

# PENUMBUHAN FILM TIPIS GaN di ATAS SUBSTRAT SAPPHIRE DENGAN TEKNIK SOL-GEL SPIN-COATING

D. Rusdiana<sup>1</sup>, Y. R. Tayubi<sup>1</sup>, S. Feranie<sup>1</sup>, S. Karim<sup>1</sup>, A. Suhandi<sup>1</sup>, dan P. Arifin<sup>2</sup>

1. Jurusan Fisika FPMIPA Universitas Pendidikan Indonesia  
Jl. Dr. Setiabudhi 229 Bandung, 40154 Indonesia

2. Laboratorium Fisika Material Elektronik, Prodi Fisika FMIPA Institut Teknologi Bandung  
Jl. Ganesa 10 Bandung 40132, Indonesia  
e-mail : a\_bakrie@yahoo.com

## Abstrak

Film tipis GaN telah berhasil dideposisi di atas substrat *sapphire*, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (0001) dengan teknik *sol-gel spin-coating*. Gel dipreparasi dari kristal gallium-citrate-amine. Kristal ini dibentuk dari larutan yang mengandung ion-ion Ga<sup>+3</sup> dan asam sitrat (CA). Untuk mendapatkan suatu larutan bening, kristal padat ini dilarutkan dalam ethylenediamine. Satu hingga dua tetes larutan di tempatkan di atas substrat dan kemudian substrat tersebut diputar dengan laju 1000 rpm. Lapisan-lapisan gel yang diperoleh kemudian ditempatkan pada *programmable furnace*. Temperatur deposisi ditetapkan masing-masing pada temperatur 1123 K, 1173 K, dan 1223 K dalam lingkungan gas nitrogen dalam rentang waktu 3 jam. Kualitas kristal film tipis GaN yang dihasilkan dikarakterisasi melalui pengukuran XRD. Morfologi permukaan dan tampang lintang film diobservasi melalui pencitraan SEM, dan nilai celah pita energi film ditentukan melalui karakterisasi spektroskopi UV-Vis.

Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa seluruh film tipis GaN yang dideposisi di atas substrat *sapphire* memiliki orientasi polikristal. Kualitas kristal film GaN yang terbentuk dipengaruhi oleh temperatur deposisi. Dalam rentang temperatur deposisi yang digunakan, peningkatan temperatur deposisi dapat meningkatkan kualitas kristal film GaN yang dideposisi. Nilai celah pita energi film tipis GaN juga dipengaruhi oleh temperatur deposisi yang digunakan.

**Kata Kunci : Film tipis GaN, Teknik Spin-coating, Substrat Sapphire**

## Abstract

Gallium Nitride (GaN) films have been successfully deposited on Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (0001) substrates by the sol-gel spin-coating technique. The gel was prepared from the gallium-citrate-amine crystals. This crystals was formed from a solution-containing Ga<sup>+3</sup> ions and citric acid (CA). To obtain a clear solution, this dried crystals were dissolved in ethylenediamine. One to two drops of the solution was placed on the substrate and the substrate was then rotated at 1000 rpm. The gel films so obtained were placed in a programmable furnace. The deposition temperature was fixed at 1123 K, 1173 K, and 1223 K under a constant flow of N<sub>2</sub> gas for a period 3 hour. The crystalline quality of films were characterized by XRD measurement. The surface morphology and the cross section of films were examined using SEM, and optical properties were determined by using UV-Vis spectroscopy.

The result suggests that the GaN films deposited on the sapphire are polycrystalline oriented. The crystal quality of GaN films depends on the growth temperature. It is shown that within the range of the growth temperatures, the increase of the temperature improves the quality of GaN films. Optical Bandgap of GaN films deposited on the Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (0001) also depends on growth temperature.

