COLECTAREA MICROPARTICULELOR SOLIDE DIN ATMOSFERA PENTRU CERCETAREA PROCESELOR DE POLUARE A AERULUI

COLLECTION OF SOLID MICROPARTICLES FROM THE ATMOSPHERE TO RESEARCH THE AIR POLLUTION PROCESSES

Arcadi CHIRIȚA, ORCID: 0000-0002-0817-6102
Veaceslav SPRINCEAN, ORCID: 0000-0001-6719-7387
Florentin PALADI, ORCID: 0000-0001-8099-9413
Universitatea de Stat din Moldova

CZU: 535.3.082.5:551.51:502.3

e-mail: arcadi.chirita@usm.md
e-mail: sprincean@gmail.com
e-mail: fpaladi@yahoo.com

A new method for collecting solid particles polluting the atmosphere has been developed. The advantages of the proposed method make it possible to collect particulate matter from automobile exhaust polluting the atmosphere in real time using drones. Examination of collected particles can be done using various techniques without changing the shape, composition, or location of the particles. These studies show the possibility of microparticles collecting from the atmosphere and studying them using optical microscopy, atomic force microscopy, and microfluorescence.

Keywords: *environmental monitoring, PM-pollution, AFM, FLIM.*

INTRODUCERE

Cercetările efectuate se referă la identificarea factorilor care poluează atmosfera. Colectarea particulelor solide de poluanți din atmosferă poate fi utilizată pentru monitorizarea calității mediului. În lucrarea [1] este propus un procedeu pentru manipularea electrostatică a contactului dintre gaze și particule solide, unde forțele electrostatice creează o mișcare alternativă a particulelor, care îmbunătățește contactul gazului cu particulele solide și se produce un transfer ameliorat de căldură și masă. Acest procedeu face posibilă colectarea particulelor solide din aer sub acțiunea câmpului electrostatic, dar dezavantajul metodei constă în faptul că ea nu permite colectarea particulelor fine în suspensie din atmosferă. În lucrarea [2] a fost propusă o metodă pentru colectarea micro- și nanoparticulelor din atmosferă, folosind filtre speciale. În metoda propusă, un set de filtre speciale este utilizat pentru a capta particulele cu dimensiunea de 2,5 microni din atmosferă, cu transferul ulterior al particulelor colectate pe suprafața unei plachete de siliciu monocristalin, folosind tehnologia ultrasonică. Plasarea unor astfel de particule pe suprafața unei plachete de siliciu monocristalin este necesară pentru studiul acestor

particule de poluanți prin metodele AFM (*Atomic Force Microscopy – Microscopia de forță atomică*) și EDAX (*Energy-dispersive X-ray Spectroscopy – Spectroscopia de raze X cu dispersie energetică*). Dezavantajul metodei respective constă în faptul că acesta nu permite depunerea particulelor de la nano- la micro-dimensiuni pe suprafața siliciului monocristalin direct din aer pentru studiul particulelor de poluanți prin metodele AFM, EDAX și prin microfluorescență.

În această lucrare sunt prezentate rezultatele elaborării metodei și a dispozitivului pentru colectarea particulelor solide din atmosfera cu ajutorul dronelor și cercetarea particulelor colectate cu ajutorul microscopiei optice, microscopiei de forță atomică și prin microfluorescență.

Metodica experimentului

Pentru colectarea particulelor solide din atmosfera cu ajutorul dronelor a fost elaborat un dispozitiv compact. În Figura1 este prezentată schema dispozitivului pentru colectarea microparticulelor solide din atmosferă [3].

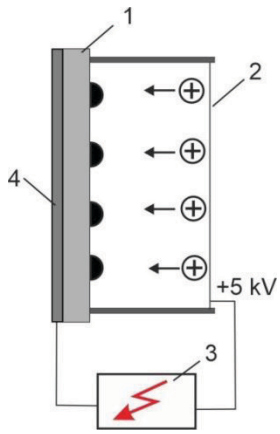


Fig.1. Reprezentarea schematică a dispozitivului de colectare a poluanților din atmosferă.

