

## SIFAT OPTIK FILM TIPIS GAN YANG DIDEPOSISI DENGAN TEKNIK SPINCOATING DI ATAS SUBSTRAT SAPPHIRE

Yuyu R. Tayubi\* dan Andi Suhandi

Prodi Fisika FPMIPA Universitas Pendidikan Indonesia (UPI), Jl. Dr. Setiabudhi No. 229, Bandung, 40154

\*e-mail: rtayubi@gmail.com

### Abstrak

Telah dilakukan studi sifat optik film tipis Galium Nitrida (GaN) hasil deposisi dengan teknik spincoating di atas substrat sapphire menggunakan sumber gel gallium-citrate-amine dan gas Nitrogen. Sifat optik yang ditinjau mencakup penentuan celah pita energi optik melalui pengukuran spektroskopi UV-Vis dan spektrum fotoluminisensi pada suhu ruang (RT-PL). Hasil perhitungan dengan menggunakan metode Tauc-Plot yang didasarkan data pengukuran spektroskopi UV-Vis menghasilkan nilai celah pita energi optik film tipis GaN hasil deposisi sekitar 3,46 eV. Sedangkan dari pengukuran spektrum PL pada suhu ruang dihasilkan puncak intensitas spektrum PL untuk film tipis GaN terjadi pada panjang gelombang eksitasi sekitar 3617 nm. Panjang gelombang eksitasi ini bersesuaian dengan nilai celah pita energi (Eg) GaN sekitar 3,44 eV. FWHM dari puncak intensitas spektrum PL nilainya bervariasi terhadap temperatur deposisi. Dalam rentang temperatur deposisi yang digunakan, nilai FWHM puncak intensitas spektrum PL nilainya makin kecil ketika temperatur deposisi ditingkatkan hingga 1223 K.

**Kata Kunci:** Sifat Optik, Film Tipis GaN, Spincoating, Temperatur Deposisi

### Abstract

Studies of optical properties of gallium nitride (GaN) thin films deposited by spincoating technique on sapphire substrates using the sources of gallium-citrate-amine gel and nitrogen gas have been done. Optical properties that are reviewed include the determination of the optical band gap by UV-Vis spectroscopy and photoluminescence spectrum at room temperature (RT-PL) measurements. The calculations results using the Tauc-Plot method based on UV - Vis spectroscopy data yield values of optical band gap of deposited GaN thin film about 3.46 eV. While the measurement of PL spectra at room temperature resulting peak intensity of PL spectra for GaN thin films at excitation wavelengths around 3617 Å. This excitation wavelength corresponds to the value of the optical band gap (Eg) of GaN thin film around 3.44 eV. FWHM of the peak intensity of the PL spectrum value varies with deposition temperature. In a deposition temperature range used in this work, the value of FWHM of the peak intensity of the PL spectrum decreased when the deposition temperature increased up to 1223 K.

Keywords : Optical properties , GaN Thin Films, Spincoating , Deposition Temperature

## 1. Pendahuluan

Galium Nitrida (GaN) merupakan bahan semikonduktor yang memiliki celah pita energi lebar ( $E_g = 3,45$  eV pada temperatur ruang) dengan struktur celah pita energi langsung (*direct*) [1]. GaN dan alloy-nya (seperti AlGaN dan InGaN) telah banyak digunakan untuk fabrikasi piranti elektronik dan optoelektronik berefisiensi tinggi. GaN sangat potensial untuk aplikasi piranti optoelektronik yang beroperasi pada daerah spektrum biru dan ultraviolet (UV). Penggunaan piranti optoelektronik yang dibuat dari bahan berbasis GaN telah sangat luas mulai dari piranti-piranti pada sistem satelit komunikasi hingga piranti-piranti pada sistem peralatan untuk survey kebumih yang tidak dapat diakses, *display blue light emitting diode* (Blue LED) berintensitas