**Keywords : GaN film, spin-coating technique, sapphire substrate.**

## 1. Pendahuluan

GaN (Galium Nitrida) merupakan material yang memiliki nilai celah pita energi lebar dengan struktur transisi langsung ( $E_g = 3,45$  eV pada temperatur ruang). Kekuatan mekanisnya yang tinggi, sifat transport listriknya yang baik dan adanya kecocokan dalam struktur hetero dengan InGaN dan AlGaN membuat nitrida ini menjadi kandidat yang ideal untuk berbagai aplikasi. Hingga saat ini, lapisan GaN yang ditumbuhkan di atas substrat Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> merupakan material aktif yang sangat penting untuk divais-divais elektronik dan optoelektronik, seperti fotodetektor ultraviolet, dioda laser dan dioda pengemisi cahaya yang beroperasi pada panjang gelombang cahaya tampak, divais-divais transistor, display, memori penyimpanan data yang memiliki mobilitas tinggi yang dapat beroperasi pada temperatur tinggi, frekuensi tinggi dan daya tinggi [1-6]. Beberapa peneliti telah berhasil mendeposisi lapisan tipis GaN di atas berbagai jenis substrat seperti Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 6H-SiC, ZnO, SiC, Si, dan sebagainya [7-10], dengan menggunakan berbagai teknik deposisi, seperti *reactive RF sputtering* [11], *metal organic vapor phase epitaxy* (MOVPE) [12], *plasma assisted molecular beam epitaxy* (PA-MBE)[13], *metal organic chemical vapor deposition* (MOCVD) [14], *plasma assisted metal organic chemical vapor deposition* (PA-MOCVD) [15], dan *nebulized spray pyrolysis* [16].

Pada penelitian ini telah dilakukan studi penumbuhan lapisan (GaN) di atas substrat *sapphire*, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (0001) dengan teknik *sol-gel spin-coating* pada temperatur deposisi yang bervariasi. Sebagai prekursor Ga digunakan kristal *gallium-*

*citrate-amine* sedangkan sebagai prekursor N digunakan gas Nitrogen UHP. Bila dibandingkan dengan teknik-teknik penumbuhan yang biasa digunakan, teknik ini tergolong sederhana dan mudah dalam pengoperasiannya. Disamping itu biaya yang diperlukan relatif murah. Paper ini memaparkan karakteristik fisis lapisan GaN yang berhasil ditumbuhkan, yang meliputi; struktur kristal, morfologi dan sifat optiknya. Struktur kristal ditentukan berdasarkan hasil karakterisasi XRD, morfologi diobservasi melalui pencitraan SEM, dan sifat optik ditentukan melalui pengukuran *UV-Vis spectroscopy*.

## 2. Prosedur eksperimen

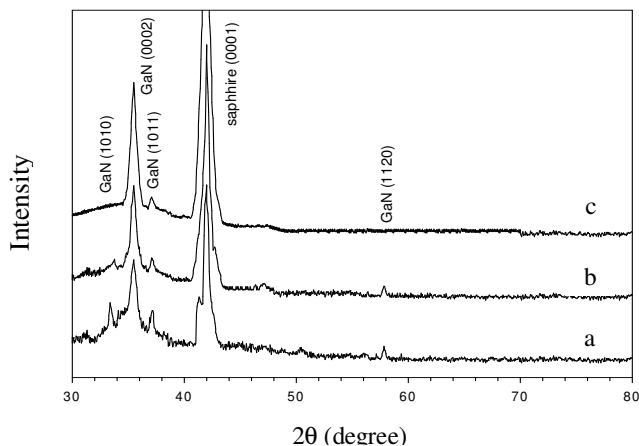
Lapisan tipis GaN ditumbuhkan dengan teknik *sol-gel spin-coating* menggunakan kristal *gallium-citrate-amine* sebagai prekursor Ga. Sedangkan sebagai sumber N digunakan gas  $N_2$  yang direaktifkan melalui pemanasan pada suhu tinggi. Kristal *gallium-citrate-amine* yang berwarna putih, dihasilkan melalui proses preparasi gel dari larutan yang mengandung ion-ion  $Ga^{+3}$  dan asam sitrat [*citric acid* (CA)]. Kristal *gallium-citrate-amine* ini memiliki formula kimia  $(NH_4)_3[Ga(C_6H_5O_7)_2]4H_2O$  [17]. Mekanisme/ proses preparasi kristal Ga-citrate-amine yang dilakukan dalam studi ini adalah sebagai berikut; 2.16 g serbuk  $Ga_2O_3$  dilarutkan dalam campuran HCl dan  $HNO_3$  (1:1), larutan ini kemudian dinetralsir hingga memiliki nilai pH 7.5 – 8.0 dengan cara menambahkan *ammonium hydroxide* secukupnya. Terhadap larutan ini, kemudian ditambahkan 1.1 gr CA sehingga rasio molar dari Ga/CA adalah 1:1. Selanjutnya larutan ini diaduk (*stirred*) pada suhu 353 K selama 2 jam, untuk mendapatkan kristal putih. Kristal ini kemudian dibilas dengan aseton dan disimpan dalam *vacuum desiccator* untuk pengeringan. Kristal kering tersebut kemudian dilarutkan dalam *ethylenediamine* untuk mendapatkan larutan jernih (*clear*). Larutan ini (gel) digunakan untuk deposisi lapisan GaN dengan teknik *spin-coating* di atas substrat kristal tunggal,  $Al_2O_3$  (0001).