O placă de substrat (monocristal de siliciu, quarz, sticlă) (1) este instalată într-un cadru dielectric. Un filament de wolfram (2), cu diametrul de 30 μm, este montat pe suporturi dielectrice la o distanță de 10 mm de la suprafața plachetei de substrat (1). Când sursa de înaltă tensiune (3) este conectată, un potențial pozitiv de +5 kV este aplicat filamentului de wolfram (2). Electrodul plăcii conductoare de cupru (4), ca electrod negativ al sursei de înaltă tensiune (3), este plasat pe partea inversă a substratului (1). Particulele solide din aer sunt încărcate pozitiv de electrodul de înaltă tensiune (2) și sunt colectate pe suprafața plachetei de substrat (1).

În continuare vom examina cazul când într-un cadru dielectric este instalată placheta de siliciu monocristalin (1) cu dimensiunea de 20x20 mm (Fig. 1). Vom conecta sursa

de înaltă tensiune (3) și vom aplica potențialul pozitiv de +5 kV filamentului de wolfram. Particulele solide din aer devin încărcate pozitiv și, sub acțiunea câmpului electrostatic dintre filamentul de wolfram (3) și placheta (1), sunt atrase către placheta de siliciu monocristalin și colectate pe suprafața siliciului monocristalin (1). După deconectarea sursei de înaltă tensiune (3), placheta de siliciu monocristalin (1) este îndepărtată din cadrul dielectric. Placheta de siliciu este plasată în microscopul optic, AFM, EDAX, FLIM (*Fluorescence Lifetime Imaging Microscopy – Microscopia imagistică cu fluorescență pe parcursul timpului vieții*) sau alt dispozitiv de cercetare [4,5].

Rezultate experimentale

Particulele au fost colectate în aproprierea străzii Al.Mateevici din Chișinău cu o circulație intensă a autovehiculelor.

a) Examinarea particulelor colectate cu ajutorul microscopului optic

În stadiul inițial, plachetele de siliciu monocristalin sunt îndepărtate din dispozitiv (Fig. 1) și particulele colectate sunt examinate folosind un microscop optic. În Figura 2 sunt prezentate imagini obținute ale particulelor solide folosind un microscop optic cu mărirea de 1200^{X}.

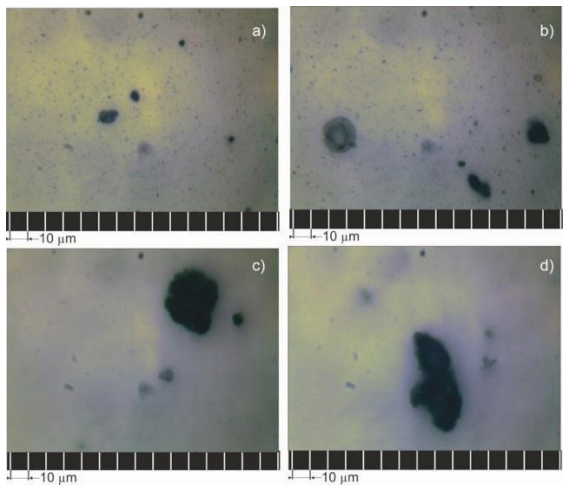


Fig. 2. Imagini ale particulelor solide colectate din atmosferă cu ajutorul metodei propuse.

După cum se poate observa din Figura 2, este posibil să se determine destul de exact dimensiunea particulelor, forma și densitatea lor de pe suprafața plachetei.

b) Examinarea particulelor colectate cu ajutorul microscopului de forță atomică (AFM)

Unul dintre avantajele importante ale metodei propuse este că aceleași probe pot fi examinate folosind AFM fără nicio prelucrare suplimentară. Locațiile care urmează să fie examinate folosind AFM au fost selectate pe baza examinării microparticulelor

folosind microscopul optic (Fig. 2). Microscopia optică permite evaluarea nu doar a dimensiunii particulelor, ci și a locației acestora. În Figura 3 este prezentată imaginea AFM a particulelor de poluanți cu dimensiuni în intervalul 80-150 nm și înălțimi în intervalul 80-200 nm.

