

Implementarea litografiei cu sarcină de suprafaţă pentru mezo- și nanostructurarea arseniurii de galiu

Corduneanu Alexandru

Centrul Național de Studiu și Testare a Materialelor, Universitatea Tehnică a Moldovei.

Abstract: În prezenta lucrare se demonstrează aplicabilitatea litografiei cu sarcina de suprafață la arseniura de galiu. Folosind metodologia acestei tehnologii pentru nitrura de galiu s-au obținut mezastructuri de GaAs cu pereți bine conturați cu înălțime de până la 10 micrometri.

Cuvinte Cheie: Nanostructurare, arseniura de galiu (GaAs), corodare fotoelectrochimică.

Introducere

Tranziția de la scara micro la cea nano este însoțită de modificări semnificative ale proprietăților fizice (efecte cuantice), chimice și biologice (efecte de suprafață ca urmare a unei valori mari a raportului aria suprafeței per volum). Din aceste motive nanoparticulele și materialele obținute din acestea sunt promițătoare pentru aplicații practice și atrag în ultimii ani tot mai mult atenția atât a cercetătorilor, cât și a potențialilor utilizatori industriali.

În această lucrare sunt descrise condiții tehnologice de formare a nanostructurilor pe suprafața cristalelor de GaAs și date referitoare la nanostructuri obținute recent pe baza de GaAs.

Posibilitatea de obținere a nanostructurilor în baza arseniurii de galiu prin metoda fotoelectrochimică pînă în prezent nu a fost explorată, necătfînd la faptul că este o metodă cost-efectivă față de metodele utilizate la moment.

Partea experimentală

În experimentele de corodare fotoelectrochimică sau utilizat plachete de GaAs n-tip cu o concentrație a donatorilor de 10^{18} cm^{-3} . Înainte de a începe experimentele probele erau degresate cu ajutorul acetonei, apoi spălate în apă distilată și uscate în flux de azot.

Pe proba de GaAs a fost depusă o mască în urma procesului de litografie, după aceea pe probă au fost introduse defecte în urma corodării în plasmă, la o tensiune de 2 kV timp de 20 min.

Proba a fost plasată în celula electrochimică, ca electrolit a fost utilizat KOH dizolvat în apă distilată, cu o concentrație de 0,08M. Electrolitul este pompat prin celulă în mod continuu, prin intermediul pompei pentru asigurarea concentrației constante a electrolitului.

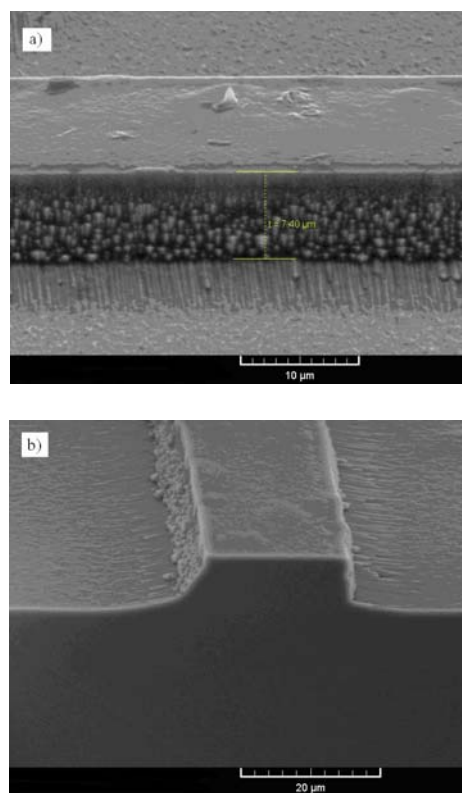


Fig. 1. Probe tratate în plasmă și după corodare în soluție de KOH cu o concentrație de 0,08M, timp de 60 minute, la temperatura camerei, la o densitate a luminii de $2,7 \text{ mW/mm}^2$.

Procesul de decapare este un proces fotoelectrochimic. Pentru acest proces este nevoie de curent electric, care apare în urma generării perechilor electron-gol, de la iluminarea probei cu un flux de lumină energia cuantelor căreia este $E \geq E_g$. În experimentul respectiv a fost utilizat un bec halogen de 50 W.