tinggi, detektor UV, dan unit penyimpan data optik dengan kapasitas penyimpanan jauh lebih tinggi dari yang telah difabrikasi sebelumnya. Selain itu, piranti optoelektronik yang dibuat dari bahan berbasis grup III-nitrida dapat dioperasikan pada temperatur yang lebih tinggi dibanding piranti sejenis yang dibuat dari bahan lain baik semikonduktor elemental maupun dari bahan paduan II-IV atau bahan paduan III-V lainnya, hal ini dikarenakan ikatan kimia unsur-unsurnya lebih kuat dan adanya sifat *relative chemical inertness* dari bahan ini [2, 3, 4, 5, 6, 7].

Film tipis GaN berkualitas tinggi telah berhasil dideposisi di atas berbagai substrat dengan menggunakan berbagai teknik deposisi. Beberapa diantaranya adalah teknik *metalorganic vapor phase epitaxy* di atas substrat GaN [8], teknik *plasma-assisted molecular beam epitaxy* di atas

substrat  $\text{Al}_2\text{O}_3$  [9], teknik *metalorganic chemical vapor deposition* di atas substrat  $\text{Al}_2\text{O}_3$  dan substrat Silikon [10, 5, 11], teknik *sputtering* di atas substrat  $\text{Al}_2\text{O}_3$  [12], teknik *pulsed laser ablation deposition* diatas substrat  $\text{Al}_2\text{O}_3$  [7], teknik *nebulized spray pyrolysis* dan *sol-gel spincoating* di atas substrat  $\text{Al}_2\text{O}_3$  dan Silikon [13]. Meskipun, kualitas film tipis GaN hasil deposisi dengan teknik spincoating tidak bisa dibandingkan dengan hasil deposisi dengan MOCVD and MBE, terutama dalam hal morfologi permukaan dan homogenitasnya, tetapi teknik ini sangat sederhana dan murah biaya operasionalnya. Melalui proses optimalisasi kondisi dan parameter deposisi dimungkinkan untuk mendapatkan film tipis berkualitas baik dengan menggunakan teknik ini.

Untuk aplikasi piranti optoelektronik, film tipis semikonduktor harus memiliki sifat optik yang memadai. Salah satu sifat optik yang paling penting yang merupakan penciri material semikonduktor adalah celah pita energi optik (*optical bandgap* = Eg). Paper ini memaparkan sifat optik film tipis GaN hasil deposisi dengan teknik spincoating pada temperatur yang bervariasi. Sifat optik yang ditinjau difokuskan pada nilai Eg hasil pengukuran transmisi spektrum UV-Vis dengan menggunakan spektroskopi UV-Vis dan pengukuran spektrum fotoluminisensi (PL) pada temperatur ruang.

## 2. Metode Penelitian

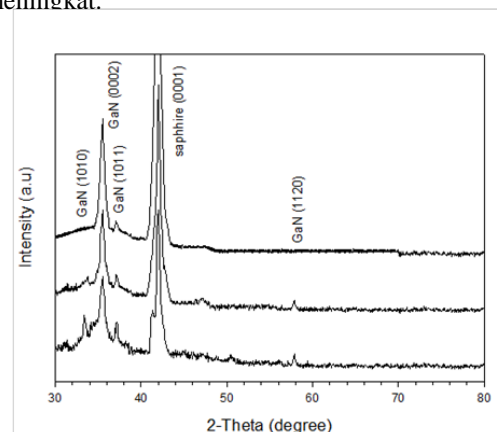
Dalam penelitian ini film tipis GaN dideposisi dengan teknik spin-coating menggunakan *gel gallium-citrate-amin* dan gas Nitrogen. Kristal *gallium-citrate-amin* memiliki formula kimia  $(\text{NH}_4)_3[\text{Ga}(\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7)_2]4\text{H}_2\text{O}$ . Kristal ini dipreparasi dengan cara yang sama seperti yang telah dilakukan oleh Sardar [13]. Serbuk kristal dilarutkan dalam *ethylenediamine* (1:3, w/v) untuk mendapatkan larutan bening, yang dapat bertahan hingga lebih dari 200 hari. Larutan ini digunakan untuk deposisi film tipis GaN dengan teknik *spin-coating* di atas substrat kristal tunggal  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (0001). Substrat sapphire ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) diletakkan di atas *spincoater*. Satu hingga dua tetes larutan ditempatkan di atas substrat sapphire dan kemudian substrat diputar pada laju putaran 1500 rpm selama 2 menit. Lapisan gel yang terbentuk kemudian dikeringkan pada suhu 373-423 K di atas *hot plate*, setelah itu dilakukan proses dekomposisi pada 673 K untuk mengeliminasi komponen-komponen organik pada lapisan. Film hasil dekomposisi kemudian ditempatkan pada *programmable furnace* untuk proses deposisi. Temperatur furnace dinaikkan secara perlahan hingga mencapai 1123 K dari suhu ruang dengan laju peningkatan suhu 10 K/min, selama proses peningkatan suhu furnace kedalamnya dialirkan nitrogen *ultra high purity* (UHP) dengan laju aliran yang konstan. Suhu

