

RECEPȚIONAT

Agencia Națională pentru
Cercetare și Dezvoltare _____

" " _____ 2022

AVIZAT

Secția AȘM _____

" " _____ 2022

RAPORT ȘTIINȚIFIC ANUAL

privind implementarea proiectului din cadrul Programului de Stat (2020-2023)

„Elaborarea și lansarea serici de nanosateliți cu misiuni de cercetare
de pe Stația Spațială Internațională, monitorizarea, postoperarea lor și
promovarea tehnologiilor spațiale”

20.80009.5007.09

Prioritatea Strategică V „Competitivitate economică și tehnologii inovative”

Prorector U.T.M.

dr. hab. Vasile TRONCIU
(numele, prenumele)

V. Tronciu
(semnătura)

Consiliul științific UTM

dr. hab. Vasile TRONCIU
(numele, prenumele)

V. Tronciu
(semnătura)

Conducătorul proiectului

dr. hab. Viorel BOSTAN
(numele, prenumele)

V. Bostan
(semnătura)



Chișinău 2022

1. Scopul etapei anuale conform proiectului depus la concurs (obligatoriu)

Lansarea primului nanosatelit "TUMnanoSAT" în spațiu și proiectarea arhitecturii seriei de nanosateliti "TUMnanoSAT" cu alte misiuni cercetare.

2. Obiectivele etapei anuale (obligatoriu)

1. Proiectarea arhitecturii seriei de nanosateliti "TUMnanoSAT" cu alte misiuni cercetare.
2. Transportarea primului nanosatelit "TUMnanoSAT" la centru JAXA's Tsukuba Space Center (TKSC), alocat in Tsukuba Science City, (Centrul spațial Tsukuba) al Agenției Aerospațiale din Japonia.
3. Lansarea primului nanosatelit "TUMnanoSAT" pe orbită de la Stația Spațială Internațională
4. Crearea modelul 3D a seriei de nanosateliti TUMnanoSAT tip 2U/3U, generarea documentației de asamblu și modelul din componente finite pentru analiză structurală aTUMnanoSAT.
5. Dezvoltarea arhitecturii platformei de comunicare nanosatelit TUMnanoAT cu stația terestră telemetrică și realizarea aplicațiilor software ale platformei de comunicare.
6. Elaborarea, obținerea și cercetarea la radiatia UV a materialelor nanostructurate de CdZnS.
7. Cercetarea materialelor nanostructurate la diferite gaze a peliculelor de CdZnS prin modificarea temperaturilor de operare.
8. Verificarea în condiții realea platformei și aplicațiilor software de comunicare nanosatelit TUMnanoAT de pe orbită cu stația terestră telemetrică.
9. Monitorizarea și postoperarea primului nanosatelit "TUMnanoSAT" în spațiu în condiții reale cu platforma de comunicare nanosateliti cu stația terestră telemetrică.
10. Proiectarea și confecționarea calculatorului de bord pentru nanosateliti seriei TUMnanoSAT cu misiuni complexe.
11. Proiectarea și elaborarea softului de sistem (RTOS + drivere + librarrii) ale calculatorului de bord pentru nanosateliti seriei TUMnanoSAT cu misiuni complexe.
12. Elaborarea softului ale calculatorului de bord de control atitudine (ADCS) pentru nanosateliti seriei TUMnanoSAT cu misiuni complexe.
13. Elaborarea și modulelor de sarcină utilă pentru asigurarea serviciilor de comunicare satelitare bazate pe tehnologiile IoT.
14. Cercetarea nanosenzorilor la diferite concentratii fata de gazul la care s-a gasit cel mai bun raspuns.
15. Studierea nanosenzorilor dintr-un nanofir pentru integrarea pe nanosatelit. Asamblarea unei plachete de circuit imprimat a unui preamplificator cu zgomot redus pentru măsurarea parametrilor ale nanosenzorilor de înaltă rezistență.
16. Proiectarea, elaborarea desenelor de execuție a pieselor structurilor de nanosatelit și confecționarea mostrelor de structuri 2U/3U ale seriei TUMnanoSAT.

3. Acțiunile planificate pentru realizarea scopului și obiectivelor etapei anuale (obligatoriu)

Etapa I.

1. Proiectarea arhitecturii seriei de nanosateliti "TUMnanoSAT" cu alte misiuni cercetare.
2. Transportarea primului nanosatelit "TUMnanoSAT" la centru JAXA's Tsukuba Space Center (TKSC), alocat in Tsukuba Science City, (Centrul spațial Tsukuba) al Agenției Aerospațiale din Japonia.

3. Lansarea primului nanosatelit "TUMnanoSAT" pe orbită de la Stația Spațială Internațională
4. Crearea modelului 3D a seriei de nanosateliti TUMnanoSAT tip 2U/3U, generarea documentației de asamblu și modelul din componente finite pentru analiză structurală a TUMnanoSAT.
 - 4.1. Proiectarea structurii de nanosatelit de tip 2U/3U.
 - 4.2. Elaborarea modelului de calcul și simularea solicitărilor statice și dinamice a ansamblului structurii de nanosatelit de tip 2U/3U
 - 4.3. Analiza rezistenței elementelor de fixare a structurilor de nanosatelit de tip 2U și 3U
5. Dezvoltarea arhitecturii platformei de comunicare nanosatelit TUMnanoAT cu stația terestră telemetrică și realizarea aplicațiilor software ale platformei de comunicare.
6. Elaborarea, obținerea și cercetarea la radiația UV a materialelor nanostructurate de CdZnS.
 - 6.1. Elaborarea și obținerea nanostructurilor de CdZnS prin metoda SCS
 - 6.2. Tratarea termică la diferite temperaturi a materialelor nanostructurate de CdZnS și cercetarea lor.
 - 6.3. Cercetarea performanțelor materialelor nanostructurate de CdZnS față de radiația UV, aplicând diferite perioade de timp și diferite distanțe până la sursa radiației UV. Elaborarea circuitelor de control pentru nanosenzori cu diferite morfologii și nanostructuri elaborate pentru integrarea în circuitul pentru nanosatelit.
7. Cercetarea materialelor nanostructurate la diferite gaze a peliculelor de CdZnS prin modificarea temperaturilor de operare.
 - 7.1. Cercetarea la gaze a materialelor nanostructurate de CdS/ZnS și CdZnS inițiale. Elaborarea circuitelor de control pentru nanosenzori cu diferite morfologii și nanostructuri elaborate pentru integrarea în circuitul pentru nanosatelit.
 - 7.2. Cercetarea la gaze a peliculei nanostructurate de materialelor nanostructurate de CdS/ZnS și CdZnS tratate în diferite regime. Elaborarea circuitelor de control pentru nanosenzori cu diferite morfologii și nanostructuri elaborate pentru integrarea în circuitul pentru nanosatelit.
8. Verificarea în condiții reale a platformei și aplicațiilor software de comunicare nanosatelit TUMnanoAT de pe orbită cu stația terestră telemetrică.

Etapa II.

1. Monitorizarea și postoperarea primului nanosatelit "TUMnanoSAT" în spațiu în condiții reale cu platforma de comunicare nanosateliti cu stația terestră telemetrică.
2. Proiectarea și confecționarea calculatorului de bord pentru nanosateliti seriei TUMnanoSAT cu misiuni complexe.
3. Proiectarea și elaborarea softului de sistem (RTOS + drivere + librării) ale calculatorului de bord pentru nanosateliti seriei TUMnanoSAT cu misiuni complexe.
4. Elaborarea softului ale calculatorului de bord de control atitudine (ADCS) pentru nanosateliti seriei TUMnanoSAT cu misiuni complexe.
5. Elaborarea și modulelor de sarcină utilă pentru asigurarea serviciilor de comunicare satelitare bazate pe tehnologiile IoT.
6. Cercetarea nanosenzorilor la diferite concentrații față de gazul la care s-a găsit cel mai bun răspuns.
 - 6.1. Pregătirea diferitor concentrații a gazului de test, începând cu cea mai mică concentrație de

1 ppm și modificînd concentrația pînă se ajunge la concentrația de 1000 ppm și studierea performanțelor materialelor nanostructurate de CdS/ZnS și CdZnS.

7. Studierea nanosenzorilor dintr-un nanofir pentru integrarea pe nanosatelit.

7.1. Cercetarea diferitor nanosenzori în baza materialelor elaborate față de gaze și la radiația UV.

7.2. Cercetarea diferitor nanosenzori cu diferite morfologii și nanostructuri elaborate față de diferite gaze.

7.3. Asamblarea unei plachete de circuit imprimat a unui preamplificator cu zgomot redus pentru măsurarea parametrilor ale nanosenzorilor de înaltă rezistență.

