

Struktur kristal dan Morfologi film tipis GaN yang ditumbuhkan dengan metoda Hot-Wire Pulsed Laser Deposition

Dadi Rusdiana

Departemen Fisika, FPMIPA UPI, Jl. Dr.Setiabudi 229 Bandung, Indonesia 40154

e-mail : dadi_rusdiana@upi.edu

ABSTRAK

Telah ditumbuhkan film tipis GaN di atas substrat sapphire (0001) dengan teknik hot-wire pulsed laser deposition dengan temperatur substrat dan hot wire masing-masing 680°C dan 1000°C . Pengaruh tekanan parsial gas yang divariasikan dari 0,15 mbar sampai 0,35 mbar, ternyata dapat mempengaruhi struktur kristal dan morfologi film. Hasil karakterisasi XRD menunjukkan, kualitas kristal film tipis mengalami peningkatan apabila tekanan parsial gas nitrogen diperbesar hingga 0,25 mbar yang ditunjukkan dengan munculnya orientasi kristal yang searah dengan sumbu c yaitu (0002) dan (0004), namun ternyata kualitas kristal akan mengalami degradasi apabila tekanan parsial gas diperbesar hingga 0,35 mbar yaitu dengan munculnya orientasi bidang (10 $\bar{1}$ 1). Hal serupa ditemukan juga pada film yang ditumbuhkan dengan tekanan parsial gas 0,15 mbar tanpa menggunakan filamen pemanas pada aliran gas nitrogen. Hasil karakterisasi SEM menunjukkan pada permukaan film tersebut masih terdapat partikulasi GaN yang terbentuk dengan ukuran 0,1 sampai 0,4 μm , namun pembentukan partikulasi tersebut mulai berkurang apabila tekanan parsial gas diperbesar hingga 0,35 mbar dengan menggunakan filamen pemanas.

Kata kunci : GaN, Tekanan parsial gas nitrogen dan *hot-wire pulsed laser deposition*

ABSTRACT

The GaN thin films were grown on (0001) sapphire substrates using hot-wire pulsed laser deposition method. The substrate and hot-wire temperature were around 680°C and 1000°C respectively. The effects of the nitrogen pressure during growth on the properties of GaN films have been investigated. XRD characterization shows that GaN film with c- axis orientation of (0002) and (0004) occurs if nitrogen gas partial pressure increase up to 0.25 mbar, but the quality of GaN film decrease if gas partial pressure increase up to 0.35 mbar. Similar result was also found for the gas partial pressure of 0.15 mbar without using heater filament at nitrogen gas flow. SEM characterization shows that at the surface of the film, there are GaN particulates of the size of 0.1 – 0.4 μm . Number of particulates decrease if partial gas pressure increases up to 0.35 mbar by using heater filament.

Keywords : GaN, The nitrogen gas partial pressure, hot-wire pulsed laser deposition

1. PENDAHULUAN

Material GaN dan paduan lainnya akhir-akhir ini banyak diminati orang, karena material tersebut sangat potensial diaplikasikan pada devais fotodetektor serta devais elektronik yang berdaya tinggi. Perkembangan deposisi epitaksi GaN sangat cepat karena adanya teknik deposisi yang mutakhir seperti *metalorganic chemical vapor deposition* (MOCVD)(Wu et.al.,1996)), *low pressure MOCVD*(Kung et.al,1995), dan *molecellar beam epitaxy* (MBE)(Oberman et.al,1995), *pulsed laser deposition* (PLD)(Cole et.al.,1997).

