

PENGARUH ALIRAN GAS NITROGEN PADA KARAKTERISTIK LISTRIK FILM GAN YANG DITUMBUHAN DI ATAS SUBSTRAT SILIKON (111) DENGAN TEKNIK SOL GEL SPINCOATING

Yuyu R. Tayubi, Dadi Rusdiana

Jurusan Fisika FPMIPA UPI Bandung

Email : yrtayubi@upi.edu

Abstract

GaN thin films have been successfully grown on silicon substrate (111) by sol gel technique spincoating with nitrogen gas flow variation. GaN films were characterized using X-ray diffraction, SEM and electrical characteristics. The results showed that the film has a polycrystalline structure, while the electrical characterization of resistivity measurements on several samples of GaN films with the variation of N₂ gas flow rate showed that the electrical resistivity of films decreased when the rate of N₂ gas flow is increased.

Keywords: GaN, sol gel spincoating, resistivity.

Abstrak

Film tipis GaN telah berhasil ditumbuhkan di atas substrat Silikon (111) dengan teknik sol gel spincoating dengan variasi aliran gas nitrogen. Film GaN telah dikarakterisasi dengan menggunakan difraksi sinar-X, SEM dan karakteristik listrik. Hasil menunjukkan bahwa film memiliki struktur polikristal sedangkan dari karakterisasi listrik yaitu pengukuran resistivitas pada beberapa sampel film GaN dengan variasi laju aliran gas N₂ menunjukkan bahwa resistivitas listrik dari film mengalami penurunan apabila laju aliran gas N₂ dinaikan.

Kata Kunci : GaN, sol gel spincoating, resistivitas.

PENDAHULUAN

Secara historis, penelitian dan pengembangan material semikonduktor paduan (*compound*) berhubungan erat dengan pengembangan divais optoelektronik maupun divais elektronik. Salah satu divais elektronik yang cukup penting adalah sensor gas untuk memonitor gas-gas yang berbahaya seperti hidrogen (H₂), metana (CH₄), karbon monoksida (CO), asetilen (C₂H₂), dan nitrat oksida (NO₂) pada temperatur yang relatif tinggi. Material semikonduktor yang digunakan untuk aplikasi sensor gas yang sedang diteliti secara luas oleh para peneliti adalah semikonduktor paduan metal oksida seperti SnO₂, akan tetapi karena bahan ini memiliki celah pita energi yang tidak begitu lebar dan kestabilan termokimianya yang relatif rendah maka

sensor gas yang terbuat dari bahan SnO₂ memiliki kualitas yang kurang baik. Sensor gas yang terbuat dari bahan SnO₂ telah diketahui memiliki sensitifitas yang kurang baik untuk banyak gas dan memiliki waktu respon yang lama pada sinyal sensor [1]. Untuk meningkatkan sensitivitas sensor gas diperlukan bahan semikonduktor yang memiliki celah pita energi lebar dan stabil secara termokimia pada temperatur tinggi [5]. Material GaN merupakan material alternatif yang paling tepat, karena selain bahan ini memiliki celah pita energi yang lebar (3,4 eV) juga memiliki struktur celah pita energi dengan transisi langsung (*direct bandgap*). Keuntungan lain dari bahan ini adalah memiliki kestabilan kimiawi, mekanik, dan termal yang tinggi, sehingga stabil dipergunakan pada kondisi lingkungan

yang ekstrim. Untuk itu dalam penelitian ini akan dikaji potensi material GaN untuk aplikasi sensor gas.

Secara khusus penelitian ini bertujuan untuk membuat film tipis dari material semikonduktor GaN untuk bahan baku pembuatan sensor gas yang memiliki sensitifitas dan waktu respon yang baik pada penggunaan temperatur tinggi. Film tipis berbasis semikonduktor GaN tersebut dibuat dengan menggunakan teknik *sol gel spin coating* dengan pertimbangan teknik penumbuhan ini memiliki keunggulan dalam hal biaya operasional dan biaya produksinya yang murah dibandingkan dengan teknik penumbuhan lainnya seperti MOCVD (*metalorganic chemical vapor deposition*), MBE (*Molecular Beam Epitaxy*), Sputtering dan PLD (*Pulsed Laser Deposition*), sehingga menguntungkan secara ekonomis.

METODE PENELITIAN

Proses penumbuhan film tipis GaN meliputi beberapa tahapan yaitu : preparasi *gel gallium citrate amine*, pencucian substrat silikon, kemudian dilanjutkan dengan proses penumbuhan film tipis GaN diatas substrat silikon.