Pentru studiul morfologiei suprafețelor corodate a fost utilizat microscopul electronic cu baleiaj Vegatescan TS5130MM (SEM) dotat cu detector EDX pentru analiza compoziției chimice.

Rezultate și discuții

În cazul procesului de decapare a materialelor prin metoda litografiei sarcinii de suprafață, sarcina negativă joacă rolul de mască de protecție (asemenea procesului de corodare uscată, unde masca din fotorezist joacă rol de protecție). În cazul dat rol de mască vor juca defectele introduse prin bombardarea cu ioni sau prin intermediul unui simplu tratament mecanic. Tehnologia funcționează în modul următor: defectele de suprafață introduc multiple nivele capcană în banda interzisă a semiconductorului care, acumulând sarcină negativă, „ucid” fotogolurile generate în timpul iradierii și ca rezultat acestea din urmă nu pot participa în procesul de oxidare și decapare conform reacției chimice de mai jos:

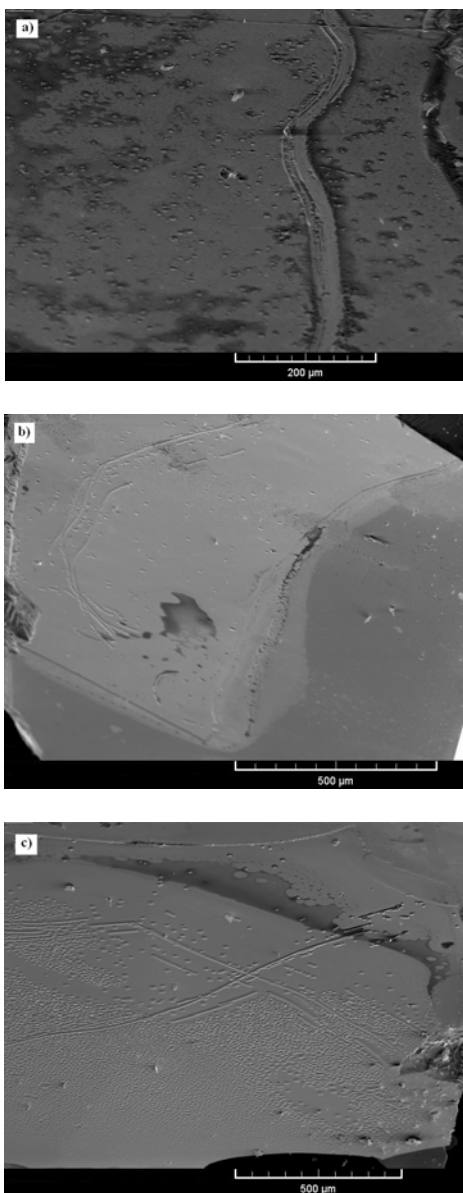
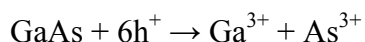


Fig. 2. Decaparea materialelor timp de 30 min la temperatura camerei în soluții de KOH cu concentrația de: (a) 0,04M, (b) 0,08M și (c) 0,12M

Unul din parametri care influențează rezoluția procesului este concentrația soluției. Au fost efectuate o serie de experimente care au arătat că la concentrații mai mici de 0,04M (Fig.2(a)) concentrația ionilor în soluție nu este suficientă pentru decaparea stratului în întregime. La concentrații mai mari de 0,12M (Fig.2(c)) la decapare apar aspecte de corodare nu în straturi, ci în adâncime. După un studiu comparativ rezultatele au arătat că concentrația optimă este de 0,08M (Fig.2.(b)).

În timpul procesului de corodare curentul are tendința să crească după 60 minute de decapare (fig. 3), fapt ce indică dizolvarea a cca 6 micrometri de la suprafață cu o rată mai mică și apoi o creștere a curentului pînă la o valoare de saturație (cca 4 μA), ceea ce demonstrează decaparea materialului care conține un număr mai mic de defecte.