8. Proiectarea și confecționarea mostrelor de structuri 2U/3U ale seriei TUMnanoSAT.

8.1. Elaborarea desenelor de execuție a pieselor structurilor de nanosatelit de tip 2U și 3U

8.2. Coordonarea alegerii materialelor și executarea pieselor structurilor de nanosatelit de tip 2U și 3U

8.3. Determinarea preciziei dimensiunilor ansamblului structurilor de nanosatelit executate.

8.4. Determinarea precisă a proprietăților fizice a structurilor de nanosatelit executate (greutate, centrul de greutate, moment de inerție etc.)

4. Acțiunile realizate pentru atingerea scopului și obiectivelor etapei anuale (obligatoriu)

Etapa I.

1. Proiectarea arhitecturii seriei de nanosateți ”TUMnanoSAT” cu alte misiuni cercetare.

2. Transportarea primului nanosatelit ”TUMnanoSAT” la centru JAXA’s Tsukuba Space Center (TKSC), alocat în Tsukuba Science City, (Centrul spațial Tsukuba) al Agenției Aeronautice din Japonia.

3. Lansarea primului nanosatelit ”TUMnanoSAT” pe orbită de la Stația Spațială Internațională

4. Crearea modelului 3D a seriei de nanosateți TUMnanoSAT tip 2U, generarea documentației de asamblu și modelul din componente finite pentru analiză structurală a TUMnanoSAT.

4.1. Proiectarea structurii de nanosatelit de tip 2U/3U.

4.2. Elaborarea modelului de calcul și simularea solicitărilor statice și dinamice a ansamblului structurii de nanosatelit de tip 2U.

4.3. Analiza rezistenței elementelor de fixare a structurilor de nanosatelit de tip 2U.

5. Dezvoltarea arhitecturii platformei de comunicare nanosatelit TUMnanoAT cu stația terestră telemetrică și realizarea aplicațiilor software ale platformei de comunicare.

6. Elaborarea, obținerea și cercetarea la radiația UV a materialelor nanostructurate de CdZnS.

6.1. Elaborarea și obținerea nanostructurilor de CdZnS prin metoda SCS

6.2. Tratarea termică la diferite temperaturi a materialelor nanostructurate de CdZnS și cercetarea lor.

6.3. Cercetarea performanțelor materialelor nanostructurate de CdZnS față de radiația UV, aplicînd diferite perioade de timp și diferite distanțe pînă la sursa radiației UV. Elaborarea circuitelor de control pentru nanosenzori cu diferite morfologii și nanostructuri elaborate pentru integrarea în circuitul pentru nanosatelit.

7. Cercetarea materialelor nanostructurate la diferite gaze a peliculelor de CdZnS prin modificarea temperaturilor de operare.

7.1. Cercetarea la gaze a materialelor nanostructurate de CdS/ZnS și CdZnS inițiale. Elaborarea circuitelor de control pentru nanosenzori cu diferite morfologii și nanostructuri elaborate pentru integrarea în circuitul pentru nanosatelit.

7.2. Cercetarea la gaze a peliculei nanostructurate de materialelor nanostructurate de CdS/ZnS și CdZnS tratate în diferite regime. Elaborarea circuitelor de control pentru nanosenzori cu diferite morfologii și nanostructuri elaborate pentru integrarea în circuitul pentru nanosatelit.

8. Verificarea în condiții reale a platformei și aplicațiilor software de comunicare nanosatelit TUMnanoAT de pe orbită cu stația terestră telemetrică.

Etapa II.

1. Monitorizarea și postoperarea primului nanosatelit "TUMnanoSAT" în spațiu în condiții reale cu platforma de comunicare nanosatelită cu stația terestră telemetrică.

2. Proiectarea și confecționarea calculatorului de bord pentru nanosatelităii seriei TUMnanoSAT cu misiuni complexe.

3. Proiectarea și elaborarea softului de sistem (RTOS + drivere + librării) ale calculatorului de bord pentru nanosatelităii seriei TUMnanoSAT cu misiuni complexe.

6. Cercetarea nanosenzorilor la diferite concentrații față de gazul la care s-a găsit cel mai bun răspuns.

6.1. Pregătirea diferitor concentrații a gazului de test, începând cu cea mai mică concentrație de 1 ppm și modificând concentrația pînă se ajunge la concentrația de 1000 ppm și studierea performanțelor materialelor nanostructurate de CdS/ZnS și CdZnS.

7. Studierea nanosenzorilor dintr-un nanofir pentru integrarea pe nanosatelit.

7.1. Cercetarea diferitor nanosenzori în baza materialelor elaborate față de gaze și la radiația UV.

7.2. Cercetarea diferitor nanosenzori cu diferite morfologii și nanostructuri elaborate față de diferite gaze.

7.3. Asamblarea unei plăchete de circuit imprimat (a prototipului) a unui preamplificator cu zgomot redus pentru măsurarea parametrilor ale nanosenzorilor de înaltă rezistență.

8. Proiectarea și confecționarea mostrelor de structuri 2U/3U ale seriei TUMnanoSAT.

8.1. Elaborarea desenelor de execuție a pieselor structurilor de nanosatelit de tip 2U.

8.2. Coordonarea alegerii materialelor și executarea pieselor structurilor de nanosatelit de tip 2U.

5. Rezultatele obținute (descriere narativă 3-5 pagini) (obligatoriu)

5.1 Lansarea TUMnanoSAT și plasarea TUMnanoSAT pe orbită LEO de la Stația Spațială Internațională.

Nanosatelitul TUMnanoSAT, construit de Universitatea Tehnică a Moldovei, a trecut toate testele funcționale la Institutul de Științe Spațiale din România, conform rigorilor JAXA și NASA. Ulterior, în luna martie, a fost transportat în Japonia, la JAXA, unde a fost inclus în capsula de lansare JSSOD. În aprilie a fost transportat la NASA și inclus în Cargo Dragon-2. Iar pe 15 iulie 2022 satelitul a fost lansat în spațiu, fiind transportat la Stația Spațială Internațională cu racheta Falcon 9 a companiei SpaceX. Pe 12 august 2022 la ora 12:45, s-a produs plasarea pe orbita terestră de către astronauții de la Stația Spațială Internațională. Activitatea respectivă s-a desfășurat în cadrul unui program internațional. Universitatea Tehnică a Moldovei a fost selectată de către Agenția

Aerospațială a Japoniei (JAXA) și Oficiul Națiunilor Unite pentru Spațiu (UNOOSA) pentru Programul KiboCUBE, în scopul lansării gratuite pe orbită în spațiu a nanosatelitului TUMnanoSAT de pe Stația Spațială. Internațională.

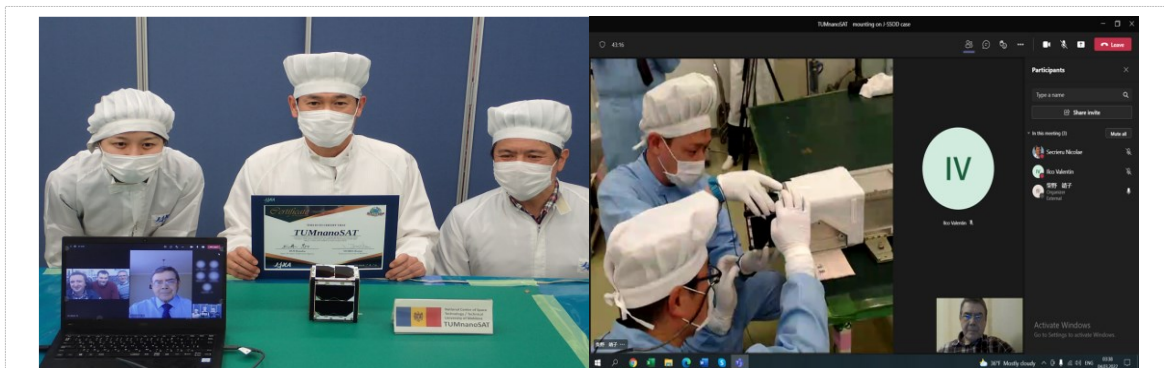


Fig. 5.1. Ultima inspecție TUMnanoSAT și încorporarea în capsula de lansare la centrul Tsukuba al JAXA, 4 martie 2022.