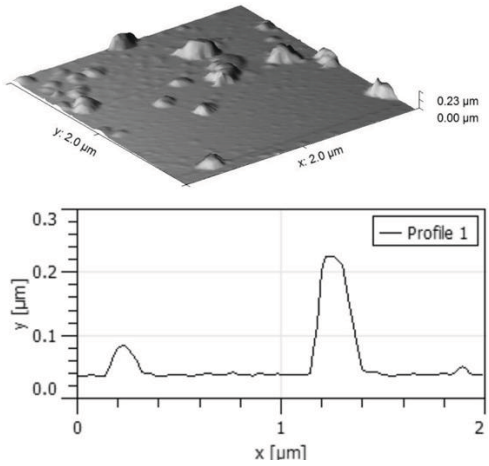


Fig. 3. Imaginea AFM a particulelor solide de poluanți cu dimensiuni în intervalul 80-150 nm și înălțimi în intervalul 80-200 nm.

După cum se poate constata din Figura 3, studiile care utilizează AFM fac posibilă determinarea destul de precisă a dimensiunilor particulelor colectate folosind metoda propusă.

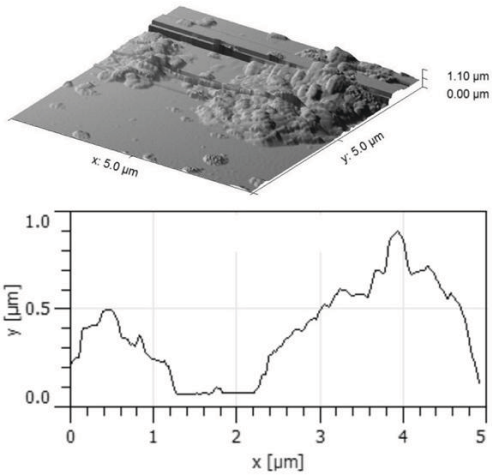


Fig. 4. Imaginea AFM a clusterilor de poluanți cu dimensiuni cuprinse în intervalul 1-3 µm și înălțimea de până la 0,8 µm.

Examinarea particulelor cu dimensiuni mai mari permite să analizăm mai fine detalii ale fiecărei particule individuale. Astfel, în Figura 4 este prezentată imaginea AFM a clusterului format din particule de poluanți cu dimensiuni cuprinse în intervalul 1-3 μm și înălțimea de până la 0,8 μm, iar în Figura 5 –imaginea AFM a unei părți din suprafața unui astfel de conglomerat de particule.

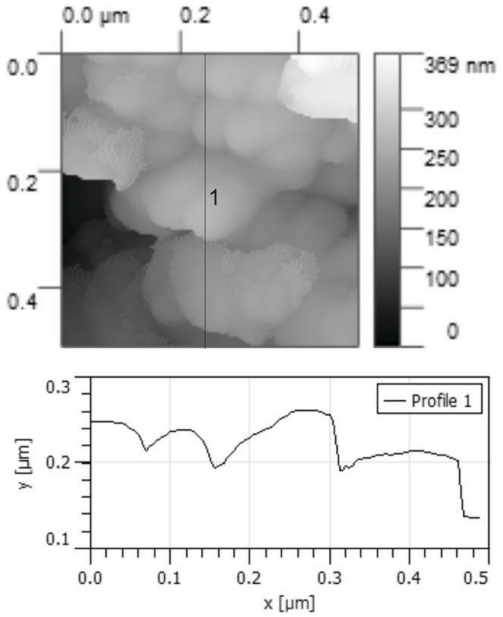


Fig. 5. Imaginea AFM a unei părți din suprafața unui cluster de particule.

După cum se vede din Figura 5, un cluster de particule are dimensiuni cuprinse în intervalul 50-80 nm.

c) Microscopia imagistică cu fluorescență pe parcursul timpului vieții (FLIM)

FLIM este o tehnică de imagistică utilizată pentru a monitoriza interacțiunile dintre molecule în perioade scurte. Studiile au fost efectuate pe sistemul de microscop cu fluorescență confocală cu rezoluție în timp MicroTime200 (PicoQuant, Germania) folosind pentru excitare o diodă laser 405 nm (rată de repetiție 40 MHz), obiectiv 40×/NA = 0,65 și emisie cu HQ430LP (Semrock, SUA) filtru.

