan.

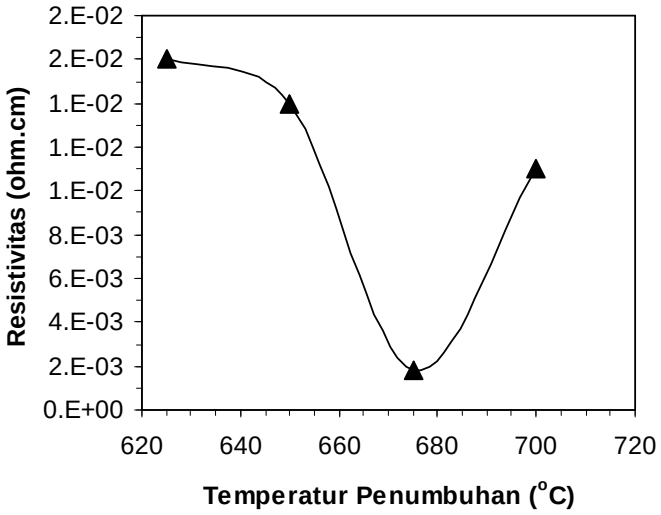
Pertumbuhan film tipis GaN terjadi pada rentang temperatur yang lebar. Pada penelitian ini dilakukan variasi temperatur penumbuhan GaN dari temperatur 625 –

700 ^{o}C untuk mengetahui pengaruhnya terhadap sifat listrik film tipis GaN yang telah ditumbuhkan. Adapun hasil pengukuran sifat listrik dilakukan dengan metode Hall van der Pauw seperti terlihat pada gambar 4. Dari hasil pengukuran pada gambar 4, terlihat bahwa dengan kenaikan temperatur penumbuhan sampai dengan 675 ^{o}C harga mobilitas pembawa muatan semakin meningkat dan konsentrasi pembawa muatan semakin menurun. Hal ini menunjukkan bahwa kualitas kristal dari film tipis GaN yang ditumbuhkan semakin membaik dengan kenaikan temperatur penumbuhan sampai 675 ^{o}C.

Bila temperatur penumbuhan terus dinaikkan sampai dengan 700 ^{o}C diperoleh harga mobilitas pembawa muatan yang rendah dengan konsentrasi pembawa muatan yang tinggi. Rendahnya harga mobilitas disebabkan karena kualitas kristal film tipis GaN menurun dan kemungkinan hadirnya cacat karena masuknya impuritas ke dalam subkisi nitrogen [6]. Pada temperatur tinggi GaN secara termodinamik tidak stabil. Bila temperatur diturunkan, konsentrasi pembawa muatan turun dan mobilitas meningkat. Hal ini menunjukkan bahwa pada temperatur penumbuhan yang agak tinggi peningkatan laju dekomposisi GaN menghasilkan formasi konsentrasi yang signifikan dari tingkat-tingkat donor dangkal berupa cacat non-stoikiometri yaitu kekosongan nitrogen dan dislokasi.

Secara umum hasil penelitian ini diperoleh mobilitas hall yang tinggi (> 70 cm^2/V.s) dengan konsentrasi pembawa muatan yang masih tinggi.

3. Resistivitas film tipis GaN



Gambar 5. Grafik Resistivitas terhadap variasi tempertaur penumbuhan

Dari gambar 5, terlihat harga resistivitas film tipis GaN yang ditumbuhkan sampai dengan temperatur penumbuhan 675 ^{o}C semakin kecil dengan kenaikan temperatur penumbuhan. Semakin kecil nilai resistivitas film ini semakin besar nilai konduktivitasnya yang menunjukkan bahwa dengan kenaikan temperatur penumbuhan film tipis GaN semakin konduktif. Hal ini diduga semakin banyak Galium (Ga) yang berikatan dengan nitrogen (N) dengan kenaikan tempertaur penumbuhan. Semakin besar temperatur penumbuhan semakin besar energi yang diberikan kepada N untuk bereaksi dengan Ga. Sedangkan bila temperatur penumbuhan terus dinaikkan sampai 700°C harga resistivitas naik. Hal ini disebabkan

pada film tipis GaN kebanyakan nitrogen dan cenderung kurang konduktif.

Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan :

1. Kontak yang dibuat antara Aluminium dengan film tipis GaN bersifat ohmik.
2. Nilai mobilitas pembawa muatan semakin meningkat dan konsentrasi pembawa muatan yang semakin menurun dengan kenaikan temperatur penumbuhan sampai 675°C. Harga mobilitas elektron tertinggi yang diperoleh sebesar 757 cm^{2}/V.s pada temperatur penumbuhan 675 ^{o}C.
3. Film tipis GaN yang telah ditumbuhkan semakin konduktif dengan kenaikan temperatur sampai 675 ^{o}C.
4. Masih tingginya konsentrasi pembawa muatan (orde 10^{18} cm^{-3}) disebabkan masih banyaknya impuritas di dalam film tipis GaN.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Prof. M. Barmawi, PhD dan Maman Budiman, PhD atas penerimaan tempat penelitian di laboratorium MOCVD Departemen Fisika ITB serta atas segala bimbingannya. Terima kasih juga disampaikan kepada Dr. M. Nur, DEA, Drs. Sugianto, M.Si dan Nyoman Wendri, S.Si atas bantuan dan diskusinya kepada penulis.

Daftar Pustaka

[1] J.W. Orton and S.T. Foxon, 1998, "*The Electron Mobility and Compensation in n-type GaN"*,Sci. Technology 13.

[2] T.L. Tansley, E.M. Goldys, B. Zow, and H. Y. Zuo, 1997, "*The Contribution of Defects to The Electrical and Optical Properties of GaN"*, dari S.J. Pearton, Optoelectronic Properties of Semiconductors and Superlattice, Vol 2, OPA, Amsterdam B.V Published, Netherland.

[3] W.J. Fan, dkk,1996, "*Electronic Properties of Zinc-Blende GaN, AlN, and their Alloys* $Ga_{1-x}Al_xN$*"*, J. Appl. Phys., 79 (1).

[4] H. Y. Zuo, 1999, "*Optical and Electronics Properties of GaN : A Comparison Study with Reference ti Laser Induced Chemical Vapor Deposition Films"*, Doctoral Dissertation, Macquarie University, Australia.

[5] Sugianto, R.A. Sani, M. Budiman, P. Arifin, Ismet dan M. Barmawi, 1999, "*Penumbuhan Film Tipis GaN di atas Sapphire Dengan MOCVD Berbantuan Plasma"*, Proceedings, Industrial Electronic Seminar, Surabaya.

[6] Oliver Briot,1998,"MOVPE Growth of Nitrides : Group III-Nitride Semiconductor Compounds Physics and Application", Bernard Gil (Ed).