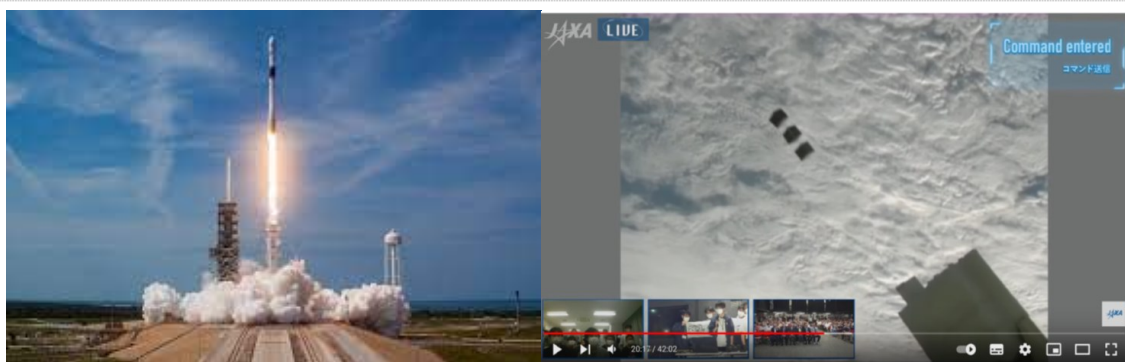


Fig. 5. 2. Lansarea TUMnanoSAT pe 12 iulie cu Falcon 9 a companiei SpaceX de la centrul Cape Canaveral Space Force Station, Florida, USA și plasarea TUMnanoSAT pe orbită LEO de la Stația Spațială Internațională pe 12 august 2022.

5.2 Datele telemetrice ale "TUMnanoSAT" în spațiu în condiții reale cu platforma de comunicare nanosateliți cu stația terestră telemetrică

TUMnanoSAT, fiind plasat pe orbită la ora 12.45 (UTC+3), a desfășurat antenele și a început emisiile radio – baliza telemetrică cu periodicitatea se 2 minute, începând cu ora 13.15 (UTC+3). Emisia se efectuează în diapazonul frecvențelor pentru radioamatori, $F = 436.680$ MHz, modulația GMSK 9600, modul de transmitere "Mode U-GMSK9k6 AX.25 TLM" cu puterea de 1W. Dat fiind faptul că nanosatelitul se află pe orbită joasă, tip LEO, la altitudinea medie de $h = 408$ km, semnalele pot fi recepționate în anumit timp doar în într-o zonă, numită zonă de vizibilitate radio. O serie din primele comunicări cu TUMnanoSAT sunt prezentate în figura 5.3. Aceste date recepționate prezintă baliza telemetrică a TUMnanoSAT, este decodificată și analizată pentru a determina starea generală a nanosatelitului. Decodificarea datelor telemetrice se efectuează cu ajutorul aplicațiilor de pe platforma stației terestre, dezvoltată de Centrul Tehnologii Spațiale UTM (fig. 5.4).

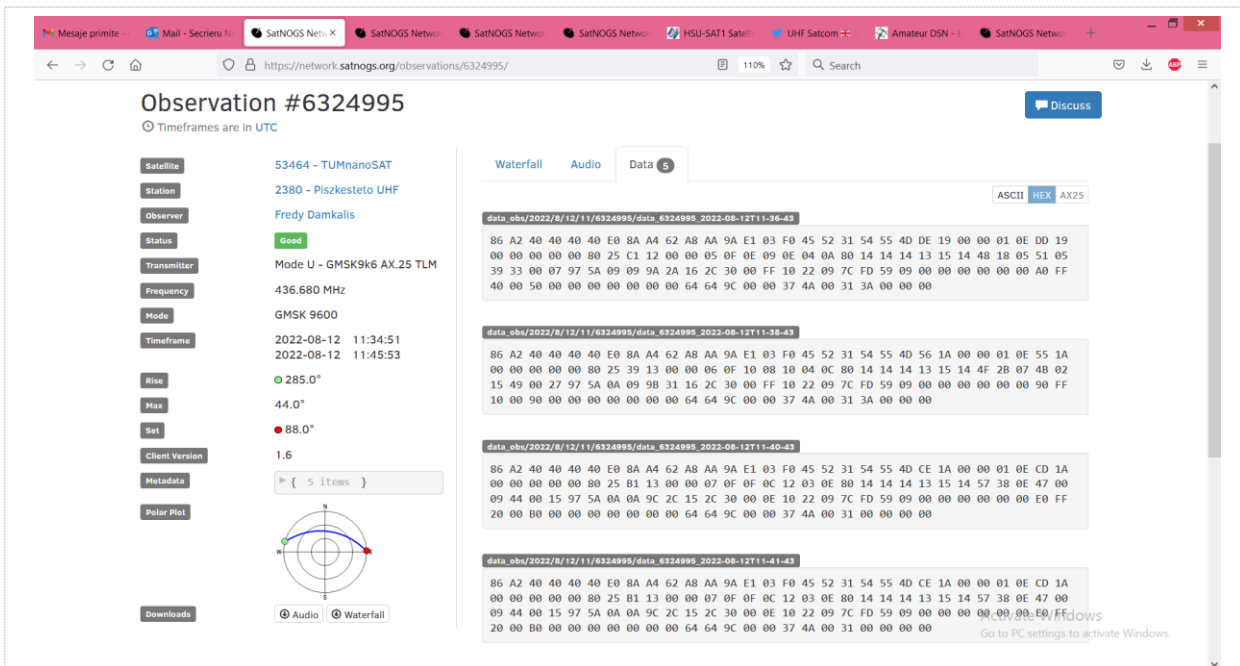


Figura 5.3 O serie din primele mesaje telemetree de la TUMnanoSAT.

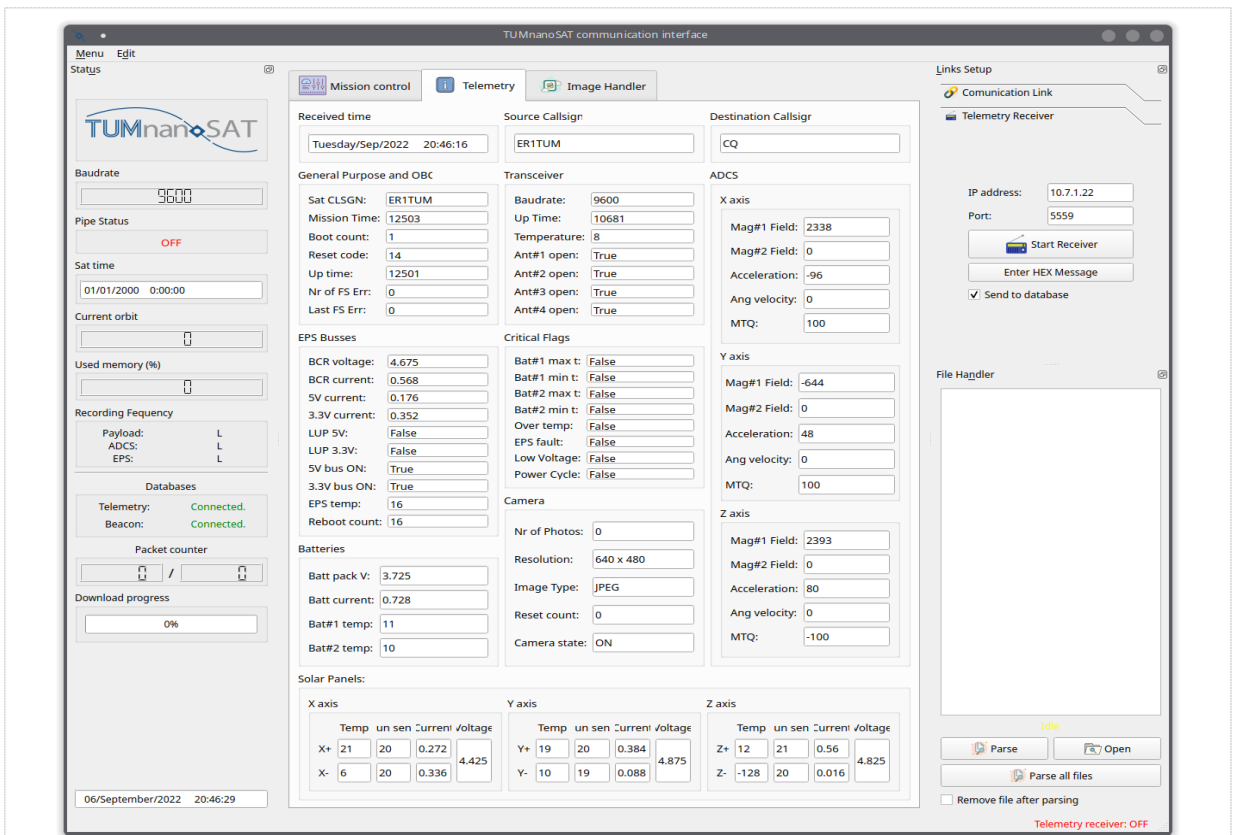


Figura 5.4 Decodificarea datelor telemetree de la TUMnanoSAT.

