

MIKROSTRUKTUR LAPISAN TIPIS SEMIKONDUKTOR GALIUM NITRIDA YANG DITUMBUHKAN MENGGUNAKAN METODE *CHEMICAL SOLUTION DEPOSITION* DENGAN VARIASI LAJU *SPIN COATER*

Oleh :
Nofi Marlini / J2D 004 187
2009

ABSTRACT

Gallium Nitride (GaN) thin film have been deposited on Si substrate using Chemical solution Deposition (CSD) methode through spin coating technique. The influence of spin coater rate to the GaN thin films microstructure such as grain size, thickness and surface roughness was investigated .

Gallium citrate amine which is dissolved in ethylene diamine and N₂ gas were used is Ga source and N source. The solution Gallium citrate amine molarity is 0.6 M and N₂ gas flow rate was kept at 2 sccs. The spin coater rate was adjusted at 1000 rpm, 1250 rpm, 1500 rpm, 1750 rpm and 2000 rpm. GaN thin films were heated at temperature of 900°C for 2 hour under N₂ atmosphere. The atomic composition and microstructure of deposited GaN thin films were characterized using Energy Dispersive of X-ray (EDX) and Scanning Electron Microscopy (SEM).

The atomic composition analyze indicates that GaN thin films is occupied by more Ga. The GaN thin films which have near ideal stoichiometry was found in deposited thin film at 1500 rpm. SEM image shows the thickness, grain size and surface roughness of GaN thin film is decrease as the spin coater rate increase.

Keywords: GaN, thin film, CSD, spin coating, microstructure, grain size, thickness, surface roughness

INTISARI

Lapisan tipis galium nitrida (GaN) telah dideposisikan di atas substrat Si menggunakan metode *Chemical Solution Deposition* (CSD) melalui teknik *spin coating*. Dalam penelitian ini, variasi laju putar *spin coating* dikaji pengaruhnya terhadap *grain size*, ketebalan serta kekasaran permukaan lapisan tipis GaN hasil deposisi.

Gallium citrate amine yang dilarutkan dalam *ethylene diamine* digunakan sebagai sumber atom Ga dan gas N₂ digunakan sebagai sumber atom N dalam pembentukan lapisan tipis GaN. Molaritas larutan *gallium citrate amine* adalah 0,6 M, dan gas N₂ diatur pada laju aliran tetap 2 sccs. *Spin coater* diputar dengan variasi laju 1000 rpm, 1250 rpm, 1500 rpm, 1750 rpm dan 2000 rpm. Lapisan tipis GaN dipanaskan pada temperatur 900°C selama 2 jam pada lingkungan N₂. Komposisi atom dan mikrostruktur lapisan tipis GaN hasil deposisi dikarakterisasi menggunakan *energy dispersive of X-ray* (EDX) dan *scanning electron microscopy* (SEM).

Analisis komposisi atom melalui EDX menunjukkan bahwa sebagian besar lapisan tipis GaN mengalami kelebihan Ga. Lapisan tipis GaN yang hampir mendekati stoikiometri ditemukan pada deposisi dengan laju putar 1500 rpm. Citra SEM lapisan tipis GaN menunjukkan ketebalan, *grain size* serta nilai kekasaran permukaan lapisan tipis GaN semakin mengecil terhadap kenaikan laju putar *spin coating*.

Kata kunci: GaN, lapisan tipis, CSD, *spin coating*, mikrostruktur, *grain size*, ketebalan, kekasaran permukaan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Semikonduktor mulai dipelajari awal abad ke-19 yaitu sekitar tahun 1947. Awalnya semikonduktor yang diketahui berasal dari atom tunggal, yaitu Germanium (Ge) dan Silikon (Si). Semikonduktor dapat dibentuk dari paduan dua elemen atom atau lebih. Semikonduktor paduan ini mempunyai sifat listrik dan optik yang berbeda dengan semikonduktor tunggal. Paduan semikonduktor ini dapat terbentuk, dengan syarat konfigurasi molekulnya memenuhi kaidah oktet. Saat ini, semikonduktor paduan yang paling banyak digunakan untuk fabrikasi divais berasal dari golongan III-V, misalnya Galium Arsenida (GaAs), Galium antimoni (GaSb), Galium Nitrida (GaN), dan lain-lain (Lee, 2002).