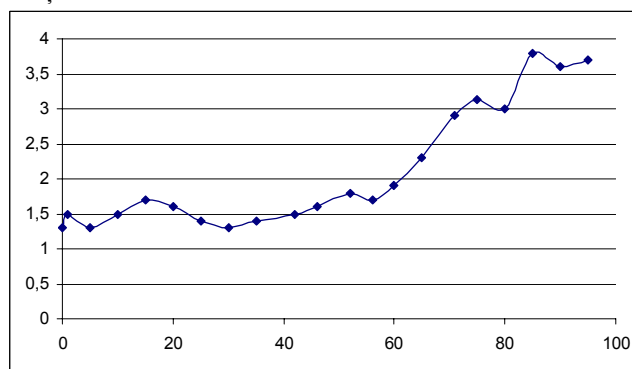


Fig. 3. Variația curentului în timp la decaparea fotoelectrochimică a GaAs

Decaparea este influențată de asemenea și de potențialul aplicat între proba supusă decapării și electrodul de referință, astfel că mărind tensiunea dintre acești doi electrozi de la 0 la 5 V rata decapării se mărește de la 150 nm/min la 500 nm/min (fig. 4), iar aplicarea potențialului de -5 V stopează total decaparea fotoelectrochimică.

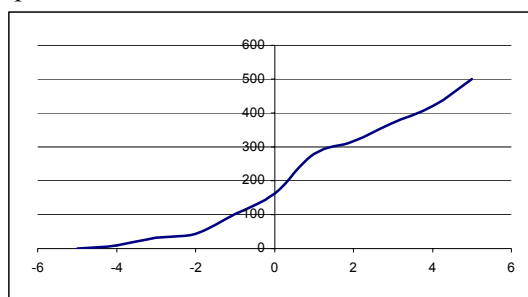


Fig. 4. Corodarea fotoelectrochimică la temperatura camerei cu aplicarea potențialului în soluții de KOH cu o concentrație de 0,08M timp de 1 oră

În urma experimentelor efectuate s-a demonstrat că tehnologia Litografiei cu Sarcină de Suprafață are un potențial aplicativ și în cazul arseniurii de galiu, astfel că pereți verticali de cca 10 micrometri înălțime au fost fabricați. Pentru

optimizarea procesului de microstructurare și trecerea la dimensiuni nano va fi necesară și optimizarea metodelor de introducere a defectelor de suprafață și a procesului de decapare propriu-zis.

Concluzii

Metoda de decapare fotoelectrochimică cu ajutorul litografiei sarcinii de suprafață a fost în premieră propusă și testată pentru GaN. În urma experimentelor efectuate s-a demonstrat că tehnologia menționată este aplicabilă și pentru GaAs. După optimizarea metodei au fost găsiți factorii care în mare parte influențează procesul, acești factori fiind tipul soluției, concentrația acesteia, potențialul aplicat și densitatea fluxului de iradiere. Pentru viitorul apropiat se intenționează obținerea nanostructurilor în baza GaAs prin metoda Litografiei cu Sarcină de Suprafață, utilizând introducerea defectelor de suprafață cu ajutorul razei ionice focalizate. În acest context vor fi studiate influența energiei și dozei ionilor asupra calității nanostructurilor fabricate.

Aduc mulțumiri membrului corespondent al Academiei de științe a Moldovei d-lui Ion Tighineanu pentru îndrumări și d-lui Dr. Eduard Monaico pentru asistență tehnică.

Bibliografie

- 1) Surface charge lithography for GaN micro- and nanostructuring. Ion M. Tiginyanu, Veaceslav Popa, Andrei Sarua, Peter J. Heard, Olesea Volciuc, Martin Kuball. Proc. SPIE, Vol. 7216, 72160Y (2009).
- 2) Fabrication of GaN nanowalls and nanowires using surface charge lithography. Veaceslav Popa, Ion Tiginyanu, Olesea Volciuc, Andrei Sarua, Martin Kuball, Peter Heard. Materials Letters, Vol. 62, pp. 4576-4578 (2008).
- 3) Surface-charge lithography for GaN microstructuring based on photoelectrochemical etching techniques. I.M. Tiginyanu, V. Popa & O. Volciuc. Applied Physics Letters, Vol. 86, 174102 (2005).
- 4) III-Nitride Semiconductors - Electrical, Structural and Defects Properties
Omar Manasreh, Elsevier, 2000
- 5) Gallium Nitride Processing for Electronics, Sensors and Spintronics
Stephen J. Pearton, Cammy R. Abernathy, Fan Ren. Springer-Verlag London Limited (2006)