

## Rezumatul activității și a rezultatelor obținute în proiect în proiect

Cifra proiectului 24.80012.5007.12TC

Denumirea Proiectului Obținerea aeromaterialelor în bază de semiconductori prin metode cost-eficiente

Rezumat în limba română 1 pagină

În cadrul proiectului au fost dezvoltate și optimizate metode cost-eficiente de obținere a aeromaterialelor semiconductoare, ca alternativă viabilă la tehnicile consacrate, dar costisitoare, precum Depunerea Straturilor Atomare (ALD) și Epitaxia Hidridă din Faza de Vapor (HVPE). Activitățile au vizat elaborarea de aeromateriale pe baza compușilor semiconductori precum GaN și ZnTe, și oxizilor cu bandă largă, cu potențial ridicat pentru aplicații funcționale.

În cadrul proiectului au fost investigate procesele de depunere din aerosoli pentru obținerea straturilor subțiri de Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SnO<sub>2</sub> și Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Prin optimizarea concentrației precursorilor, temperaturii substratului și timpului de depunere, s-a obținut o bună conformitate a straturilor crescute pe substratul de sacrificiu, ce constă din microtetrapozi de ZnO. În urma procesului de corodare selectivă a substratului de ZnO și tratarea termică corespunzătoare a structurilor obținute, rezultă aeromateriale cu microtetrapozi cavi, având pereți ultrasubțiri și porozitate ridicată (>95%). Limitarea principală a metodei aerosolilor a fost cantitatea redusă de material obținut, determinată de penetrarea insuficientă în structurile 3D dense.

Pentru a depăși acest dezavantaj, a fost explorată infiltrarea controlată prin picurare, care a permis creșterea cantității de material depus, însă fără a se obține structuri mecanic stabile. În continuare, a fost propusă o procedură inovatoare ce utilizează aerogرافitul ca material sacrificial, ceea ce a condus la aeromateriale bine definite structural, cu integritate superioară. Analizele SEM și EDX au confirmat morfologia și compoziția chimică, iar studiile XRD și micro-Raman au evidențiat formarea fazelor cristaline dorite: β-Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> monoclinic, SnO<sub>2</sub> cu structură rutil și un compozit α-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>.

Proprietățile optice investigate prin fotoluminescență, au evidențiat rolul defectelor structurale și al interfețelor de fază în procesele de recombinare radiativă. Benzile largi de emisie observate în toate aeromaterialele oxidice indică o densitate ridicată de defecte.

A fost de asemenea testată o metodă de depunere electrochimică a straturilor de GaN și ZnTe pe microtetrapozi de ZnO. Deși s-au obținut structuri lamelare pe suprafața microtetrapozilor din ZnO, corodarea acestuia a condus la colapsare sau corodare completă, sugerând o interconectare slabă sau o natură amorfă a depunerilor, ceea ce limitează utilizarea lor ulterioară.

A fost de asemenea investigată posibilitatea de obținere a unui nou tip de aeromaterial în bază de TiO<sub>2</sub> prin metoda depunerii straturilor atomare. Aplicațiile fotocatalitice au fost demonstrate prin degradarea antibioticelor în soluție apoasă. Materialul dat prezintă performanțe semnificative în degradarea tetraciclinei sub iradiere UV și vizibilă, atât în regim staționar, cât și dinamic. De asemenea, aeromaterialul compozit α-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> funcționalizat cu nanodoturi de Ag a demonstrat activitate fotocatalitică în degradarea ceftriaxonei, evidențiind rolul funcționalizării metalice în activarea proceselor de transfer de sarcină.

În continuare, urmează optimizarea proceselor prin pregătirea materialului final cu densități diferite, ceea ce ar permite integrarea aeromaterialelor în dispozitive ce necesită ecranare electromagnetică în diapazonul GHz și THz sau microbioreactoare controlate prin câmp magnetic extern.

Rezumat în limba engleză 1 pagină

Within the project, cost-efficient methods for the synthesis of semiconductor aeromaterials were developed and optimized, representing a viable alternative to established but expensive techniques such as Atomic Layer Deposition (ALD) and Hydride Vapor Phase Epitaxy (HVPE). The activities focused on the fabrication of aeromaterials based on semiconductor compounds such as GaN and ZnTe, as well as wide-bandgap oxides with high potential for functional applications.

Within the project, aerosol-assisted deposition processes were investigated for the fabrication of thin films of Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SnO<sub>2</sub>, and Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. By optimizing precursor concentration, substrate temperature, and deposition time, good conformal coating of the layers grown on the sacrificial substrate consisting of ZnO microtetrapods was achieved. Following the selective etching of the ZnO substrate and appropriate thermal treatment of the resulting structures, aeromaterials composed of hollow microtetrapods with ultrathin walls and very high porosity (>95%) were obtained. The main limitation of the aerosol method was the low yield of material, caused by insufficient penetration into dense three-dimensional structures.

To overcome this drawback, controlled drop-casting infiltration was explored, which allowed an increase in the amount of the obtained aeromaterial; however, mechanically stable pellets were not obtained. Subsequently, an innovative procedure employing aerographite as a sacrificial material was proposed, leading to structurally well-defined aeromaterials with superior mechanical integrity. SEM and EDX analyses confirmed the morphology and chemical composition, while XRD and micro-Raman studies evidenced the formation of the desired crystalline phases: monoclinic β-Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, rutile-structured SnO<sub>2</sub>, and an α-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> composite.

Optical properties investigated by photoluminescence revealed the role of structural defects and phase interfaces in radiative recombination processes. The broad emission bands observed in all oxide aeromaterials indicate a high density of defects.

An electrochemical deposition method for GaN and ZnTe layers on ZnO microtetrapods was also tested. Although lamellar structures were formed on the surface of the ZnO microtetrapods, subsequent etching led to collapse or complete dissolution, suggesting weak interconnection or an amorphous nature of the deposits, which limits their further applicability.

The possibility of obtaining a new type of TiO<sub>2</sub>-based aeromaterial by atomic layer deposition was also investigated. Photocatalytic applications were demonstrated through the degradation of antibiotics in aqueous solution. The material exhibited significant performance in the degradation of tetracycline under both UV and visible irradiation, in stationary as well as dynamic regimes. In addition, the α-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> composite aeromaterial functionalized with Ag nanodots demonstrated photocatalytic activity in the degradation of ceftriaxone, highlighting the role of metallic functionalization in activating charge-transfer processes.

Future work will focus on process optimization through the preparation of final materials with different densities, enabling the integration of aeromaterials into devices requiring electromagnetic shielding in the GHz and THz ranges or into micro-bioreactors controlled by an external magnetic field.

Conducătorul de proiect Ciobanu Vladimir

Data: \_\_\_\_\_

LȘ