În Figura 6 sunt prezentate imagini ale particulelor colectate din atmosferă prin metoda propusă pe un substrat de siliciu monocristalin. La această etapă a cercetării, scopul principal este de a demonstra posibilitatea identificării poluanților solizi colectați în atmosferă prin utilizarea metodei FLIM. Capacitatea de a măsura schimbările într-un interval scurt de timp (picosecunde, nanosecunde) face ca FLIM să fie o metodă utilă în analiza structurii biomoleculare.

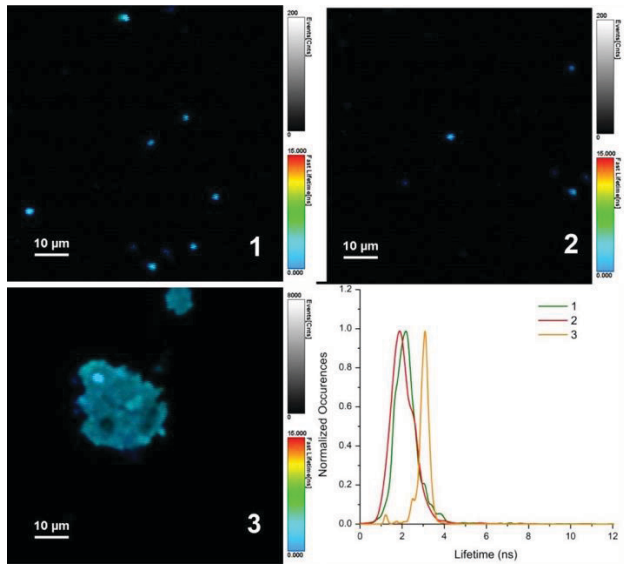


Fig. 6. Imaginile FLIM ale particulelor colectate din atmosferă pe un substrat de siliciu monocristalin. Graficul din dreapta-jos arată histogramele de viață extrase pentru imaginile FLIM înregistrate.

CONCLUZII

Metoda propusă face posibilă colectarea micro- și nanoparticulelor solide de poluanți din atmosferă direct pe o placă de siliciu monocristalin, fără utilizarea de filtre suplimentare sau schimbarea formei și dimensiunii particulelor. Acest lucru permite ca particulele să fie examinate imediat după colectare folosind microscopia optică, microscopia de forță atomică și microfluorescența.

Bibliografie:

1. *Electrostatic control for contact between gases and solid particles.* Europatent EP0995495 on 2000.04.26.
2. SHI, Y., JI, Y., SUN, H. et al. Nanoscale characterization of $PM_{2.5}$ airborne pollutants reveals high adhesiveness and aggregation capability of soot particles. In: *Sci. Rep*., 2015, vol. 5, p. 11232.
3. CHIRIȚA, A., SPRINCEAN, V., PALADI, F. *Device and process for collecting solid airborne pollutants.* Patent MD no. 1706 on 2023.07.31.
4. SPRINCEAN, V., PALADI, A. et al. *UAV-based monitoring and AFM analysis of airborne* pollutants. IEEE Xplore. 2022, doi: 10.1109/MetroAeroSpace54187.2022.9855944, p. 1-6.

5. SPRINCEAN, V., CHIRIȚA, A. et al. Advanced physical technologies with the UVS application in environmental security. În: *Monitoring and protection of critical infrastructure by unmanned systems* (coordonatori: Daponte P., Paladi F.; 238 p. ISBN 978-1-64368-376-8, vol. 63 of NATO Science for Peace and Security Series). Amsterdam: IOS Press, 2023, pp. 101-113.

Notă: *Articol elaborat în cadrul proiectului din Programul de Stat (2020-2023) „Tehnologii fizice avansate cu aplicarea UVS în monitorizarea și modelarea factorilor de mediu”. Cifrul 20.80009.7007.05.*