Substrat diletakkan di atas *spin coater*. Satu hingga dua tetes gel ditempatkan di atas substrat, dan substrat kemudian diputar dengan laju putaran sekitar 1000 rpm selama 2 menit. Lapisan yang diperoleh kemudian dikeringkan pada 373 K di atas *hot plate* dan diikuti dengan proses dekomposisi pada 673 K dalam *furnace* untuk mengeliminir komponen-komponen organik pada lapisan. Selanjutnya lapisan ditempatkan dalam sebuah *programmable furnace*. Temperatur *furnace* dinaikkan hingga mencapai 1123 K dari temperatur ruang dengan laju pemanasan sekitar 10 K/min dalam lingkungan gas nitrogen yang dialirkan secara konstan sebesar 100 sccm. Lapisan tersebut dipanaskan pada temperatur deposisi yang bervariasi; 1123 K, 1173 K, dan 1223 K selama 3 jam dan kemudian didinginkan hingga temperatur ruang untuk mendapatkan lapisan kristal GaN.

Kekristalan lapisan GaN hasil deposisi dikarakterisasi dengan *X-ray diffraction* (XRD), morfologi permukaan dan tampak lintang dicitra dengan menggunakan *scanning electron microscope* (SEM). Dari hasil citra tampak lintang ketebalan lapisan GaN dapat ditentukan. Sedangkan sifat optik ditentukan melalui karakterisasi *UV-Vis spectroscopy* pada temperatur ruang.

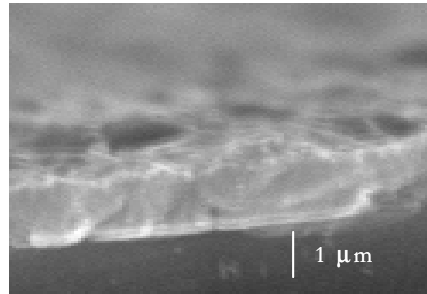
## 3. Hasil dan diskusi

Gambar 1 menunjukkan pola difraksi sinar-X untuk sampel-sampel film tipis GaN yang dideposisi di atas substrat  $Al_2O_3/Sapphire$  (0001) pada berbagai temperatur penumbuhan. Tampak bahwa lapisan GaN yang ditumbuhkan masih memiliki orientasi polikristalin, yang ditunjukkan oleh munculnya berbagai puncak orientasi bidang kristal. Lapisan GaN yang ditumbuhkan membentuk struktur heksagonal mengikuti struktur kristal *sapphire*. Temperatur deposisi sangat mempengaruhi kualitas kristal Lapisan GaN yang ditumbuhkan. Semakin tinggi temperatur deposisi yang digunakan, kristal GaN yang terbentuk mengarah ke suatu arah orientasi tertentu yang dominan yaitu bidang (0001), mengikuti orientasi substrat *sapphire* yang digunakan.