5.3 Arhitectură nouă a calculatorului de bord pentru nanosatelii seriei TUMnanoSAT

S-au determinat cerințele pentru computerului de bord pentru asigurarea misiunilor complexe ale nanosatelitelor:

- ✓ Performanță computațională: aceasta este în general măsurată în MIPS. Acesta va fi singurul procesor de la bordul nanosatelitelor capabil să îndeplinească sarcini complexe: prelucrare și pastrare date, calculele subsistemului ADCS și comunicații.

- ✓ Consum redus de energie: componentele, care au fost dovedite în alte dispozitive portabile care funcționează cu baterie vor fi preferate, deoarece puterea de la bordul unui satelit este o resursă limitată.

- ✓ Componente de joasă tensiune: pentru a îmbunătăți consumul de energie în continuare, componentele de joasă tensiune (3,3V) sunt favorizate față de sistemele tradiționale de 5V.

- ✓ Disponibilitatea componentelor: componentele utilizate în acest proiect trebuie să fie disponibile comercial pentru cel puțin următorii 3-5 ani.

- ✓ Unitatea de gestionare a memoriei programabilă (MMU): protecția memoriei și paginarea suportate în hardware vor fi de preferat, deoarece procesele, care se comportă greșit care accesează memoria în afara domeniului său de aplicare pot fi ușor identificate și oprite fără a cauza instabilitate sistemului de operare.

- ✓ Detectarea și corectarea erorilor de memorie: memoria cache este mai susceptibilă la SEU cauzate de radiații. Memoria de la bordul satelitului ar trebui să fie compusă numai din SRAM și Flash. Deoarece SRAM este, de asemenea, predispus la erori cauzate de radiații, ar trebui implementat un anumit hardware de detectare și corecție.

- ✓ Interfețe I/O: comunicarea cu alte subsisteme de la bordul satelitului este foarte importantă. Canale de comunicare trebuie să fie dedicate modemurilor și cu o înaltă rată de schimb de date. De asemenea, trebuie implementată legătura rapidă cu un dispozitiv de stocare.

- ✓ Istoricul utilizării cu succes pe o orbită terestră joasă: utilizarea anterioară a acestui procesor la bordul unui satelit LEO este recomandabilă.

Ne-am propus să realizăm trei variante de arhitecturi OBC și în bază de analiză a performanțelor arhitecturale să determinăm, care este mai eficientă pentru realizarea misiunilor concrete ale nanosatelitelor. Inițial am analizat o arhitectură tipică, caracteristică pentru mai mulți nanosatelii. Avantajul acestora este simplitatea, dar latura slabă este conexiunea individualizată cu senzorii de bază și celelalte componente ale sarcinilor utile. Prin urmare, aplicarea acestui OBC la sateliți cu diverse misiuni, va necesita reconfigurarea semnificativă, parțial, a hard-ului și mai mult a softului respectiv.

Am propus o arhitectură mai performantă, care ar la fel simplă cu un singur MCU, dar cu posibilitate de conexiune prin magistrală cu senzorii de bază și celelalte componente ale sarcinilor utile. În această variantă de arhitectură OBC am inclus două porturi de viteză înaltă SpaceWire separate, care pot fi conectate la un router extern sau prin conexiune point-to-point. Unul pentru comunicarea cu payload-ul și altul pentru schimbul de date cu subsistemul de comunicare. Pe lângă interfața SpaceWire această variantă prevede și o interfață serială UART- compatibilă pentru a comunica cu module radio mai simple care nu au o viteză înaltă de transfer a datelor. Pentru

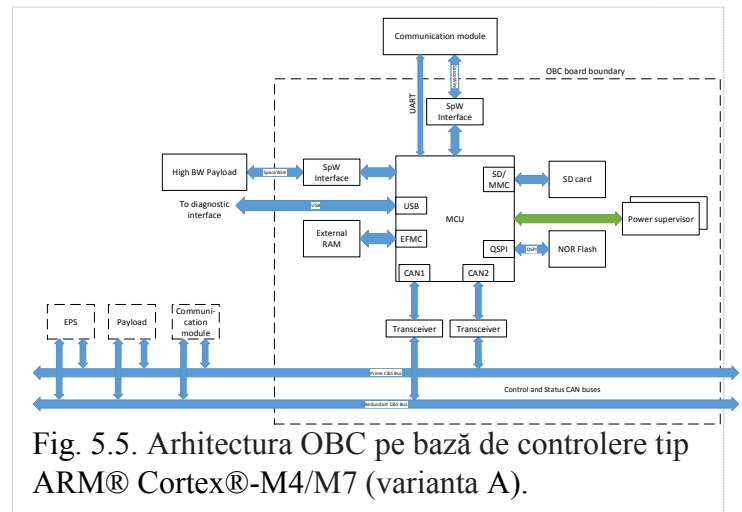


Fig. 5.5. Arhitectura OBC pe bază de controlere tip ARM® Cortex®-M4/M7 (varianta A).

monitorizare și control OBC este dotat cu două interfețe CAN (una primară și a doua redundantă) separate pentru a monitoriza celelalte subsisteme ale satelitului și a transmite comenzi către ele (vezi fig. 5.5). Pentru diagnostică, monitorizare în timp real și accesul la datele din unitatea de stocare a satelitului, OBC este prevăzut cu o interfață USB device prin care satelitul poate fi ușor conectat la un PC.

Am propus altă varietate de arhitectură OBC cu un singur MCU. Pentru a face posibil schimbul de date de viteză înaltă între oricare două subsisteme ale satelitului, această variantă de OBC include un router SpaceWire. Acesta direcționează pachetele și asigură arbitrarea transferurilor de pachete dintre subsistemele conectate la porturile router-ului. Routerul SpaceWire este conținut o matrice de interconectare, logica de arbitrare și un unitate de comandă (controller). Utilizarea unui router SpaceWire permite conectarea și conlucrarea a mai multor module OBC și unități de stocare simultan în același sistem, facilitând implementarea unui sistem scalabil (vezi fig. 5.6). De exemplu, prin intermediul router-ului este posibilă comunicarea simultană dintre OBC și payload în paralel cu comunicarea dintre subsistemul de comunicare radio și unitatea de stocare. De asemenea, router-ul face posibilă izolarea fizică a magistrelor astfel că pierderea funcționării unui subsistem sau port nu afectează capacitatea de comunicare a celorlalte subsisteme ale satelitului.

Am propus încă o variantă de arhitectură OBC. Pentru obținere redundanță mai înaltă și totodată paralelizarea proceselor de prelucrare a datelor sunt incluse 2 MCU identice. Fiecare MCU monitorizează funcționarea celuilalt cu ajutorul unui modul bidirecțional numit supervisor și a unui set de semnale asociate interfețelor lui

cu fiecare MCU folosind un protocol de tip semnal-răspuns. În cazul când un MCU funcționează anormal supervisorul detectează acesta și comunică celuilalt MCU pentru ca acesta să preia sarcina celui nefuncțional. Fiecare MCU este conectat la celelalte subsisteme prin 2 interfețe CAN (una primară și alta redundantă) pentru monitorizare și control, precum și printr-o interfață serială de viteză înaltă SpaceWire pentru schimbul unor volume de date mari dintre OBC și alte subsisteme

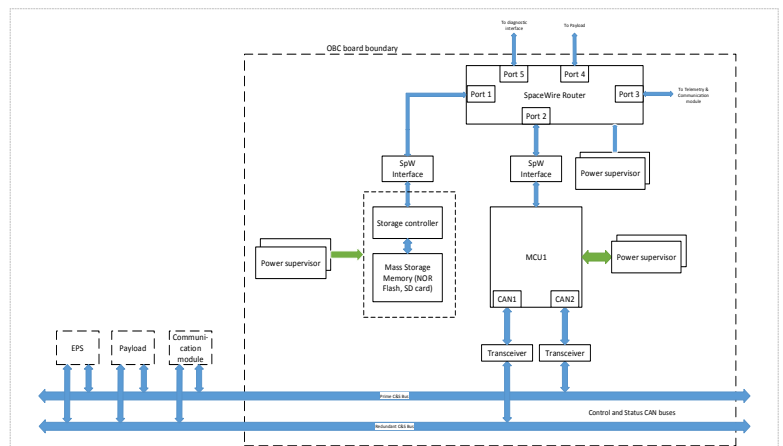


Fig. 5.6. Arhitectura OBC pe bază de controlere tip ARM® Cortex®-M4/M7. (variante B).

care generează și/sau consumă volume semnificative de date cum ar fi subsistemul de comunicare, payload și unitățile de stocare externe.