furnace ditahan 1123 K selama 3 jam untuk deposisi film tipis GaN. Setelah itu suhu furnace diturunkan kembali hingga mencapai suhu ruang untuk mendapatkan film tipis zat padat Galium Nitrida (GaN). Untuk melihat pengaruh temperatur deposisi terhadap sifat optik film tipis GaN hasil deposisi, maka temperatur deposisi divariasikan : 1123K, 1173K, dan 1223K.

Struktur kristal film tipis GaN dikarakterisasi dengan *X-ray diffraction* (XRD) sementara sifat optik film GaN diinvestigasi dengan spektroskopi transmisi UV-Vis dan *Photoluminescence* (PL) pada temperatur ruang untuk menentukan celah pita energi (Eg) film tipis GaN hasil deposisi.

## 3. Hasil dan Pembahasan

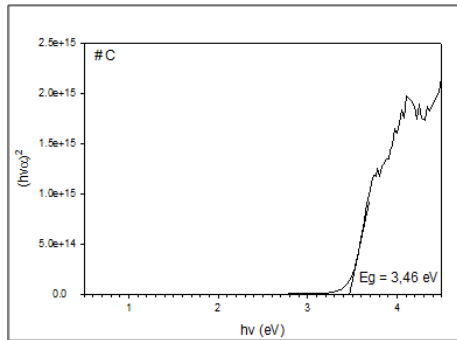
Gambar 1 menunjukkan pola difraksi sinar-X untuk film tipis GaN hasil deposisi pada temperatur 1123K, 1173K dan 1223K. Dapat dilihat bahwa film tipis GaN hasil deposisi memiliki orientasi polikristal, yakni dalam arah bidang (1010), (0002), (1011), and (1120). Kualitas kristal film GaN meningkat ketika temperatur deposisi ditingkatkan, hal ini ditunjukkan oleh makin tingginya puncak intensitas orientasi bidang (0002) ketika temperatur deposisi ditingkatkan. Ketika temperatur deposisi ditingkatkan orientasi kristal film GaN mengarah pada kristal tunggal yaitu dalam arah (0002). Hal ini menunjukkan bahwa ketika temperatur deposisi ditingkatkan, energi yang disediakan untuk dekomposisi nitrogen dan untuk pembentukan ikatan antar unsur film GaN dan ikatan unsur GaN dengan substrat menjadi lebih memadai. Sehingga kualitas kristal film tipis GaN hasil deposisi makin meningkat.