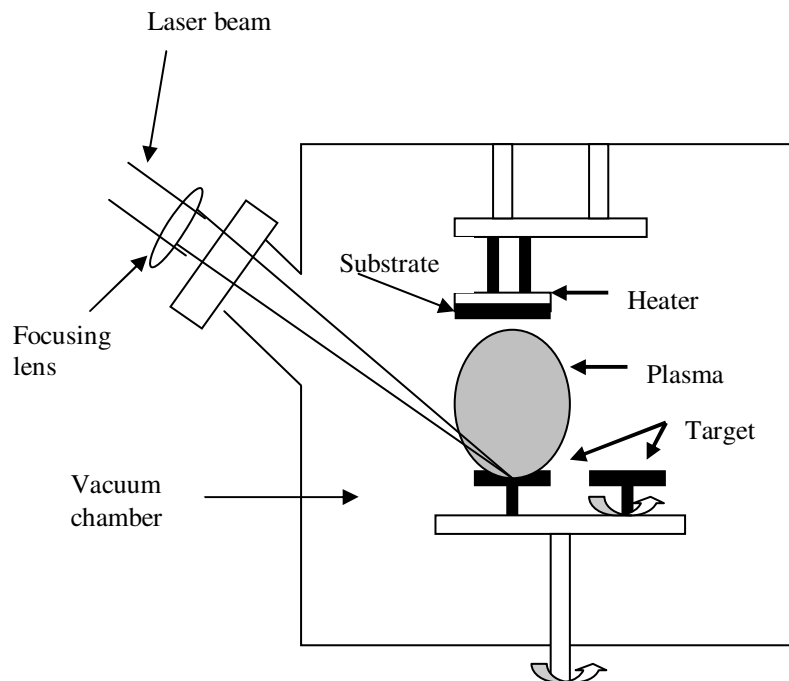
Pada artikel ini dibahas mengenai teknik deposisi lain yaitu hot-wire pulsed laser deposition (HW-PLD) yang merupakan pengembangan dari teknik PLD konvensional untuk deposisi epitaksi film tipis GaN di atas substrat sapphire bidang c (0001). Keistimewaan dari teknik PLD adalah : (1) Proses evaporasi tidak

seimbang yang tinggi yang menghasilkan pancaran plasma yang kuat dan adanya transfer komposisi target menjadi deposisi film, (2) adanya kontrol atomic-level dengan mengatur energi laser dan laju pulsa (pulse rate), dan (3) Proses secara *in-situ* untuk lapisan struktur banyak (heterostructures) dengan menggunakan target ganda. Dengan adanya keistimewaan yang khas tersebut, maka pada riset ini telah dipelajari pengaruh tekanan parsial gas nitrogen yang dipanaskan dengan filamen pemanas (*hot-wire*) pada struktur kristal dan morfologi film GaN.

2. METODE

Skema dari sistem reaktor PLD ditunjukkan pada gambar 1. Chamber vacuum stainless steel di vakumkan dengan menggunakan pompa rotari hingga mencapai base pressure 5×10^{-5} Torr. Laser Nd:YAG ($\lambda=355$ nm) dengan energi 250 mJ digunakan untuk menguapkan target GaN dengan kemurnian 99,99 %. Penyerapan radiasi laser dengan $\lambda=355$ nm oleh target GaN menghasilkan semburan plasma pada bagian permukaan depan target. Target yang akan diuapkan disimpan pada jarak 1-2 cm dari substrat dalam lingkungan gas nitrogen yang telah dipanaskan (1000° C) dengan tekanan yang divariasikan antara 0,15 mbar sampai 0,35 mbar. Substrat yang digunakan adalah sapphire dengan orientasi (0001) yang sebelumnya dietching dengan menggunakan larutan $H_2SO_4 : H_3PO_4 : DI$.

Dalam penelitian ini telah ditumbuhkan film GaN dengan ketebalan 90 – 201 nm dengan temperatur substrat 680° C. Film dikarakterisasi dengan difraksi sinar-X (XRD) menggunakan radiasi CuK_α untuk mempelajari struktur kristal dan SEM untuk mempelajari struktur permukaan film GaN sedangkan ketebalan film diukur dengan profilometer DEKTAK IIA.

