

STUDI AWAL PENUMBUHAN LAPISAN TIPIS GAN DENGAN TEKNIK SPIN-COATING

Dadi Rusdiana, Andi Suhandi, dan Yuyu R.Tayubi

Jurusan Pendidikan Fisika FPMIPA
Universitas Pendidikan Indonesia

ABSTRAK

GaN merupakan material semikonduktor yang memiliki nilai celah pita energi (E_g) sekitar 3,45 eV pada temperatur ruang dengan struktur transisi langsung. Keadaan ini membuat GaN sangat potensial untuk aplikasi divais optoelektronik yang beroperasi para rentang panjang gelombang UV. Dalam studi ini telah dilakukan uji penumbuhan lapisan (GaN) di atas substrat Si (100) dan Al_2O_3 (0001) dengan teknik *sol-gel spin-coating* dengan menggunakan kristal *gallium-citrate-amine* sebagai prekursor Ga. Teknik ini tergolong sederhana, mudah pengoperasiannya dan relative murah. Hasil karakterisasi lapisan GaN yang berhasil ditumbuhkan menunjukkan bahwa baik yang ditumbuhkan di atas substrat Si (100) maupun Al_2O_3 (0001) masih memiliki struktur polikristal. Kualitas morfologi lapisan GaN masih relatif rendah, dengan ketebalan rata-rata berkisar antara 1-1,5 μ m. Nilai celah pita energi lapisan GaN yang ditumbuhkan di atas Al_2O_3 (0001) berdasarkan hasil karakterisasi *UV-Vis spectroscopy* adalah sekitar 3.20 eV. Nilai ini masih sedikit lebih rendah dari nilai idealnya

Kata kunci : Lapisan GaN, teknik spin-coating, metode sol gel.

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_2O_3 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_2O_3 , 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) baik di atas substrat Si (100) maupun Al₂O₃ (0001) dengan teknik *sol-gel spin-coating* dengan menggunakan kristal *gallium-citrate-amine* sebagai prekursor Ga. 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*.

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 N₂ 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 (NH₄)₃[Ga(C₆H₅O₇)₂]4H₂O [17]. Mekanisme/ proses preparasi kristal Ga-citrate-amine yang dilakukan dalam studi ini adalah sebagai berikut; 2.16 g serbuk Ga₂O₃ dilarutkan dalam campuran HCl dan HNO₃ (1:1), larutan ini kemudian dinetralisir 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 *vaccum 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, Al₂O₃ (0001) dan Si (100).

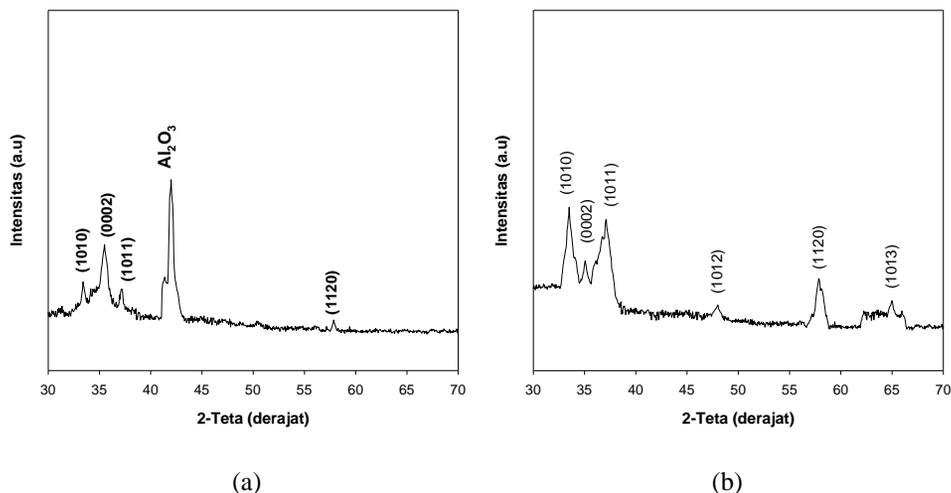
Subatrat diletakkan di atas *spin coater*. Satu hingga dua tetes gel ditempatkan di atas substrat, dan substrat kemudian diputar dengan laju putaran sekitar 1000 rpm selama 2 menit. Lapisan yang diperoleh kemudian dikeringkan pada 373 K di atas *hot plate* dan diikuti dengan proses dekomposisi pada 673 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 1123 K selama 3 jam dan kemudian didinginkan hingga temperatur ruang untuk mendapatkan lapisan kristal GaN.

Lapisan GaN hasil deposisi dikarakterisasi dengan *X-ray diffraction (XRD)*. Morfologi permukaan dan tampak lintangnya dipotret dengan menggunakan *scanning electron microscope (SEM)*. Dari hasil citra tampak lintang ketebalan lapisan dapat ditentukan. Sifat optik ditentukan melalui karakterisasi *UV-Vis spectroscopy* pada temperatur ruang.