Pentru a face posibil schimbul de date de viteză înaltă între oricare două subsisteme ale satelitului, această variantă de OBC include și un router SpaceWire. Acesta direcționează pachetele și asigură arbitrarea transferurilor de pachete dintre subsistemele conectate la porturile router-ului. Routerul SpaceWire este conținut o matrice de interconectare, logica de arbitrare și un unitate de comandă (controller). Utilizarea unui router SpaceWire permite conectarea și conlucrarea a mai multor module OBC și unități de stocare simultan în același sistem, facilitând implementarea unui sistem scalabil. De exemplu, prin intermediul router-ului este posibilă comunicarea simultană dintre OBC și payload în paralel cu comunicarea dintre subsistemul de comunicare radio și unitatea de stocare.

De asemenea, router-ul face posibilă izolarea fizică a magistrelor astfel că pierderea funcționării unui subsistem sau port nu afectează capacitatea de comunicare acelorlalte subsisteme ale satelitului. În scopul dezvoltării performanțelor OBC pentru a satisface toate necesitățile misiunilor nanosateliților, aplicăm a doua ”pârghie” – tipul microcontrolerului din gama ARM® Cortex®-M4/M7. Datorită fiabilității dovedite și configurațiilor bogate în caracteristici, care sunt disponibile, ne-am orientat la un procesor bazat pe ARM pentru unitatea de procesare a acestui nanosatelit în calitate de nucleu al OBC-lui.

Pentru misiunile nanosateliților, durata cărora este de ordinul 2-3 ani, cu scop de verificare tehnologică și algoritmică, ce e caracteristic pentru cei educaționali, ne-am propus microcontrolerele tip STM32F4xx, comercial disponibile (COTS), care se bazează pe arhitectura ARM Cortex-M4. Cortex-M4 este, de asemenea, baza pentru microcontrolere de la un număr de alți producători, inclusiv TI, NXP, Toshiba și Atmel. Un alt factor important este partajarea unui nucleu comun ce

înseamnă că instrumentele de dezvoltare software, inclusiv compilatorul și debugger sunt comune într-o gamă largă de microcontrolere. Cortex-M4 diferă de generațiile anterioare ale procesoarelor ARM prin definirea unui număr de periferice cheie ca parte a arhitecturii de bază, inclusiv întreruperile controlerului, sistem de cronometrare, și depanare și urmărire hardware (inclusiv extern interfețe). Acest nivel suplimentar de

integrare înseamnă că software-ul de sistem cum ar fi sistemele de operare în timp real și instrumentele de dezvoltare hardware, cum ar fi interfețele de depanare pot fi comune în întreaga familie de procesoare. Familiile de microcontrolere bazate pe Cortex-M4 diferă semnificativ în termeni de periferice hardware și memorie - perifericele familiei STM32 sunt complet diferite arhitectural de la perifericele familiei NXP chiar și în cazul în care au funcționalități similare. Pe altă parte, STM32F4xx are o interfață de magistrală externă care permite extinderea până la 6 MB de memorie externă (sunt acceptate SRAM asincron și memorie flash), care este controlată printr-o MMU capabilă de protecție a memoriei și paginare. Consumul de energie în starea activă este extrem de scăzut la doar 90-:300 μ A/MHz. Puterea consumată a tuturor perifericelor integrate în procesor este controlată de un Advanced Unitate de gestionare a energiei care permite ca sistemul să fie alimentat și oprit modular pe măsură ce sunt necesare module diferite. Suportul pentru o arhitectură magistrală de comunicații numită Controller Area Network (CAN) este, de asemenea, furnizat de procesor sub forma a patru CAN-ontrollere diferite. Comunicarea de mare viteză poate fi realizată utilizând interfața periferică serială (SPI) furnizată, tactată la frecvența de bază a procesorului (30 MHz).

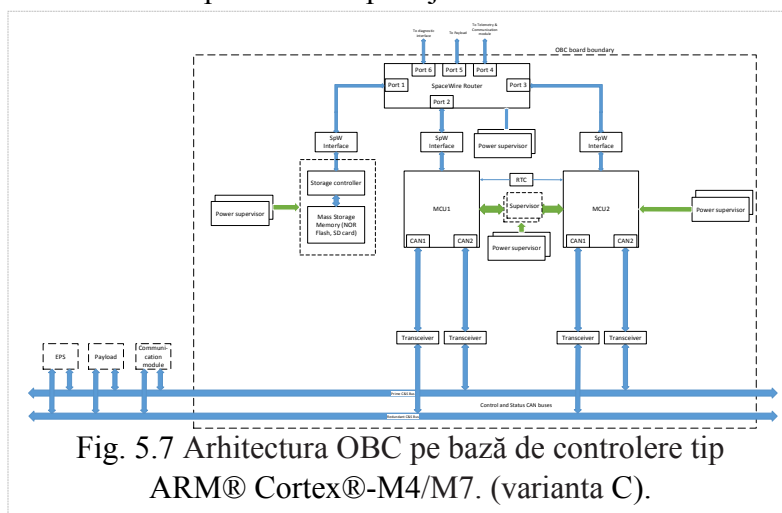


Fig. 5.7 Arhitectura OBC pe bază de controlere tip ARM® Cortex®-M4/M7. (varianta C).

Prin urmare, s-a selectat seria de MCU STM32F4, care este de înaltă performanță cu instrucțiuni DSP și FPU - ARM® Cortex®-M4 și utilizează tehnologia NV STM și ART Accelerator™ pentru a atinge cele mai înalte scoruri de referință din industrie pentru microcontrolerele Cortex-M cu până la 225 DMIPS/608 CoreMark care rulează din memoria Flash cu până la 180 MHz. Prin scalarea dinamică a puterii, consumul curent care rulează de la Flash variază de la 89 μA/MHz pe STM32F410 până la 260 μA/MHz pe STM32F439. Seria STM32F4 este compusă din opt linii de produse compatibile ale controlorilor de semnal digital (DSC), o simbioză perfectă a capacităților de control în timp real ale unui MCU și performanța procesării semnalului unui procesor digital de semnal (DSP):

- STM32F446 - 180 MHz/225 DMIPS, până la 512 Kbytes de memorie Flash cu interfață dublă Quad-SPI și SDRAM;
- STM32F407/417 - 168 MHz CPU/210 DMIPS, până la 1 Mbyte de memorie Flash adăugând Ethernet MAC și interfața camerei;
- STM32F405/415 - 168 MHz CPU/210 DMIPS, până la 1 Mbyte de memorie Flash cu conectivitate avansată și criptare.

Totodată s-a stabilit, că operația cea mai complexă din punct de vedere computațional a procesorului, cu care trebuie să asigure funcționalitatea nanosateliților, este modelarea IGRF pentru sistemul ADCS - (IGRF - Câmpul Internațional de Referință Geomagnetic este un set de coeficienți armonici sferici, care pot fi introduși într-un model matematic pentru a descrie porțiunea pe scară largă, variabilă în timp, a câmpului magnetic intern al Pământului între epocile 1900 d.Hr. și prezent.). Modelele IGRF trebuie să fie calculate o dată la fiecare secundă, iar ARM Cortex M4 a avut nevoie de circa 75 ms pentru a rula modelul. Acest lucru calculează o utilizare de aproximativ 5-7% pentru una dintre cele mai complexe sarcini de la bordul satelitului. Un alt argument, microcontrolere, bazate pe ARM Cortex M4 a fost, de asemenea, utilizate cu succes în proiectarea pentru mai mulți nanosatelți.

Pentru misiunile nanosateliților, durata cărora este mai mare 3 ani, cu diverse scopuri, nu numai de verificare tehnologică și algoritmică, cu sarcină utilă mai complexă, fie teledetectie, fie comunicare satelitară, fie de cercetare, ne-am propus microcontrolerele tip S32K3xx, care se bazează pe arhitectura ARM Cortex-M7. Această familie de MCU-uri, S32K3xx pe 32 de biți combină o familie scalabilă de Arm® Microcontrolere bazate pe Cortex®-M7, construite pe funcții de lungă durată, cu o cuprinzătoare suită de instrumente de dezvoltare. MCU-urile S32K3xx sunt incluse în Programul de longevitate a produselor NXP, care garantează minim 15 ani de funcționare asigurată.

