

Pengaruh Temperatur *Growth* Terhadap Morfologi dan Laju *Growth* Film Tipis Gallium Antimony yang Ditumbuhkan dengan MOCVD

Zulirfan

Laboratorium Pendidikan Fisika, Jurusan Pendidikan MIPA FKIP
Universitas Riau Pekanbaru 28293

Diterima 6 Mei 2003 Disetujui 17 Juni 2003

Abstract

Undoped galliumantimony apitexiallayers were grown on(100) GaAs substrstes by vertical reactor metal organic chemical vapor deposition. The tridimethylaminoantimony/trimethylgallium mole fraction (V/III ratio) was constant at 2.0 and the growth temperatures were varied 520°C-540°C. The growth pressure in this research was about 60 torr. Purified hydrogen was used as gas carrier. By using scanning electron microscope, it was found that surface morphology and the growth rate of the layers were strongly depend on growth temperatures. The optimal growth temperature in this research was observed at 540°C with more good morphology than the others and highest growth rate, 1.7 µm/h.

Keywords: galliumantimony, growth temperature, growth rate, vertical reactor metal organic chemical vapor deposition, surface morphology

Pendahuluan

Galliumantimony (GaSb) merupakan bahan *binary* semikonduktor perpaduan unsur golongan III, Ga dengan unsur golongan V, Sb. GaSb mempunyai celah pita energi langsung (direct band gap) 0,72 eV pada temperatur kamar dan 0,81 eV pada temperatur 35 K dengan konstanta kisi kubik 6,095 Å, 0,6 % lebih besar dari konstanta kisi InS (6,058 Å) dan cukup besar dibandingkan dengan konstanta kisi GaAs (5,654 Å) (A G Milnes, et.al, 1993).

Material semikonduktor paduan berbasis *antimony* merupakan material yang menarik untuk komunikasi optik jarak jauh, devais *photonic* yang beroperasi pada panjang gelombang inframerah dan devais dengan *switching* elektronik yang tinggi (J.Shin, et.al., 1995, b). GaSb juga menarik sebagai material substrat karena mempunyai konstanta kisi yang *matches* terhadap *ternary* dan *quarternary* semikonduktor paduan yang mempunyai celah pita energi 0,3 eV sampai 1,58 eV (P L Garesso, 1999).

Pada awalnya film tipis GaSb

ditumbuhkan dengan metode *growth* LPE (liquid phase epitaxy), tetapi dengan metode ini sulit menumbuhkan film dengan struktur *multilayer*. Selanjutnya berkembang metode MBE (molecular beam epitaxy) dan MOCVD (metal organic chemical vapor deposition) (J.Shin,et.al.,1995,a) atau juga dikenal dengan metode OMVPE (organo-metallic vapor phase epitaxy). Metode yang terakhir ini pertamakali diperkenalkan oleh Manesevit pada tahun 1968. Pada metode ini, *precursor* berupa senyawa *organo-metallic* yang dalam fasa cair diubah dulu ke fasa uap sebelum dialirkan ke ruang reaktor tempat terjadinya proses kimia-fisika yang terjadi dalam fasa uap. Film terbentuk dari proses ini pada substrat tertentu yang telah disediakan dalam ruang reaktor. Kualitas film sangat ditentukan oleh parameter-parameter MOCVD, seperti *tekanan reaktor, temperatur growth, fraksi molar dari precursor-precursor, laju gas carrier, geometri reaktor* dan sebagainya.

Film tipis GaSb yang ditumbuhkan dengan MOCVD pada umumnya menggunakan *precursor* trimethylgallium (TMGa) untuk golongan III dan trimethylantimony (TMSb) untuk

golongan V. Beberapa peneliti mendapatkan kondisi *growth* optimum yang berbeda, misalnya temperatur *growth* 540°C dengan rasio V/III 0,72 pada tekanan atmosfer (A.Subekti, et.al, 1999)., temperatur *growth* 600°C pada tekanan atmosfer (T.Koljonen, et.al, 1995) dan lain-lain. Pada penelitian ini dicoba menumbuhkan film tipis GaSb menggunakan *precursor* TMGa dan tridimethylaminantimony sebagai sumber golongan V dengan metode MOCVD reaktor vertikal dengan rasio V/III tetap, 2,0 serta tekanan *growth* tetap, 60 torr. Variasi dilakukan terhadap temperatur *growth* 520°C-560°C. Selanjutnya diselidiki pengaruh temperatur *growth* ini terhadap morfologi permukaan film dan laju *growth*.