Ketertarikan terhadap teknologi divais berbasis semikonduktor GaN dimulai pada tahun 1971 ketika J.I Pankove menunjukkan sebuah LED berbahan GaN. Namun LED ini masih mempunyai efisiensi yang rendah, karena tidak tersedianya substrat dengan parameter kisi (*lattice constant*) yang cocok dengan GaN. Selain itu, belum tersedia teknologi untuk membentuk GaN tipe-p. Pada tahun 1986, Isamu Akasaki menunjukkan bahwa lapisan tipis GaN dengan cacat dislokasi (*dislocation defect*) yang rendah dapat diperoleh dengan menggunakan substrat safir (Al_2O_3). Pada tahun 1991, Shuji Nakamura telah berhasil membuat GaN tipe-p yang kemudian dikembangkan menjadi LED biru dengan efisiensi tinggi pada tahun 1994 (Syed, 2004). Kegunaan semikonduktor GaN tidak hanya terbatas pada aplikasi divais optoelektronik saja tetapi juga dapat diaplikasikan pada divais elektronik karena GaN mempunyai potensial dadal (*breakdown*) yang tinggi sehingga membuat GaN sangat menarik untuk diaplikasikan sebagai divais elektronik transistor daya tinggi (Syed, 2004).

Deposisi lapisan tipis GaN menjadi suatu tantangan tersendiri meskipun perkembangan dan kemajuan divais-divais berbasis GaN berkembang sangat pesat, namun masih terdapat permasalahan dalam deposisi lapisan tipis yang sifat-sifatnya memenuhi syarat untuk diaplikasikan pada suatu divais. Salah satu permasalahan yang timbul adalah ketidakcocokan kisi dan ketidakcocokan koefisien ekspansi termal yang cukup besar antara substrat dengan lapisan

tipis GaN. Hal-hal tersebut dapat mempengaruhi penurunan kualitas lapisan tipis GaN hasil deposisi.

Sampai saat ini penumbuhan GaN masih ditekankan pada penggunaan substrat safir dan silika karbon (SiC). Penggunaan safir sebagai substrat memiliki ketidakcocokan kisi sekitar 13% dengan GaN. Selain itu terdapat kekurangan dari penggunaan substrat safir yaitu ukuran substrat yang masih kecil dan harganya relatif lebih mahal dibandingkan substrat Si. Saat ini, kalangan industri elektronika sangat mengharapkan teknologi pembuatan divais terintegrasi berskala besar di atas substrat Si berbasis semikonduktor GaN. Ada beberapa keuntungan penggunaan substrat Si yaitu substrat Si tersedia dalam ukuran besar, sifat listrik yang bagus dan harganya jauh lebih murah dibandingkan dengan substrat safir dan SiC. Namun terdapat beberapa kesulitan dalam penumbuhan GaN di atas Si karena ketidakcocokan kisi yang besar (~17%) dan perbedaan koefisien ekspansi termal yang besar (~56%) antara substrat Si dan GaN. Untuk memperoleh lapisan tipis GaN dengan kualitas yang baik di atas Si masih sangat sulit (Zhang, 2004).