5.4 Nano-structuri pe substrat din sticlă pentru nanosenzori.

Pentru cercetarea nanosenzorilor în spațiul cosmic au fost elaborate nanostructuri de CdZnS prin metoda SCS sinteza chimică din soluții și tratament termic rapid pentru a economisi bugetul termic necesar pentru procesul tehnologic. Nanostructurile obținute au fost tratate termic rapid după SCS la temperatura de 620 °C. În figura 5.8 sunt prezentate nano-structurile obținute pe substrat din sticlă pentru a reduce costul final al senzorilor. Astfel de nanostructure pot fi obținute pe diferite substrate, după necesitate sau cerințe, de exemplu pe ceramică pentru a fi integrate în TUMnanoSAT.

Testarea la radiația UV a nanostructurilor de CdZnS.

Luând în considerație că aceste nanostructuri sunt trimise în spațiul cosmic pentru a testa nivelul de radiație ultravioletă, am cercetat aceste dispozitive ca senzori de radiație UV la diferite durate a pulsurilor.

a) Măsurari la perioade de doar 10 secunde.

În urma testării la radiația UV la diferite distanțe a sursei de radiație față de probă (1, 2, 3, 4, 5, 10 și 38 cm) s-au obținut următoarele rezultate:

În **figura 5.8a** este prezentat răspunsul față de UV la diferite distanțe a sursei, unde observăm că cel mai mare răspuns este obținut la distanța de 1 cm, cu un răspuns $S=I_{UV}/I_{Dark}=340$. Cu mărirea distanței are loc micșorarea răspunsului față de UV, însă senzorul elaborate lucrează foarte eficient și la distanțe mari față de sursă precum este ilustrat în continuare. În **figura 5.8b** este prezentat răspunsul la distanțe mai mari. Rezultatele prezentate în figura data demonstrează ca radiația UV este detectată chiar și la distanța de 38 cm. Din rezultatele prezentate în **figura 5.8** se demonstrează că nanostructurile CdZnS au un răspuns mare față de UV cu cei mai mici timpi de răspuns și recuperare. Astfel, aceste dispozitive elaborate pot depista ultra-rapid orice puls de radiație UV care este în spațiu sau este emis de vre-o rachetă aflată în apropiere sau mai îndepărtată.

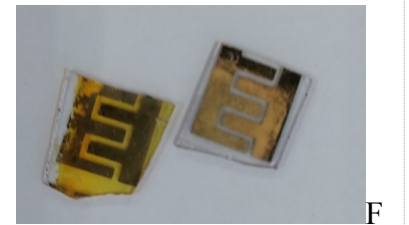


fig. 5.8. Nanostructuri de CdZnS.

b) Măsurari la perioade mai mici de 1 s.

Măsurările la perioade mici de iluminare UV cu durata pînă la 1 secundă sunt prezentate în **figura 5.9**. În figura 5.9a este prezentat răspunsul față de UV la distanța de la sursa de iluminare de **2.5 cm**

a nanostructurilor de CdZnS cu durate de pînă o secundă, unde s-a obținut răspunsul $S=I_{UV}/I_{Dark}=58$. La distanța de **3.5 cm** la fel este detectat UV-ul, iar răspunsul este $S=I_{UV}/I_{Dark}=32$.

Mecanismul de

sesizare a UV-ului.

Mecanismul care descrie formarea de răspuns la radiația ultravioletă poate fi, de asemenea, descrisă pe baza formării unei regiuni de epuizare la suprafața CdZnS și poate fi descrisă cu ajutorul ”Ec.(1)”. Astfel,

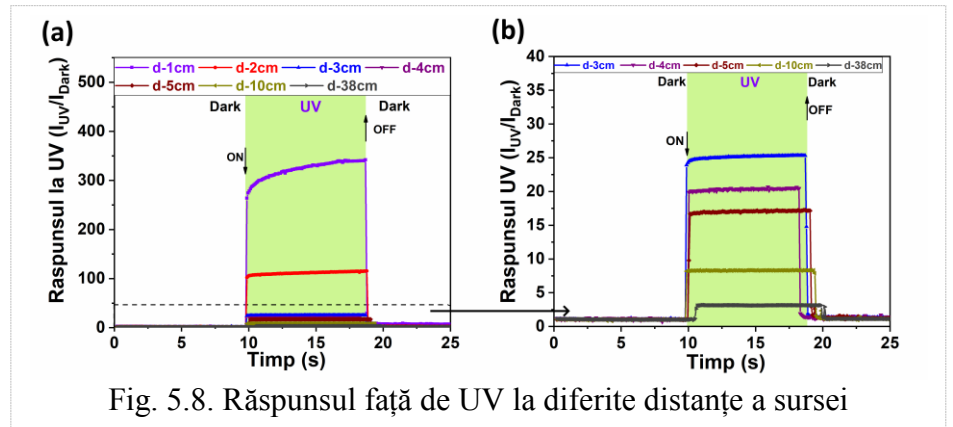


Fig. 5.8. Răspunsul față de UV la diferite distanțe a sursei

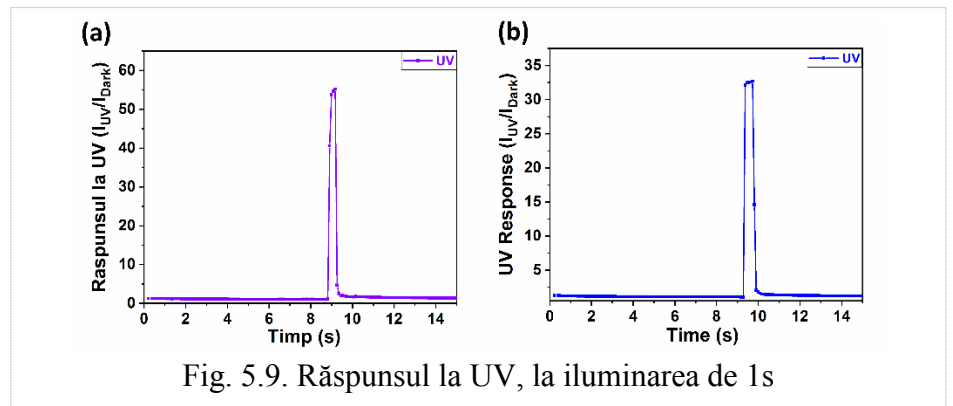


Fig. 5.9. Răspunsul la UV, la iluminarea de 1s

conductivitatea întunecată apare prin straturile interne care prezintă rezistența scăzută. La iluminarea cu lumină UV, se formează excesul de purtători de încărcare fotogenerată [1- CHEN, H., LIU, Y., XIE, C., WU, J., ZENG, D., LIAO, Y. A comparative study on UV lightactivated porous TiO₂ and ZnO film sensors for gas sensing at roomtemperature, Ceram. Int. 38 , pp.503–509, 2012]



Mai departe, electronii sunt separați și migrează către partea interioară a nanostructurii, în timp ce golurile rămân la suprafață și migrează la suprafață formând o regiune de epuizare. În același timp, este descrisă fotodesorbția de oxigen descrisă cu ajutorul "Ec.(2)" [1]



iar fotodesorbția duce la îngustarea regiunii de epuizare și creșterea curentului prin stratul intern. În cele din urmă, curenții se saturează din cauza reacției care are loc descrise în ecuațiile (5.1) și (5.2).

Morfologia nanostructurilor CdZnS. În figura 5.10 sunt prezentate imaginile SEM ale nanostructurilor CdZnS obținute prin metoda SCS. În figura 5.10a sunt prezentate imaginile SEM ale nanostructurii netratate și cele ce au fost tratate termic la temperatura de 620 °C timp de 30 minute (figura 5.10b)

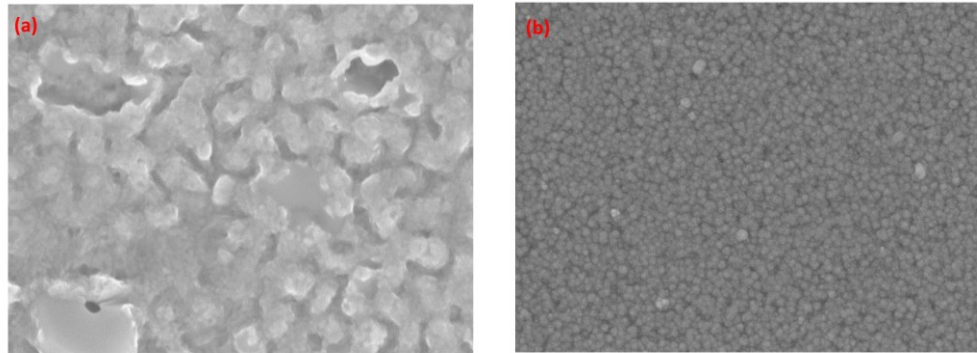


Figura 5.10. (a) Imaginile SEM a nanostructuri CdZnS netrate. (b) tratate termic la temperatura 620°C timp de 30 minute.