Gel gallium citrate amine memiliki formula kimia $(\text{NH}_4)_3[\text{Ga}(\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7)_2] \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ [3]. *Gel gallium citrate amine* digunakan sebagai sumber Ga dalam proses penumbuhan film tipis GaN.

Proses pembuatan *gel gallium citrate amine* diawali dengan menimbang sebanyak 2,00 gram serbuk Ga_2O_3 (*Gallium Oxide*) yang dilarutkan kedalam pelarut HCl (asam klorida) dan HNO_3 (asam nitrat) dengan perbandingan volume HCl : $\text{HNO}_3 = 1 : 1$, dengan volume masing – masing pelarut 4 ml, sehingga molaritas Ga_2O_3 1,33 M. Perbandingan volume HCl : $\text{HNO}_3 = 1 : 1$ karena pada perbandingan ini Ga_2O_3 dapat melarut dengan sempurna. Selanjutnya kedalam larutan

Ga_2O_3 ditambahkan *ammonium hydroxide* (NH_4OH) sehingga larutan tersebut memiliki pH sekitar 7,5 – 8. Kemudian ke dalam larutan tersebut ditambahkan asam sitrat [CA = *citric acid* ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$)] sehingga rasio Ga : CA adalah 1 : 1 dengan tujuan untuk memperoleh stoikiometri reaksi. Larutan *gel gallium citrate amine* kemudian diaduk selama dua jam pada suhu $80\text{ }^\circ\text{C}$ dengan menggunakan *magnetic stirrer*. Dari hasil pemanasan dan pengadukan ini dihasilkan kristal putih *gel gallium citrate amine*. Kristal putih yang dihasilkan dibilas dengan acetone kemudian disimpan didalam desikator vakum untuk proses pengeringan.

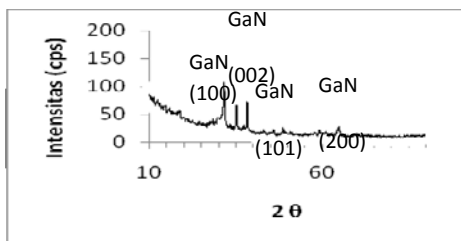
Untuk memperoleh *gel gallium citrate amine* maka kristal putih *gel gallium citrate amine* dilarutkan dalam *ethylenediamine* dengan perbandingan 1 : 3 (*weight /volume*). Proses penumbuhan film tipis GaN diawali dengan menempatkan substrat silikon yang telah dibersihkan diatas *spin-coater*. kemudian diteteskan *gel gallium citrate amine* di pusat permukaan substrat. Selanjutnya *spin-coater* diputar dengan laju putaran 1000 rpm selama 2 menit. Akibat putaran *spin-coater* maka akan timbul gaya sentripetal yang menyebabkan *gel gallium citrate amine* akan menyebar keseluruhan permukaan substrat silikon. Kemudian substrat yang telah dilapisi *gel gallium citrate amine* dipanaskan pada suhu $100\text{ }^\circ\text{C}$ selama beberapa menit untuk proses pengeringan/penguapan pelarut dengan menggunakan *hot-plate*. Proses dekomposisi dilakukan pada suhu $400\text{ }^\circ\text{C}$ dengan tujuan untuk menghilangkan unsur-unsur pengotor organik. Setelah itu dilakukan proses deposisi film tipis GaN didalam *programmable furnace* pada suhu $850\text{ }^\circ\text{C}$ dalam atmosfer N_2 (99,99%) sebagai sumber N.

Sifat-sifat fisis lapisan tipis GaN dapat diketahui melalui karakterisasi lapisan tersebut berdasarkan hasil-hasil

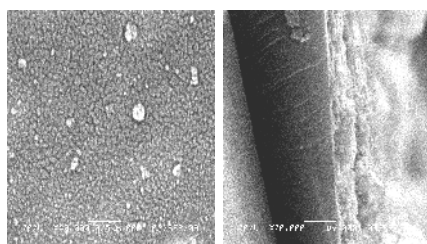
pengukuran. Karakterisasi yang dilakukan adalah analisis struktur kristal dengan menggunakan *X-Ray Difraktion* (XRD), *Scanning Elektron Microscopy* (SEM) digunakan untuk mengobservasi morfologi permukaan film dan karakteristik listrik untuk mengukur resistivitas film.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari pola difraksi XRD (gambar 1) dapat diketahui bahwa untuk molaritas Ga_2O_3 1,33 M dan laju aliran gas N_2 100 sccm muncul puncak-puncak bidang orientasi (100), (002), (101), (102), (110) dan (200), yang menunjukkan bahwa film berstruktur polikristal. Kualitas kristal yang baik secara umum digambarkan dengan intensitas puncak paling tinggi. Hasil XRD bersesuaian dengan hasil SEM dimana morfologi permukaan film tipis GaN yang ditumbuhkan cukup homogen (Gambar 2).