Hingga saat ini, terdapat beberapa metode yang digunakan untuk deposisi lapisan tipis GaN yaitu *vapor-phase epitaxy* (VPE), *liquid phase epitaxy* (LPE), *molecular beam epitaxy* (MBE), *metal organic vapor phase epitaxy* (MOVPE), *metallorganic chemical vapor deposition* (MOCVD), *laser chemical vapor deposition* (LCVD), *chemical solution deposition* (CSD) dan lain-lain (Sze, 1985). Metode VPE banyak digunakan karena penumbuhan kristal dapat dilakukan dengan relatif cepat. Pada metode VPE, penumbuhan GaN dilakukan melalui penguapan logam Ga atau pengaliran gas amonia (NH₃) pada bubuk Ga. Namun demikian, metode VPE masih menyisakan permasalahan, yakni waktu penumbuhan yang terbatas karena Ga dalam NH₃ relatif tidak stabil, dan ukuran bulir kristal yang dihasilkan masih terlalu besar (Berkman, 2005).

Metode CSD dengan teknik *spin coating* merupakan metode yang relatif mudah, sederhana dan berbiaya murah dibanding dengan metode lain seperti metode VPE. Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan deposisi lapisan tipis GaN menggunakan metode CSD. Lapisan tipis GaN kualitas terbaik diperoleh pada temperatur optimum sebesar 900°C dengan laju alir gas N₂ sebesar 120 sccm (2 sccs) dan molaritas larutan *gallium-citrate-amine* sebesar 0,6 M. Lapisan tipis GaN tersebut memiliki ketebalan yang lebih besar, permukaan yang lebih halus, serta sifat listrik yang paling baik, akan tetapi masih terdapat kekosongan atom N (Badriyah, 2008; Ambikawati, 2008). Selain pengaruh temperatur, laju alir gas dan besar molaritas larutan,

masih terdapat parameter lain yang dapat mempengaruhi lapisan tipis GaN yang dideposisikan menggunakan metode CSD ini. Salah satu parameter tersebut adalah adanya pengaruh laju putar *spin coater* terhadap mikrostruktur lapisan tipis GaN.

Pada penelitian ini dilakukan proses deposisi lapisan tipis GaN dari larutan *gallium-citrate-amine* pada molaritas sebesar 0,6 M, dengan variasi laju putar *spin coating* antara 1000 rpm – 2000 rpm serta dengan melakukan pemanasan pada temperatur 900°C dengan laju alir gas N₂ sebesar 2 sccs. Selanjutnya dikaji pengaruh variasi laju putar spin terhadap komposisi atom penyusun lapisan tipis GaN dan citra morfologi lapisan tipis GaN.

1.2 Perumusan Masalah

Lapisan tipis semikonduktor GaN dengan morfologi permukaan yang homogen, komposisi yang stoikiometri dan ketebalan lapisan tertentu sangat diperlukan untuk aplikasi divais elektronik maupun optoelektronik. Sifat-sifat tersebut dipengaruhi oleh proses deposisi, maka penelitian ini mengkaji bagaimana pengaruh laju *spin coater* terhadap sifat mikrostruktur lapisan tipis semikonduktor GaN yang dideposisi menggunakan teknik *spin coating*. Mikrostruktur lapisan tipis GaN yang dianalisis adalah ketebalan, morfologi permukaan dan komposisi lapisan.

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini difokuskan pada kajian pengaruh variasi laju *spin coater* terhadap kualitas mikrostruktur lapisan tipis GaN meliputi ketebalan, *grain size* serta nilai kekasaran lapisan tipis GaN. Selain itu dikaji komposisi atom penyusun lapisan tipis GaN yang mendekati stoikiometri. Pembuatan lapisan tipis GaN pertama kali dilakukan melalui sintesis serbuk *gallium-citrate-amine* dengan tingkat keasaman (pH) 7,8. *Galium citrate-amine* diencerkan dengan *ethylene diamine* hingga diperoleh molaritas 0,6 M. Proses deposisi lapisan GaN dilakukan dengan cara pemutaran gel *gallium-citrate-amine* di atas substrat Si dengan teknik *spin coating* dengan laju putar 1000 rpm, 1250 rpm, 1500 rpm, 1750 rpm, dan 2000 rpm. Lapisan hasil deposisi selanjutnya dipanaskan menggunakan *furnace* sambil dialiri gas nitrogen dengan laju 2 sccs pada temperatur 900°C. Karakterisasi lapisan tipis GaN meliputi pencitraan morfologi menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscopy*) dan analisis komposisi atom menggunakan EDX (*Energy Dispersive X-ray Spectroscopy*).