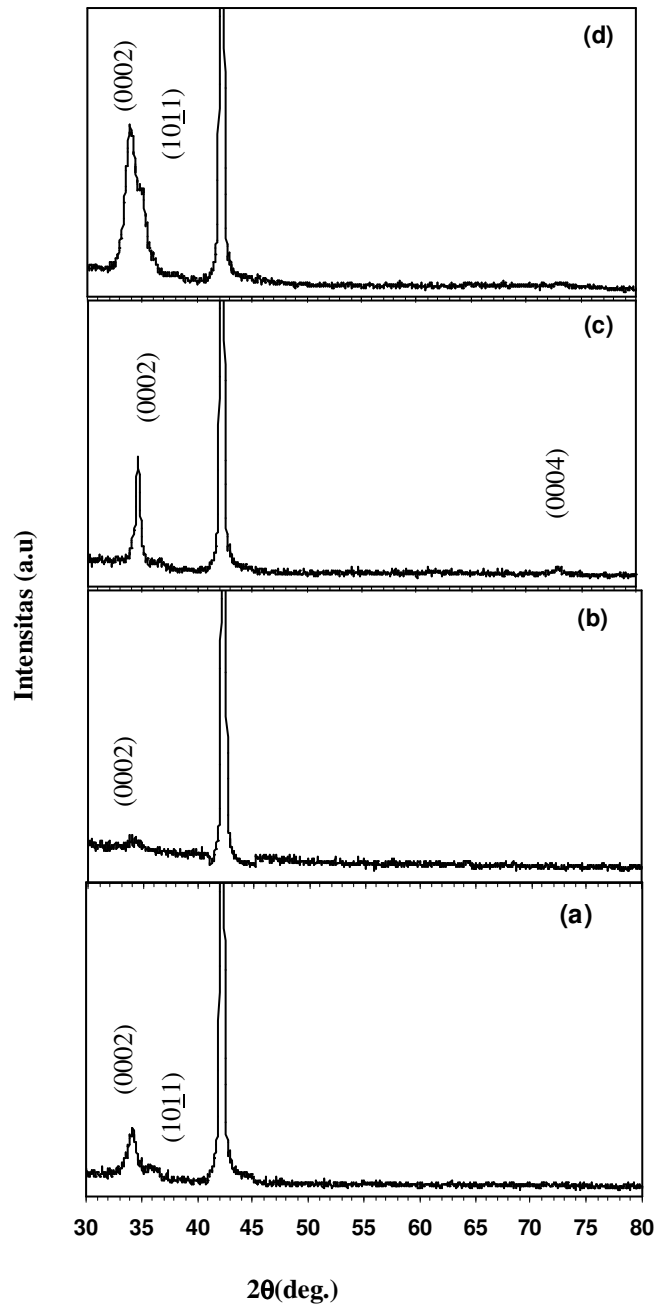


Gambar 1. Skema sistem pulsed laser deposition

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

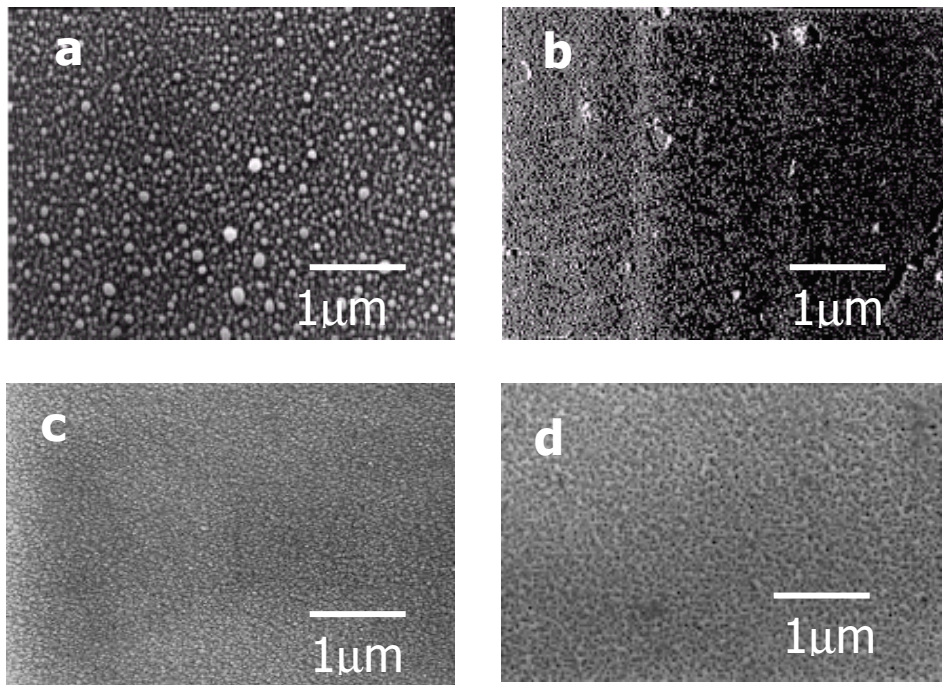
Dari hasil karakterisasi difraksi sinar-X seperti ditunjukkan pada Gambar 2, nampak sekali bahwa tekanan parsial gas nitrogen dalam reaktor mempengaruhi pola difraksi sinar-X pada masing-masing sampel. Seperti pada sampel (a) yang menggunakan aliran nitrogen 50 sccm tanpa filamen pemanas dengan tekanan parsial gas 0,15 mbar, ternyata film yang tumbuh memiliki orientasi yang masih acak dimana pada film tersebut muncul orientasi kristal (0002) dan (10 $\bar{1}$ 1) (Gambar 2 (a)), meskipun demikian orientasi dari bidang kristal yang muncul sudah mengarah ke orientasi (0002), hal tersebut diduga terjadi karena energi kinetik dari spesies-spesies GaN yang datang ke substrat masih cukup besar disebabkan energi kinetik atom nitrogen yang masuk reaktor masih rendah, sehingga proses tumbukan antara atom nitrogen dengan spesies-spesies GaN tersebut tidak banyak mempengaruhi laju spesies GaN yang sampai ke substrat. Sehingga akibatnya dengan energi kinetik yang cukup besar maka kedatangan spesies GaN tersebut dapat menimbulkan pergeseran kisi yang dapat merusak pertumbuhan film (20). Dengan energi kinetik yang besar tersebut, maka ternyata proses pembentukan partikulasi (*particulate*) pada film masih terjadi, sehingga nampak pada Gambar 3 (a) masih terdapat partikulasi –partikulasi GaN berbentuk bulatan berwarna putih dengan ukuran bervariasi antara 0,1 sampai 0,4 μm . Apabila digunakan filamen pemanas pada aliran gas nitrogen dengan laju 50 sccm dan