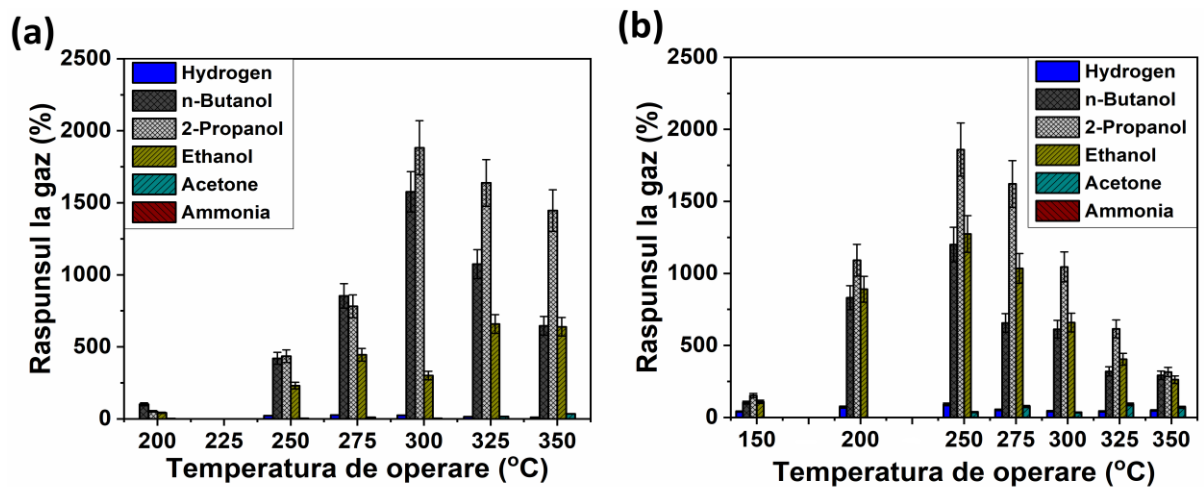


Figura 5.11. Răspunsul la gaze a nanostructurilor CdZnS: (a) netrate, adică inițiale, (b) tratate termic la temperatura de 620 °C.

Măsurările la gaze reducătoare și compușii organici volatili. În figura 5.11 sunt prezentate răspunsul la gaze (hidrogen, n-butanol, 2-propanol, etanol, acetone și amoniac) a nanostructurilor de CdZnS netratate (figura 5.11a) și tratate termic la 620 °C (figura 5.11b). Din figura 5.11 se observă că nanostructurile CdZnS au o selectivitate înaltă la vaporii de 2-Propanol, iar cel mai mare răspuns a fost obținut la temperatura de operare de 300 °C, cu răspunsul de (~1880 %) a nanostructurii netratate de CdZnS. La temperaturile de operare de 325, 350 °C are loc o micșorare a răspunsului față de gazele cercetate. În figura 5.b este prezentat răspunsul la gazele de test a nanostructurii CdZnS care a fost tratată termic la temperatura de 620 °C. Observăm că nanostructura dată la fel este selectivă la vaporii de 2-Propanol. Cel mai mare răspuns (~1890 %) a fost obținut la temperatura de operare de 250 °C. Rezultatele prezentate în figura 5.11 ne indică la faptul că utilizarea tratamentului termic la temperatura de 620 °C, duce la o îmbunătățire a răspunsului față de vaporii de 2-Propanol și micșorarea temperaturii de operare la care s-a primit cel mai bun rezultat.

Studierea a nanofirelor ZnO:Eu . Nanofire individuale au fost incorporate într-un nanosenzor prin metoda FIB-SEM. Nanofirul din figura dată are un diametru de ~90 nm și o lungime de ~ 1.6 μm. Nanosenzorul a fost expus la lumina UV și hidrogen în același timp pentru a observa lucrul acestuia ca senzor dual și influența asupra performanței senzoriale. Expunerea continuă timp de ~27s la 100 ppm hidrogen și 10 s la radiația UV. Răspunsul este aproximativ 44, iar la aplicarea luminii UV nu se modifică.



Figura 5.12. Imaginea SEM a nanofirului de ZnO:Eu

La expunerea continuă timp de 26 secunde la lumina UV și 10 s la 100 ppm hidrogen, s-a observat mărirea răspunsului de la 11 la 28, iar în urma stopării hidrogenului s-a micșorat la 13.

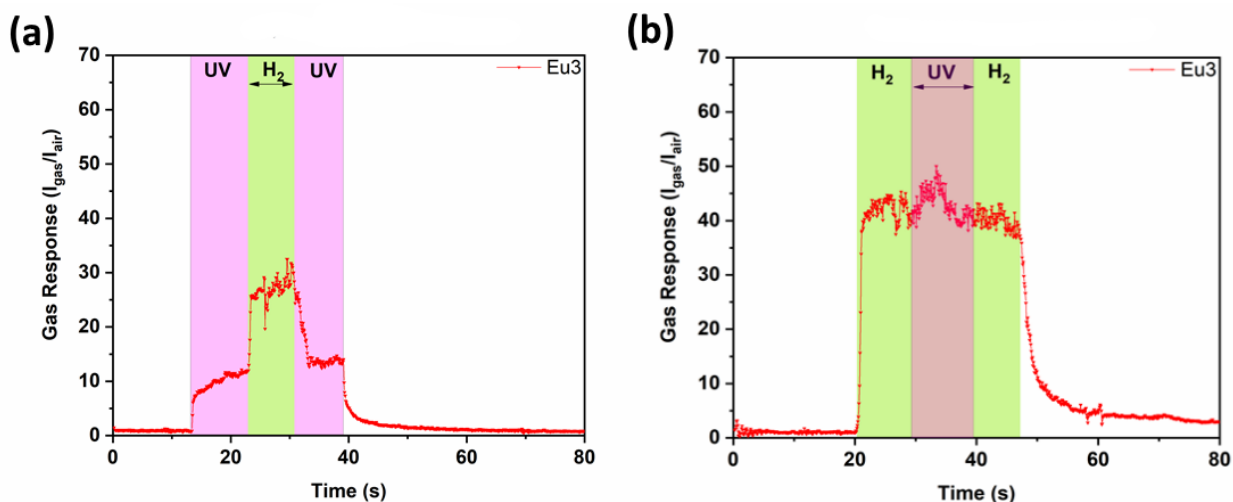


Figura 5.13. (a) Răspunsul dinamic la 100 ppm hidrogen și lumina UV. (b) Răspunsul dinamic la lumina UV și 100 ppm hidrogen

Aceste rezultate pot fi explicate de faptul că nanosenzorul are un răspuns mai mare la hidrogen, iar pentru UV e mai mic, de aceea răspunsul în timpul expunerii la lumina UV este

influențat de hidrogen, până la atingerea la saturație. Când nanofirele sunt expuse la lumina UV sunt fotogenerate perechi electron-gol, ce afectează chemisorbția și desorbția ce are loc la suprafața nanosenzorului în timpul expunerii la lumina UV.