Bahan dan Metode

Film tipis *galliumantimony* ditumbuhkan diatas substrat *semi insulating galliumarsenide* (SI-GaAs) orientasi (100), tanpa menggunakan *buffer layer* karena *mismatch* kedua material ini relatif kecil. Film ditumbuhkan dengan metode MOCVD reaktor vertikal di Laboratorium Fisika Material Elektronik ITB. Sebagai *precursor* golongan III dan V masing-masing TMGa dan TDMASb dengan H₂ sebagai gas *carrier*. TMGa ditempatkan dalam *bubbler* bertemperatur -10°C sedangkan TDMASb dalam *bubbler* bertemperatur ruang.

Sebelum proses *growth*, substrat dibersihkan terlebih dahulu dengan cara mencucinya secara ultrasonik selama 10 menit dalam air dan 10 menit dalam larutan acetone, kemudian substrat dietsa dalam larutan H₂SO₄ : H₂O₂ : H₂O = 3 : 1 : 1 selama 2 menit pada temperatur 60°C. Terakhir substrat dibilas dalam *dionized (DI) water*. Substrat dengan cepat dimasukkan ke reaktor. Sebelum TMGa dan TDMASb dialirkan ke reaktor, terlebih dahulu dilakukan *thermal cleaning* dan *N₂ flashing* terhadap reaktor untuk menghindari kontaminasi terhadap film. Setelah temperatur reaktor sesuai dengan yang diinginkan, maka *precursor-precursor* baru dialirkan. Proses ini berlangsung selama yang diinginkan, (dalam riset ini 2 jam), setelah

itu aliran *precursor* dihentikan dan temperatur reaktor diturunkan perlahan (*cooling down*).

Dalam penelitian ini ditumbuhkan tiga sampel dengan rasio V/III tetap 2,0 sedangkan temperatur *growth* bervariasi, 520°C, 540°C dan 560°C pada tekanan reaktor 60 torr. Film yang telah ditumbuhkan selanjutnya dikarakterisasi dengan menggunakan *scanning electron microscope* (SEM) untuk melihat morfologi permukaan film dan dapat dihitung laju *growth* dari fotomikro SEM pada penampang lintang film. Dilakukan juga analisa EDS (*energy dispersive spectroscopy*). Selanjutnya dipelajari pengaruh temperatur *growth* ini terhadap morfologi permukaan dan laju *growth*.

Hasil dan Pembahasan

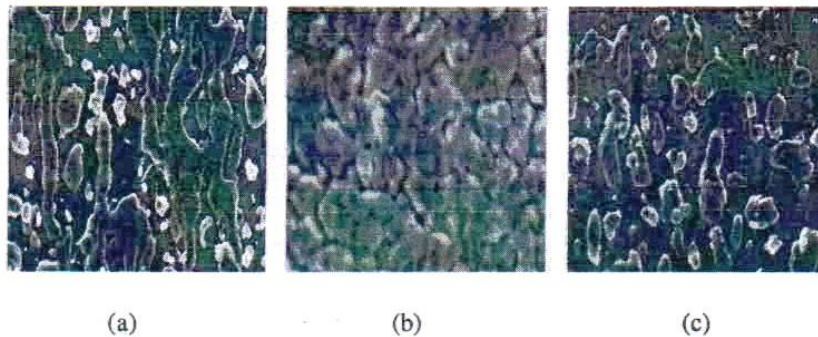
Secara kasat mata, ketiga film yang ditumbuhkan mempunyai permukaan yang *mirror-like*. Fotomikro SEM untuk permukaan ketiga film yang ditumbuhkan ditunjukkan pada gambar 1, dengan perbesaran 1292 kali. Fotomikro SEM untuk film yang ditumbuhkan pada temperatur terendah dalam riset ini, 520°C seperti yang ditunjukkan oleh gambar 1.a, memperlihatkan adanya pola-pola memanjang yang terpisah satu sama lain. Laju *growth*nya relatif rendah, 1,0 µm/h seperti yang ditunjukkan oleh gambar 2. Morfologi permukaan yang relatif buruk ini serta laju *growth* yang relatif rendah ini diperkirakan disebabkan oleh *growth* berada dalam kondisi kelebihan Sb (Sb-rich). Pada temperatur yang sama, dekomposisi termal TDMASb lebih cepat dibandingkan dengan TMGa. Hal ini menyebabkan atom-atom Sb yang jatuh ke permukaan substrat membentuk film lebih besar dari atom-atom Ga. Perkiraan ini didukung pula oleh analisa EDS yang menunjukkan perbandingan komposisi Ga dan Sb dalam film tersebut adalah 1:2,8.