tekanan parsial nitrogen 0,15 mbar, ternyata orientasi bidang kristal (10 $\bar{1}$ 1) tidak muncul (Gambar 2 (b)) sehingga nampak film memiliki orientasi kristal tunggal yaitu (0002) meskipun intensitas puncaknya masih rendah, hal ini menunjukkan bahwa dengan memberikan pemanasan pada aliran gas nitrogen, maka energi kinetik spesies-spesies GaN yang datang ke permukaan substrat mulai berkurang akibat terjadinya tumbukan antara spesies GaN dengan atom-atom nitrogen yang energetik. Sehingga spesies GaN yang datang pada permukaan substrat dengan energi yang tidak terlalu besar akan mengurangi efek kerusakan pada penumbuhan film, hal ini didukung dengan hasil SEM pada permukaan film di mana pembentukan partikulasi pada film sudah mulai berkurang (Gambar 3(b)).

Demikian pula apabila tekanan parsial gas nitrogen diperbesar menjadi 0,25 mbar ternyata intensitas puncak bidang kristal (0002) naik secara drastis (Gambar 2 (c)) dengan FWHM (0002) sekitar 0,4, hal ini menunjukkan bahwa kualitas kristal lapisan epitaksi GaN meningkat. Pada film tersebut proses pembentukan partikulasi sudah tidak muncul (Gambar 3(c)), hal ini menunjukkan terjadinya proses hamburan dari partikel-partikel GaN yang muncul akibat proses ablasi target yang tidak sempurna yang biasa terjadi pada teknik PLD (13). Namun ternyata dengan memperbesar tekanan parsial nitrogen menjadi 0,35 mbar, kualitas kristal lapisan epitaksi GaN mengalami penurunan seperti nampak pada Gambar 2 (d), di mana pada gambar tersebut nampak orientasi bidang kristal (10 $\bar{1}$ 1) muncul kembali, sedangkan pembentukan partikulasi pada permukaan film sudah tidak terjadi lagi (Gambar 3(d)).