HASIL DAN DISKUSI

Gambar 1 menunjukkan pola difraksi sinar-X untuk sampel lapisan GaN yang ditumbuhkan di atas substrat $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Sapphire}$ (0001) dan Silikon (100). Tampak bahwa lapisan GaN baik yang ditumbuhkan di atas *sapphire* maupun di atas silikon masih memiliki orientasi polikristalin, yang ditunjukkan oleh munculnya berbagai puncak orientasi bidang kristal. Akan tetapi jika dibandingkan, lapisan GaN yang ditumbuhkan di atas *sapphire* mulai mengarah ke suatu arah orientasi tertentu yang dominan yaitu bidang (0001). Orientasi arah bidang lainnya masih muncul tetapi puncaknya sangat pendek.

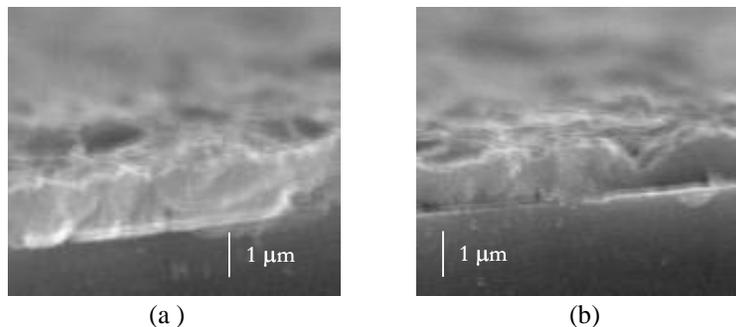


Gambar 1. Pola difraksi sinar-X dari lapisan GaN yang ditumbuhkan di atas substrat (a) Al_2O_3 (0001), (b) Si (100).

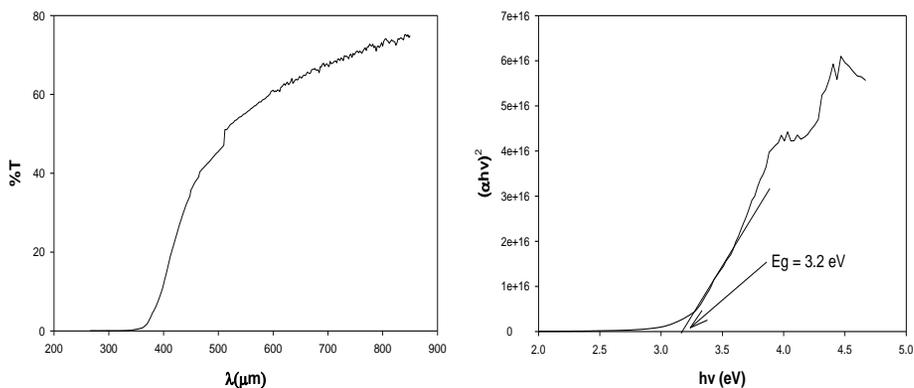
Gambar 2 menunjukkan hasil pencitraan struktur morfologi tampak lintang film GaN yang ditumbuhkan dengan menggunakan SEM. Dari kedua gambar tersebut tampak bahwa lapisan GaN yang ditumbuhkan masih memiliki morfologi yang kasar dan kurang homogen. Hal ini menunjukkan bahwa kualitas morfologi film masih relatif rendah. Morfologi lapisan GaN yang ditumbuhkan di atas *sapphire* sedikit lebih baik di banding yang ditumbuhkan di atas silikon. Ketebalan rata-rata dari lapisan GaN berkisar antara 1-1,5 μm .

Gambar 3 menunjukkan hasil pengukuran sifat optik (celah pita energi) untuk lapisan GaN yang ditumbuhkan di atas *sapphire* menggunakan *UV-Vis spectroscopy*. Dari pengolahan data persen transmitansi (%T) terhadap panjang gelombang (gambar 3.a), dapat ditentukan nilai celah pita energi lapisan GaN sekitar 3,2 eV (gambar 3.b). Nilai ini masih sedikit kurang lebar dari nilai E_g yang dapat dicapainya yaitu 3,42 eV[18].

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. Melalui proses optimasi penumbuhan, kualitas lapisan GaN akan dapat ditingkatkan, baik dari segi struktur kristal, morfologi permukaan, sifat listrik, maupun sifat optiknya



Gambar 2. Morfologi tampak lintang lapisan GaN yang ditumbuhkan di atas substrat (a) Al_2O_3 (0001), (b) Si (100).



Gambar 3. (a) % transmisi fungsi panjang gelombang hasil karakterisasi UV-Vis spectroscopy untuk lapisan GaN yang ditumbuhkan di atas Al₂O₃, (b) penentuan nilai celah pita energi

KESIMPULAN

Meskipun kualitas film tipis GaN yang dihasilkan belum begitu baik, namun hasil studi ini menunjukkan bahwa teknik *spin-coating* memiliki potensi untuk digunakan dalam menumbuhkan lapisan tipis 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.

DAFTAR PUSTAKA

- [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., Hiramutsu, 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., Hiroswawa, 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, 2nd edition, (1996)