Film yang ditumbuhkan pada temperatur 540°C memperlihatkan struktur yang lebih teratur seperti yang ditunjukkan oleh gambar 1.b. Laju *growth* relatif tinggi, 1,7 µm/h. Analisa EDS menunjukkan komposisi Ga dan Sb dalam film adalah 1:1. Peneliti memperkirakan morfologi

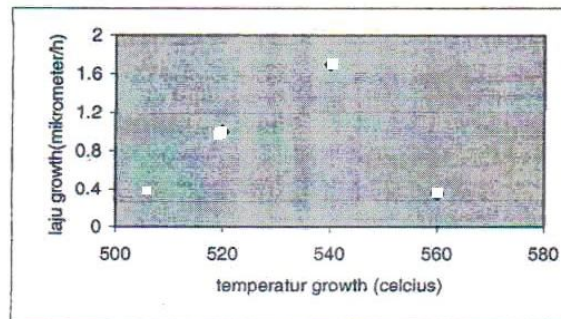
permukaan yang relatif baik ini dan laju *growth* yang relatif tinggi disebabkan oleh hasil dekomposisi termal *precursor* seimbang pada kondisi ini.

Film yang ditumbuhkan pada temperatur 560°C memperlihatkan struktur yang buruk berupa tumpukan agak memanjang dan terpisah. Laju *growth*-nya rendah, 0,35 $\mu\text{m/h}$ dan analisa EDS menunjukkan komposisi Ga dan Sb dalam film 1 : 1,2. Peneliti memperkirakan temperatur yang

tinggi menyebabkan radikal-radikal dari *precursor* memiliki energi aktivasi yang tinggi sehingga mempengaruhi reaksi pembentukan film dipermukaan substrat. Kemungkinan lain adalah temperatur yang tinggi ini menyebabkan *pyrolysis* dari *precursor* terjadi pada jarak yang relatif jauh dari permukaan substrat, sehingga radikal lebih banyak mengikuti aliran gas keluar dibandingkan dengan yang jatuh ke permukaan substrat.



Gambar 1. Fotomikro SEM (perbesaran 1292 kali) dari tiga film tipis GaSb yang ditumbuhkan pada rasio V/III=2,0 dengan temperatur *growth*: a. 520°C b. 540°C c. 560°C



Gambar 2. Laju *growth* film tipis GaSb yang ditumbuhkan pada rasio V/III=2,0 dengan temperatur *growth* 520°C, 540°C dan 560°C

Kesimpulan

Ketiga film yang ditumbuhkan merupakan film tipis GaSb yang dibuktikan dari analisa EDS. Morfologi permukaan dan laju *growth* dari film ternyata sangat tergantung dari temperatur

growth. Morfologi permukaan yang relatif baik dalam riset ini adalah film yang ditumbuhkan pada temperatur 540°C meskipun ketiga film terlihat *mirror-like*. Film yang ditumbuhkan pada kondisi ini juga mempunyai laju *growth* tertinggi dari yang lainnya yaitu, 1,7 $\mu\text{m/h}$.

Ucapan Terimakasih

Peneliti mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada Prof. M.Barmawi, Ph.D yang telah menyediakan fasilitas penelitian di Laboratorium Fisika Material Elektronik ITB Bandung. Terimakasih juga diucapkan kepada Maman Budiman, Ph.D yang banyak memberikan bantuan moral dan material selama riset ini berlangsung.

Daftar Pustaka

- A G Milnes and A Y Polyakov. 1992. *Solid States Electronic*, 36(6), 803-818.
- A Subekti, Goldys E M, Peterson M J, Tomsia K D, Tansley T L. 1999. *J.Material Research*, 14(4), 1238-1245
- J Shin, Verma A, Stringfellow GB, Gedridge R W. 1995. *J.Crystal Growth*, vol.151, 1-8.
- J Shin, Y.K.Hsu, Stingfellow G B. 1995. *J.Electronic Material*, 24(11), 1563-1569.
- P L Garesso. 1999. *Properties of p-GaSb/n-GaAs Interface*, Macquarie University, Sydney.
- T Koljonen, M Sopanen, H Lipsanen, T Tuomi. 1995. *J.Electronic Material*, 24(11), 1691-1696.