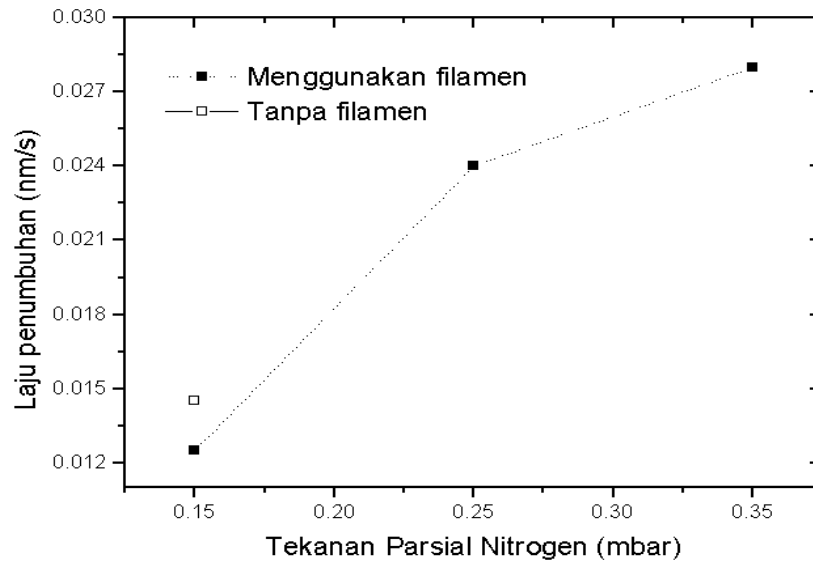


Gambar 2. Pola difraksi sinar-X pada film tipis GaN yang ditumbuhkan pada temperatur substrat 680⁰ C dengan variasi tekanan parsial nitrogen tanpa dan dengan bantuan filamen pemanas a) 0.15 mbar (tanpa pemanasan) , b) 0.15 mbar , c) 0.25 mbar , d) 0.35 mbar.

Hal tersebut terjadi disebabkan energi kinetik spesies GaN yang datang ke substrat memiliki nilai optimum untuk menghasilkan film yang berkualitas baik(Huang et.al.,1999), sehingga apabila aliran nitrogen lebih diperbesar maka tumbukan antara spesies GaN dengan atom nitrogen yang energetik akan semakin meningkat yang akibatnya energi kinetik spesies GaN yang datang ke substrat akan menjadi rendah jauh di bawah nilai energi kinetik optimum yang diperlukan untuk terbentuknya lapisan epitaksial GaN yang berkualitas baik. Sehingga nampak pada Gambar 4 untuk sampel dengan tekanan parsial gas nitrogen 0,35 mbar laju penumbuhannya cenderung mengalami saturasi.



Gambar 3. Morfologi permukaan film tipis GaN dengan variasi tekanan parsial nitrogen a) 0.15 mbar (tanpa pemanasan) b) 0.15 mbar c) 0.25 mbar d) 0.35 mbar.



Gambar 4 Morfologi permukaan film tipis GaN dengan variasi tekanan parsial nitrogen a) 0.15 mbar (tanpa pemanasan) b) 0.15 mbar c) 0.25 mbar d) 0.35 mbar.

4. KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan di atas dapat disimpulkan bahwa penambahan filamen pada aliran gas nitrogen ternyata dapat memperbaiki kualitas film ditinjau dari segi struktur kristal maupun morfologi film. Hal tersebut terbukti dengan munculnya orientasi kristal film yang sejajar dengan bidang c. Kehadiran partikulasi GaN ternyata dapat direduksi dengan penambahan filamen pada aliran gas nitrogen.

REFERENSI

- Cole, D., Lunney, J.G., 1997, GaN thin films deposited by pulsed laser deposition in nitrogen and ammonia reactive atmospheres, *Mater. Sci. Eng.*, **B50**, 20-24.
- Huang, T.F., Marshall, A., Spruytte, S., Harris, J.S., 1999, Optical and structural properties of epitaxial GaN films grown by pulsed laser deposition, *J. Cryst. Growth.*, **200**, 362-367.
- Kung, P., Saxler, A., Zhang, X., Walker, D., Wang, T.C., Ferguson, I., Razeghi, M., 1995, *Appl. Phys. Lett.* **66**, 2958.
- Oberman, D.B., Lee, H., Gotz, W.K., Harris, J.S., 1995, Molecular beam epitaxy of gallium nitride by electron cyclotron resonance plasma and hydrogen azide, *J. Cryst. Growth*, **150**, 912.
- Wu, X.H., Kapolnek, D., Tarsa, E.J., Heying, B., Keller, S., Keller, B.P., Mishra, U.K., Speck, 1996, Nucleation layer evolution in metal organic chemical vapor deposition grown GaN, *Appl. Phys. Lett.*, **68**, 1371.