

Straturi de AlN crescute pe siliciu prin metoda reacțiilor chimice de transport cu urme de azot polimerizat

S. Raevschi, N. Spalatu, L. Gorceac, V. Botnariuc

Universitatea de Stat din Moldova. Facultatea de Fizică și Inginerie. Str. A. Mateevici, Nr. 60, MD-2009, Chișinău. raevskis@mail.ru

Lucrarea este consacrată dezvoltării tehnologiei de obținere a straturilor epitaxiale de nitru de galiu pe siliciu prin metoda HVPE (Hydride Vapor Phase Epitaxy). Sintetizarea GaN nemijlocit pe siliciu este complicat de realizat din cauza interacțiunii la temperaturi înalte dintre siliciu și azot, degajarea galiului sub formă de picături, deteriorarea suprafeței substratului. Interacțiunea poate fi atenuată cu ajutorul unui strat buferal de AlN crescut pe suprafața siliciului în condiții optimale la etapa inițială de creștere a straturilor de GaN. În procesul de determinare ale acestor condiții în straturile de AlN au fost depistate mai multe faze cristaline, inclusiv și de azot polimerizat - compus cu proprietăți energetice excepționale [1, 2].

Sintetizarea straturilor $A^{III}-N/Si(111)$ a fost realizată în sistemul ($H_2 - HCl - Al - Ga - NH_3$) într-un reactor de cuarț cu încălzire rezistivă, la presiunea atmosferică. Hidrogenul, purificat cu un filtru de paladiu, s-a utilizat ca gaz de transport. Transportul precursorilor de Ga, Al s-a realizat cu un flux de clorură de hidrogen dizolvat în hidrogen. Ca sursă de azot s-a folosit amoniacul. Proprietățile cristalografice și compoziția fazelor au fost analizate prin metoda XRD (X-ray diffraction method) la Universitatea din Tallinn (on a Rigaku Ultima IV system) cu utilizarea radiației monocromatice CuK_{α} ($\lambda = 1,5406 \text{ \AA}$, 40 kV, 40 mA). Fazele cristaline au fost identificate folosind bazele de date JCPDS (Joint Committee on Powder Diffraction Standards). Dimensiunile cristalitelor și constantele rețelelor cristaline au fost calculate utilizând versiunea 1.4.03 (Rigaku PDXL). Formula Debye-Scherrer a fost folosită la calculul dimensiunilor cristalitelor.

Depunerea straturilor AlN s-a efectuat în intervalul de temperaturi $500 \div 1150 \text{ }^{\circ}C$ cu durata $30 \div 600$ sec. La temperaturi mai joase de $\sim 800 \text{ }^{\circ}C$ straturile, de obicei, sunt amorfe, pot fi ușor înlăturate de pe suprafața substratului. În structurile AlN/Si obținute la $1100 \text{ }^{\circ}C$ timp de 40 sec, afară de AlN și Si ($a = 5.429 \text{ \AA}$), au fost depistate următoarele faze: Polymeric nitrogen (pN) ($a = b = c = 3.503 \text{ \AA}$; $\alpha = \beta = \gamma = 90^{\circ}$); Crystallite size (Cs) = 227 \AA); Cristobalite – a (low) ($a = b = 4.902 \text{ \AA}$, $c = 6.8 \text{ \AA}$; $\alpha = \beta = \gamma = 90^{\circ}$); Cs = 530 \AA); Quartz HP, syn ($a = b = 4.55 \text{ \AA}$, $c = 5.169 \text{ \AA}$; $\alpha = \beta = 90^{\circ}$, $\gamma = 120^{\circ}$; Cs = 1536 \AA). În straturile de GaN crescute la $1035^{\circ}C$ pe structuri AlN/Si (stratul de AlN fiind deus la $1100 \text{ }^{\circ}C$) au fost obținute modificări cubice a nitrurii de galiu ($a = 4.50 \text{ \AA}$), a nitrurii de aluminiu ($a = 4.298 \text{ \AA}$) precum și hexagonale de quartz HP ($a = 4.564$; $b = 5.420$, \AA). Urme de pN în acest strat de GaN nu au fost depistate. Straturi epitaxiale de GaN au fost obținute pe straturi buferale de AlN crescute la temperaturi mai mari de $\sim 1000 \text{ }^{\circ}C$ cu durata din intervalul 120 ± 40 sec și grosimile de ~ 100 nm.

În structurile $A^{III}-N/Si(111)$, afară de siliciu, au fost depistate două faze poli morrice a bioxidului de siliciu: α - cuarțul și α - cristobalitul, o modificare cubică a cuarțului metastabilă la temperatura camerei, [3]. De asemenea au fost descoperite și urme de azot polimerizat (pN) cu rețea cristalină cubică. Din toate sursele de literatură, accesibilă nouă, până în prezent azot polimerizat în straturile de AlN, GaN, AlGaN nu au fost depistate. În ultimul timp interesul pentru azotul polimerizat a crescut considerabil ca fiind cel mai efektiv, ecologic pur, capabil să fie utilizat în absența oxigenului, combustibil.

1. V. Timoshevskii, Wei Ji, Hakima Abou-Rachid, Louis-Simon Lussier, and H. Guo
Polymeric nitrogen in a graphene matrix: An *ab initio* study. Phys. Rev. B **80**, 115409 – Published 9 September 2009.
2. Mailhot, L. H. Yang, and A. K. McMahan, Polymeric nitrogen. Phys. Rev. B **46**, 14419 – Published 1 December 1992 C
3. Akhavan, A.C. The Quartz Page. The Silica Group, <http://www.quartzpage.de/gen-mod.html>, 12-Jan-2014.