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh variasi laju *spin coating* meliputi morfologi permukaan dan ketebalan lapisan tipis GaN.
2. Memperoleh lapisan tipis GaN yang memiliki kualitas mikrostruktur yang baik dan komposisi atom hampir mendekati stoikiometri menggunakan metode CSD.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini dapat memberikan informasi dalam sintesis serbuk kristal *gallium-citrate-amine* dengan metode CSD dan deposisi lapisan tipis semikonduktor GaN dengan teknik *spin coating* yang berkualitas dan ekonomis sehingga dapat diaplikasikan pada alat-alat elektronik dan optoelektronik untuk memenuhi kebutuhan pasar secara luas.

DAFTAR PUSTAKA

- Ambikawati, W., 2008. *Studi Pengaruh Molaritas Gallium Citrate Amine dan Laju Alir Gas Nitrogen (N₂) Terhadap Mikrostruktur dan Sifat Listrik Lapisan Tipis GaN yang Dideposisikan Menggunakan Metode Sol Gel*, Skripsi S-1 FMIPA Universitas Diponegoro. Semarang.
- Badriyah, L.L., 2008. *Deposisi Lapisan Tipis Semikonduktor Galium Nitrida (GaN) dengan Metode Chemical Solution Deposition (CSD)*, Skripsi S-1 FMIPA Universitas Diponegoro. Semarang.
- Berkman, E., 2005. *Growth of GaN from Elemental Gallium and Ammonia via a Modified Sandwich Growth Technique*, A Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in Materials Science and Engineering in the Graduate Collage of North Carolina State University. North Carolina.
- Dewi, R., N.I. Baa'yah, I. A. Talib, 2007. *The Effect of Spin Coating Rate on The Microstructure, Grain Size, Surface Roughness and Thickness of Ba_{0,6}Sr_{0,4}TiO₃ Thin Film Prepared by The Sol-Gel Process*. Materials Science-Poland. Vol. 25. No. 3.
- Feldman, L.C., dan Mayer, J.W., 1986. *Fundamental of Surface and Thin Film Analysis*. PTR Prentice Hall. Engelwood Cliffs. New York.