Gambar 1. Pola Difraksi Sinar-X untuk Film Tipis GaN yang Dideposisi pada Temperatur: a. 1123 K b. 1173 K c. 1223 K

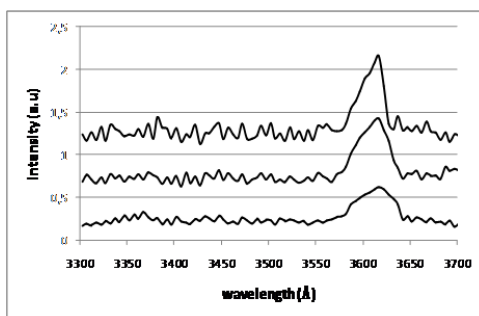
Gambar 2 menunjukkan spektrum transmisi cahaya tampak-ultraviolet pada film tipis GaN yang dideposisi pada temperatur 1223K hasil

pengukuran spektroskopi UV-Vis. Berdasarkan data spektrum tersebut dapat ditentukan nilai celah pita energi film tipis GaN dengan metode Tauch-Plot. Dengan metode ini diperoleh bahwa film tipis GaN hasil deposisi memiliki lebar celah pita energi sebesar 3,46 eV, hampir sama dengan nilai celah pita energi untuk bahan GaN yang tertera dalam buku-buku referensi.



Gambar 2. Spektrum Transmisi dari Film Tipis GaN

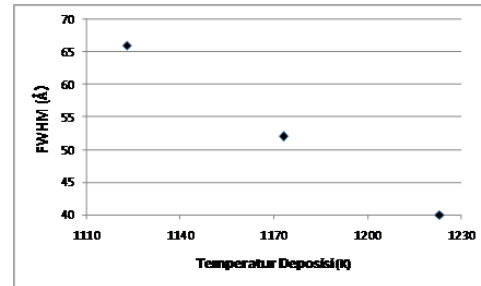
Gambar3 menunjukkan spektrum Photoluminescence dari film tipis GaN hasil pengukuran pada temperatur ruang. Tampak bahwa puncak spektrum PL terjadi pada panjang gelombang 3617 Å. Panjang gelombang ini bersesuaian dengan energi sebesar 3,44 eV. Hal ini menunjukkan bahwa film tipis GaN hasil deposisi memiliki lebar celah pita energi sebesar 3,44 eV, hampir sama dengan nilai celah pita energi hasil pengukuran dengan spektroskopi UV-Vis. Pada Gambar 3 tampak bahwa puncak intensitas spektrum PL meningkat ketika temperatur deposisi ditingkatkan. Hasil ini sesuai dengan hasil-hasil pengukuran PL yang dilaporkan pada referensi [14, 15, 16].



Gambar 3. Spektrum Photoluminescence (PL) pada Suhu Ruang untuk Film Tipis GaN yang Dideposisi pada Temperatur: a. 1123 K b. 1173 K dan c. 1223 K

Berdasarkan hasil perhitungan dengan menggunakan software Macrocal Origin, diperoleh nilai Full Width at Half Maximum (FWHM) untuk setiap puncak intensitas spektrum PL untuk setiap

temperatur deposisi seperti ditunjukkan pada Gambar 4. Tampak bahwa nilai FWHM puncak intensitas spektrum PL nilainya bertambah kecil ketika temperatur deposisi ditingkatkan. Hal ini menunjukkan bahwa ketika temperatur deposisi ditingkatkan hingga 1223K, kualitas kristal film tipis GaN hasil deposisi bertambah baik.



Gambar 4. FWHM Spektrum Photoluminescence (PL) untuk Film Tipis GaN yang Dideposisi pada Temperatur: a. 1123 K b. 1173 K c. 1223 K

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengukuran spektrum transmisi UV-Vis dan pengukuran spektrum Photoluminescence (PL) pada suhu ruang diperoleh nilai celah pita energi optik ( $E_g$ ) film tipis GaN hasil spincoating sekitar 3,44 eV. Nilai  $E_g$  sebesar ini cukup memadai untuk film tipis GaN. Kualitas kristal film tipis GaN semakin meningkat ketika temperatur deposisi ditingkatkan dari 1123 K hingga 1223K, hal ini ditunjukkan oleh kecenderungan orientasi bidang kristal yang mengarah kepada orientasi kristal tunggal dan semakin tingginya puncak intensitas spektrum PL ketika temperatur deposisi ditingkatkan.