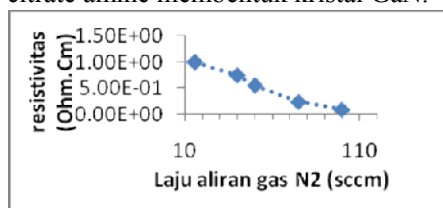


Gambar 1. Pola XRD film tipis GaN untuk parameter Ga_2O_3 1,33 M dan N_2 100 sccm



Gambar 2 Morfologi permukaan film tipis GaN untuk parameter Ga_2O_3 1,33 M dan N_2 100 sccm

Hasil karakterisasi listrik yaitu pengukuran resistivitas pada beberapa sampel film GaN dengan variasi laju aliran gas N_2 menunjukkan bahwa resistivitas listrik dari film mengalami penurunan apabila laju aliran gas N_2 dinaikan (Gambar 3), hal ini menunjukkan pengaruh penambahan gas N_2 pada proses deposisi dapat mengurangi terbentuknya kristal Ga_2O_3 pada proses penumbuhan film. Pembentukan Kristal Ga_2O_3 pada film GaN tersebut dapat menyebabkan nilai resistivitas yang besar, sehingga akan menyebabkan tingkat sensitivitas devais seperti sensor gas akan berkurang. Penambahan gas N_2 pada proses penumbuhan film akan meningkatkan terbentuknya ikatan N yang berasal dari N_2 dengan Ga yang berasal dari gallium citrate amine membentuk kristal GaN.



Gambar 3 Profil resistivitas film GaN sebagai fungsi dari laju aliran gas N_2

KESIMPULAN

Film GaN yang ditumbuhkan di atas silikon dengan teknik sol gel spin coating ternyata masih berstruktur polikristal namun film yang terbentuk sudah cukup homogen. Laju aliran gas N_2 ternyata mempengaruhi nilai resistivitas film. Untuk laju 100 sccm diperoleh nilai resistivitas sekitar $8,7 \times 10^{-2} \Omega.\text{cm}$.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih pada DP2M DIKTI yang telah mendanai proyek penelitian melalui hibah bersaing dengan no kontrak 2784/H.40/PL/2009.

REFERENSI

- [1]. Gopel,W., K.D. Scierbaum,(1995), SnO₂ Sensor Current Status and Future Prospects, *Sens. Actuators* B26 1-12.
- [2]. Kung,P., A. Saxler, X. Zhang, D. Walker, T.C. Wang, I. Ferguson, Razeghi (1995), *Appl. Phys.Lett.*, 66 (22), 2958.
- [3]. Popovici,G., H. Morcoc, S.N. Mohammad (1998), Deposition and Properties of Group III Nitrides by Molecular Beam Epitaxy dalam *Group III Nitride Semiconductor Compounds Physics and Applications*, Bab 2, Bernard Gil, Editor, Clarendon Press, Oxford, 19-60.
- [4]. Sardar,K., A.R. Raju, G.N.Subbanna,(2003),*Solid State Comm.*,125,355.
- [5]. Shur,M.S., A.D. Bykhovski, R. Gasak, M.A. Khan,(1999), Pyroelektrik and Piezoelektrik Properties of GaN Based Materials, *MIJ-NSR*, vol. 4s1, Art. G1.6.
- [6]. Seiyama,T., (1972), Gas Detector by activated Semiconductor Sensor, *Denki Kagaku* 40 (30).
- [7]. Tansley, T.L, M. Goldys, M. Godlewski, B. Zhou, H.Y. Zuo (1997), The Contribution of Defect to the Electrical and Optical Properties of GaN dalam *Optoelectronic Properties of Semiconductor and Superlattices GaN and Related Materials*, Pearton, S.J, Editor, Vol. 2, Amsterdam B.V. Published, Netherland, 224 - 248.