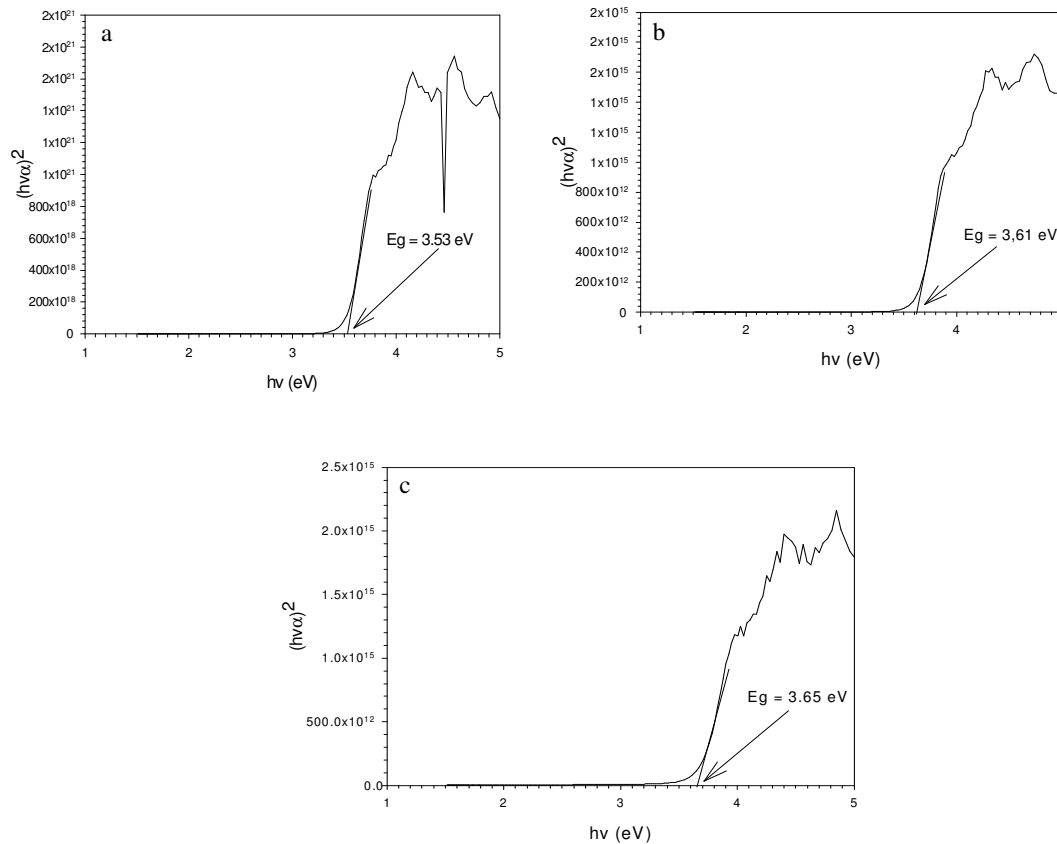
Gambar 1. Pola XRD untuk film GaN yang dideposisi di atas substrat sapphire pada berbagai temperatur; a. 1123 K b. 1173 K c. 1223 K

Gambar 2 menunjukkan struktur morfologi tampak lintang film GaN yang dideposisi pada temperatur 1223 K hasil pencitraan SEM. Dari gambar tersebut tampak bahwa lapisan GaN yang ditumbuhkan masih memiliki morfologi yang kasar dan kurang homogen. Hal ini menunjukkan bahwa kualitas morfologi film masih relatif rendah. Ketebalan rata-rata dari film GaN yang ditumbuhkan sekitar 1  $\mu\text{m}$ .



Gambar 2. Struktur morfologi film GaN di atas sapphire

Gambar 3 menunjukkan hasil pengukuran sifat optik (celah pita energi) untuk sampel-sampel film GaN yang ditumbuhkan di atas *sapphire* menggunakan spektroskopi *UV-Vis*. Nilai celah pita energi film tipis GaN ditentukan berdasarkan pengolahan data persen transmitansi (%T) terhadap panjang gelombang. Tampak bahwa variasi temperatur deposisi juga mempengaruhi nilai celah pita energi film GaN yang dideposisi. Dalam rentang temperatur deposisi yang digunakan, semakin besar temperatur deposisi dapat meningkatkan nilai celah pita energi film GaN. Nilai-nilai celah pita energi yang diperoleh, sedikit lebih besar dari nilai  $E_g$  ideal untuk material ini yaitu 3,42 eV [18].