- Freund, L.B. dan S. Suresh, 2003. *Thin Film Material : Stress, Defect Formation and Surface Evolution*. Departemen of Materials Science and Engineering Massachusetts Institute of Technologi.
- Gil. Bernard., 1998. *Group III Nitride Semikonduktor Compounds Physics and Applications*. Clarendon Press. Oxford.
- Gangopadhyay. S, Schmidt. T, Einfeldt. S, Yamaguchi. T, Hommel.D, Falta. J., 2006. *Growth and Formation of InGaN and GaN Nano-Structures studied by STM*. Jurnal Surf.Sci.Nanotech. Vol. 4. halaman 90-95.
- Goldstein, J.I., 1992. *Scanning Electron Microscopy and X-Ray Microanalysis : a Textbook for Biologist, Material Scientist, and Geologist*. Plenum Press. New York.
- Haas, Dylan E., dan Dunbar P. Birnie, 2000. *Real-Time Monitoring of Striation Development During Spin-On-Glass Deposition*. Proceeding of Am. Ceramic. Soc. Symposium on Sol-Gel Commercialization and Application.
- Iliopoulos, E., 2002. *Growth Kinetics and Investigations of Spontaneous Formation of Superlattices in AlGaIn Alloys*. Boston University. Boston
- Kim, J., 2004. *Wide Bandgap Semiconductor Design, Processing, and Characterization*. University of Florida. Florida.
- Kittel, C., 1986. *Solid State Physics*. John Willey and Sons. New Jersey.
- Lee, Dong-Seon., 2002. *Growth and Mechanisms for Rare-Earth-Doped GaN electroluminescent Devices (ELDs)*, A Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in Department of Physics College Arts and Science in the Graduate Collage of Cincinnati University. Cincinnati.
- Li, J., 2000. *Transport Properties of III-V Nitrides Epilayers and AlGaIn/GaN Heterostructures*, A Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in Department of Physics College Arts and Science in the Graduate Collage of Kansas State University. Kansas.
- Nakamura, S. dan Fasol, G., 1997. *The Blue Laser Diode : GaN Based Light Emitters and Lasers*. Kansas State University. Kansas.
- Pearson., S.J., 1997. *GaN and Related Materials (Optoelectronic Properties of Semikonduktor and Superlattice)*. Gordon and Breach Science Publishers. The Netherlands.
- Readinger, E., 2004. *Environmental and Thermal Stabilities of Schottky Contact to N-Type Aluminium Gallium Nitride*. The Pennsylvania State University. Pennsylvania.
- Reshchikov, M.A., dan Morkoc, H., 2005. *Luminescence Properties of Defects in GaN*. Journal of Applied Physics, 97, 061301-061395.

- Sardar, Krispasindu. Raju, A.R. Subbanna, G.N., 2003. *Epitaxial GaN Films Deposited on Sapphire Substrate Prepared by The Sol-Gel Method*. Solid State Comonications 125. halaman : 355-358.
- Singh, J., 2003. *Electronic and Optoelectronic Properties of Semiconductor Structures*. A Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in Department of Physics College Arts and Science in the Graduate Collage of Cambridge University Press. Cambridge.
- Suzuki, M. dan Uenoyama, T., 1996. *Strain Effect on Electric and Optical Properties of GaN/AlGaN uantum-well Lasers*, *Japanese Journal of Applied Physics*, 80, 6868-6872
- Syed, S.G.M., 2004. *Transports Parameter of Electrons at The Interface of GaN and AlGaN*, A Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in Department of Physics College Arts and Science in the Graduate Collage of Columbia University. Columbia.
- Sze, S.M., 1985. *Semiconductor Devices: Physics and Technology*, John Willey and Sons. New Jersey.
- Vlack, V. L.H., 2004. *Elemen-elemen Ilmu dan Rekayasa Material*. Erlangga. Jakarta.
- Wu, H., Janet H., Kyota U., Lori L., Phanikumar K., Francis J. D., Michael G.S., 2005. *Rapid Synthesis of Gallium Nitide Powder*. *Journal of Crystal Growth*, 279, 303-310.
- Zhang, B.S., Wu, M., Liu, J.P., 2004. *Reduction of Tensile Stress in GaN Grown on Si (111) by Inserting a Low Temperature AlN Interlayer*. Elsevier Science Ltd: USA.

Daftar Pustaka yang diunduh dari media internet

- Adachi, S., 2009. *Properties of Semiconductor Alloy : Group-IV, III-V and II-VI Semiconductor*. [Http://as.wiley.com/WileyCDA/WileyTittle/productcd.0470743697.html](http://as.wiley.com/WileyCDA/WileyTittle/productcd.0470743697.html). 25 April 2009. 18.45 WIB.
- Anonim1, 2008. *Scanning Electron Microscopy (SEM)*. www.mse.iastate.edu/microscopy.html. 2 Desember 2008. 19.00 WIB.
- Anonim2, 2008. *Spin Coating Process*. www.apexinda.com/SpinCoatingTheory.html. 2 Desember 2008. 19.15 WIB.
- Anonim3, 2008. *Spin Theory*. www.brewerscience.com/products/cee/technical/spintheory.html. 2 Desember 2008. 19.15 WIB.