#### Daftar Acuan

- [1] O. Madelung, Semiconductor Basic Data, 2<sup>nd</sup> edition, 1996.
- [2] S. Nakamura, M. Senoh, T. Mukai, 1991, High-Power GaN P-N Junction Blue-Light-Emitting Diodes, Jpn. J. Appl. Phys., 30 (1991) L1998.
- [3] M. Razeghi and Rogalski, Semiconductor ultraviolet detectors, A., J. Appl. Phys. 79 (1996) 10.
- [4] E. Monroy, F. Calle, F. J. L. Pau, E. Munoz, F. Omnes, B. Beaumont, P. Gibart, Application and performance of GaN based UV detector, Phys. Stat. Sol. (a), 185 (2001) 91.
- [5] S. Nakamura, Y. Harada, M. Senoh, Novel metalorganic chemical vapor deposition system for GaN growth Appl. Phys. Lett., 58(18) (1997) 2021.

- [6] M. A. Khan, J. N. Kuznia, A. R. Bhattarai, D. T. Olson, High electron mobility transistor based on a GaN-Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N heterojunction Appl. Phys. Lett., 9 (1993) 1214.
- [7] D. Rusdiana, A. Suhandi, S. Karim, Sukirno, M. Budiman, M. Barmawi, Growth of GaN thin films by pulsed laser deposition and its application on ultraviolet detectors, ISTEK Journal, VI (2004) 35-44.
- [8] T. Detchprohm, K. Hiramatsu, N. Sawaki, I. Akasaki, 1991, The homoepitaxy of GaN by metalorganic vapor phase epitaxy using GaN substrate, J. Cryst. Growth, 137 (1991) 171
- [9] S. Yoshida, S. Misawa, S. Gonda, Improvements on the electrical and luminescent properties of reactive molecular beam epitaxially grown GaN films by using AlN-coated sapphire substrates, Appl. Phys. Lett., 42 (1983) 427.
- [10] Sugianto, R. A. Sani, P. Arifin, M. Budiman, M. Barmawi, 2000, *Growth of GaN films on a-plane sapphire substrate by plasma assisted MOCVD*, J. Cryst. Growth, 221 (2000) 311.
- [11] T. Takeuchi, H. Amano, K. Hiramatsu, N. Sawaki, I. Akasaki, 1991, Growth of single crystalline GaN film on Si substrate using 3C-SiC as an intermediate layer, J. Cryst. Growth, 115 (1991) 634.
- [12] H. Okano, N. Tanaka, Y. Takahashi, T. Tanaka, K. Shiabata, S. Nakano, Preparation of aluminum nitride thin films by reactive sputtering and their applications to GHz-band surface acoustic wave devices, Appl. Phys. Lett., 64 (1994) 166.
- [13] K. Sardar, A. R. Raju, G. N. Subbanna, Epitaxial GaN films deposited on sapphire substrates prepared by the sol-gel method, Solid states communications, 125 (2003) 355-358.
- [14] C. W. Lee, S. T. Kim and K. S. Lim, Photoluminescence Studies of GaN and InGaN/GaN Quantum Wells, Journal of the Korean Physical Society, 35 (1999), 280-285.
- [15] J. Cao, D. Pavlidis,<sup>a</sup> and A. Eisenbach, A. Philippe, C. Bru-Chevallier, and G. Guillot, Photoluminescence properties of GaN grown on compliant silicon-on-insulator substrates, Appl. Phys. Lett., 71 (26) (1997) 3880-3882.
- [16] D. K. Kim and C. B. Park, Photoluminescence Studies of GaN Films on Si(111) Substrate by Using an AlN Buffer Control, Journal of the Korean Physical Society, 47 (2005) 1006-1009.