Gambar 3. Karakteristik optik film tipis GaN untuk berbagai temperature deposisi a. 1123 K b. 1173 K c. 1223 K

#### 4. Kesimpulan

Dari berbagai hasil karakterisasi lapisan GaN tersebut, menunjukkan bahwa kualitas lapisan GaN masih perlu ditingkatkan lagi agar berpotensi untuk aplikasi divais, terutama kehomogenan morfologinya. Hal yang dapat dilakukan adalah melakukan pencarian kondisi dan parameter deposisi yang tepat. Namun demikian, hasil-hasil karakterisasi tersebut secara langsung menunjukkan bahwa teknik *spin-coating* memiliki potensi untuk digunakan dalam menumbuhkan lapisan GaN. Untuk menghasilkan lapisan GaN dengan kualitas lebih baik, diperlukan optimasi prosedur dan parameter penumbuhan lebih lanjut, terutama pada hal-hal yang sangat menentukan kualitasnya, seperti kualitas gel, dan temperatur deposisi- dekomposisi, dan pemilihan sumber N (Nitrida)

#### Ucapan terima kasih

Penulis menghaturkan terima kasih yang setinggi-tingginya kepada Kementerian Pendidikan Republik Indonesia atas dukungan dana pada program penelitian ini, melalui proyek Hibah Pekerti tahun 2007.

#### Daftar Acuan

- [1] Nakamura, S., Fasol, G., The Blue Laser Diode, Springer: Berlin, 1997.
- [2] M. Razeghi, M., and Rogalski, A., J. Appl. Phys. 1996;79(10)
- [3] Monroy, E., Calle, F., Pau, J. L., Munoz, E., Omnes, F., Beaumont, B., Gibart, P., Phys. Stat. Sol. (a) 2001;185: 91
- [4] Amano, H., Kito, M., Hiramatsu, K., Akasaki, I., Jpn. J. Appl. Phys. 1989; 28 : L2112
- [5] Nakamura, S., Senoh, M., Mukai, T., Jpn. J. Appl. Phys. 1991; 30 : L1998
- [6] Khan, M. A., Kuznia, J. N., Bhattarai, A. R., Olson, D. T., Appl. Phys. Lett., 1993;63(9):1214
- [7] Okano, H., Tanaka, N., Takahashi, Y., Tanaka, T., Shiabata, K., Nakano, S., Appl. Phys. Lett., 1994;64:166
- [8] Takeuchi, T., Hirotsawa, K., Amano, H., Hiroawsa, K., Akasaki, I., J. Cryst. Growth 1993;128:391
- [9] Yoshida, S., Misawa, S., Gonda, S., Appl. Phys. Lett., 1983;42:427
- [10] takeuchi, T., Amano, H., Hiramatsu, K., Sawaki, N., Akasaki, I., J. Cryst. Growth 1991;115:634
- [11] Ponce, F. A., Major Jr., J. S., Plano, W. E., Welch, D. F., Appl. Phys. Lett., 1994;65(18):2302
- [12] Devi, A., Rogge, W., Wohlfart A., Hipler, F., Becker, H. W., Fishcer, R. A., Chem Vap Deposition 2000;6(5):245
- [13] Detchprohm, T., Hiramatsu, K., Sawaki, N., Akasaki, I., J. Cryst. Growth 1994;137:171
- [14] Nakamura, S., Harada, Y., Senoh, M., Appl. Phys. Lett., 1991;58(18):2021
- [15] Sugianto, Sani, R. A., Arifin, P., Budiman, M., Barmawi, M., J. Cryst. Growth 2000;221:311
- [16] Raju, A. R., Sardar, K., Rao, C. N. R., Mater. Sci. Semicond. Proc., 2001;4:549
- [17] O'Brien, P., Salacinski, H., Motevalli, M., J. Am. Chem. Soc., 1997;119:12695
- [18] Madelung, O., Semiconductor Basic Data, 2<sup>nd</sup> edition, (1996)