5.5. Proiectarea structurii de nanosatelit de tip 2U

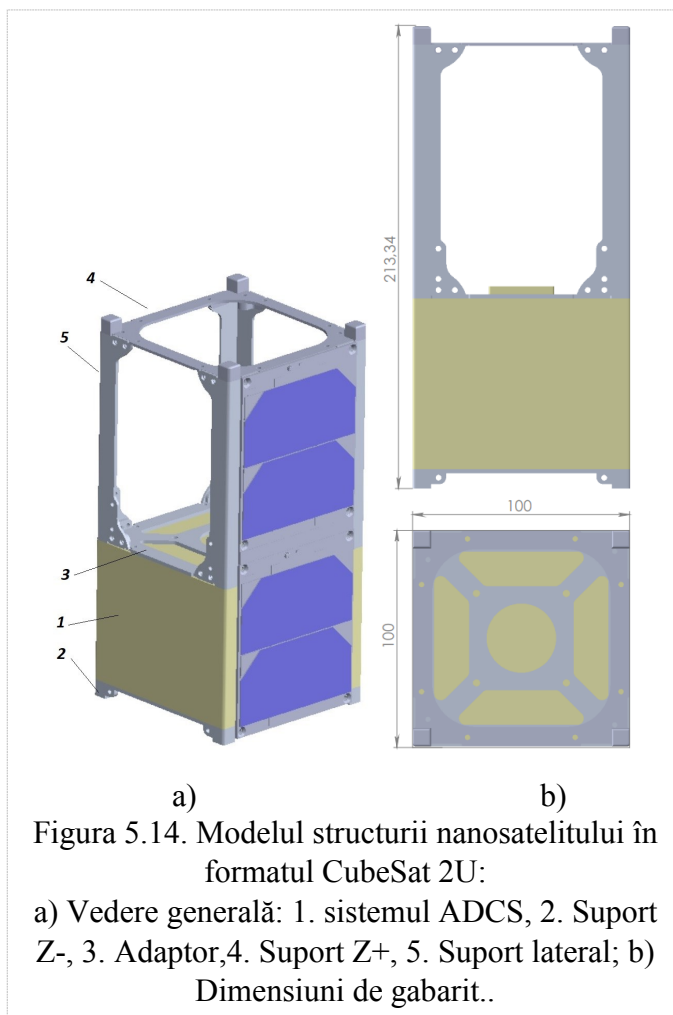
5.5.1. Stabilirea structurii nanosatelitului format 2U

Elaborarea noii structuri mecanice prototip a nanosatelitului UTM în format 2U a fost necesară din următoarele considerente: mărirea sarcinii utile și dotarea nanosatelitului cu un sistem de orientarea spațială precisă. În acest scop, a fost identificat un *Sistem de determinare și control al atitudinii* (ADCS) potrivit cu standardul CubeSat, model MAI-200, produs de o companie din SUA. Acest sistem este destinat pentru orientarea spațială precisă pe 3 axe a nanosateliților cu masa de până la 9 kg. Reieșind din dimensiunile sistemului ADCS și din indicațiile standardului CubeSat au fost stabilite dimensiunile elementelor componente ale structurii nanosatelitului 2U. Modulul structurii mecanice a nanosatelitului constă dintr-un șasiu, care are scopul principal menținerea rigidității ansamblului și interconexiunea elementelor electronice. Majoritatea structurilor sunt executate din aliaj de aluminiu 6061 sau 7075 anodizat, datorită masei reduse, costului scăzut și rezistenței sporite la acțiunile factorilor de mediu.

Pentru misiunea prototipului de laborator a nanosatelitului în format 2U a fost acceptată o structură de rezistență, avantajele căreia sunt simplitatea constructivă, masa redusă și rigiditatea sporită au influențat decizia în favoarea acestui model. În figura 5.14 este prezentată o vedere generală a ansamblului nanosatelitului în format 2U.

5.5.2. Elaborarea modelului de calcul și simularea solicitărilor statice a structurii nanosatelitului de tip 2U

Una dintre etapele de proiectare a sateliților este analiza comportamentului conform condițiilor de exploatare. Această analiză constă din rularea unor teste virtuale care pot include testul de fabricabilitate, un test de analiză a tensiunilor admisibile și testul de analiză a răspunsului dinamic. Efectuarea unor astfel de studii asupra modelelor conduce la optimizarea pieselor și sporirea capacității de funcționare în mediul dorit. Modelul virtual al structurii satelitului este testat de mai multe ori, eliminându-se o bună parte din testele reale și obținându-se reducerea costurilor.



Totodată, este optimizată și masa pieselor determinându-se valoarea ei minimă pentru a avea o rezistență structurală adecvată.

Înainte de efectuarea testelor virtuale ale satelitului este necesară pregătirea geometriei adecvate și stabilirea condițiilor la limită. Pentru majoritatea navelor spațiale, inclusiv sateliții, cele mai mari solicitări au loc în timpul lansării. Acestea includ accelerația g (longitudinală și laterală) și solicitarea la vibrații aleatorii și armonice pe diferite game de frecvență. Valoarea accelerației g este furnizată de compania care va asigura lansarea satelitului. Odată ce toate sarcinile și caracteristicile de lansare sunt cunoscute, structura poate fi modelată și testată folosind diverse softuri de modelare și simulare (SolidWorks, Fusion 360, ANSYS etc.). Aceste aplicații oferă diverse module pentru simularea fabricabilității și pentru analiza structurală a modelelor create. Testele de fabricabilitate facilitează determinarea condițiilor de prelucrare a pieselor, astfel încât utilizatorii să poată estima timpul, complexitatea și costurile necesare pentru realizarea lor. Testele de analiză structurală facilitează determinarea rezistenței ansamblului satelitului conform caracteristicilor de lansare și zbor specificate.

Pentru efectuarea analizei cu elemente finite a satelitului în bune condiții au fost impuse următoarele simplificări:

- Toate componentele interne care nu se află pe traiectoria principală de solicitare au fost înlocuite cu o masă punctiformă simulată în interiorul structurii. Această masă este situată în centrul satelitului sau în centrul componentei simulate și este conectată la structura principală.
- Masa componentelor externe în afara structurii principale, cum ar fi celulele solare, a fost inclusă sub formă de masă punctiformă fixată cu șuruburile respective;
- Condiția de contact global lipit este utilizată la filetele elementelor de fixare pentru a elimina erorile create de șuruburi și geometria complexă. Condiția de contact glisant fără frecare este utilizată la interfața componentelor.
- Structura de rezistență este simplificată prin suprimarea filetelor și a orificiilor;
- Pentru materialele utilizate sunt aplicate proprietățile lor reale;
- Toate elementele de fixare (șuruburi) sunt pretensionate cu forțe axiale echivalente momentului de torsiune admisibil (tabelul 5.1.3.).

În rezultatul simulărilor au fost analizați următorii parametri de interes: tensiunile von Mises, deplasarea, deformarea și factorul de siguranță. După o serie de simulări au fost depistate zonele critice (în care factorul de siguranță este la limita admisibilă) și luate măsuri pentru excluderea lor cum ar fi modificarea geometriei sau a materialelor.

În Tabelul 5.5.1. sunt prezentate condițiile de constrângere impuse, iar în tabelul 5.5.2. sunt prezentate valorile sarcinilor statice care acționează asupra structurii nanosatelitului.

Tabelul 5.5.1. Condiții de constrângere

Analiza frecvenței naturale	fața șinelor -Z	Geometrie fixă
	fața șinelor +Z	Geometrie fixă
	Suprafața șinelor în contact cu lansatorul	Fără constrângeri
	Fața filetelui / materialul contactat	Contact global lipit
	Starea limită între alte materiale	Contact glisant fără frecare

Analiza sarcinii statice / Analiza șuruburilor	-Z fața șinelor	Geometrie fixă
	+Z fața șinelor	Fără constrângere *
	Suprafața șinelor în contact cu lansatorul	Fără constrângere
	Filetul / materialul contactat	Contact global lipit
	Cap de șurub / material contactat	Contact global lipit
	Starea limită între alte materiale	Contact glisant fără frecare

* Fixarea axelor X și Y este, de asemenea, acceptabilă

Tabelul 5.5.2. Condiții de solicitare

	Starea de încărcare	Locație	Valoare
Analiza frecvenței proprii	fără sarcină	-	-
Analiza sarcinilor statice / Analiza șuruburilor	forța	+Z fața șinelor	46.6 N (fiecare șină)
	gravitație/ pretensionare	-	9G (direcția este modificată în fiecare caz de analiză)

Tabelul 5.5.3 Sarcina axială a elementelor de fixare (șuruburi)

Tip	Diametru nominal, [m]	Cuplul inițial, [Nm]	Sarcina axială, [N]
M3	0.003	0.63	1050

5.5.3 Analiza solicitărilor statice

Modelul structurii satelitelui a fost testat (virtual) la condițiile de solicitare pentru cele trei direcții ale sistemului de coordonate (notate cu literele A, B și C). Prezentăm un caz particular cu condițiile de analiză ce conțin următoarele aspecte (tabelul 5.5.4):

- Folosind nivelurile de accelerație cvasistatice ale lansatorului, modelul a fost supus unei sarcini statice de 9G ($88,3 \text{ ms}^{-2}$) în plan cu axa de lansare ($1\text{G} = 9,81 \text{ ms}^{-2}$);
- O forță axială de 46,6 N se aplică pe fiecare șină;
- Fiecare șină este fixată rigid la bază (axa -Z).

Tabelul 5.5.4. Sarcina aplicată (analiza A)

Sarcina	axa X	axa Y	axa Z
Sarcina compresivă	-	-	46.6 N
Sarcina statică	9G	-	-

Rezultatele simulărilor modelului satelitelui sunt prezentate în tabelele 5.5.7 pentru cele trei cazuri. După mai multe încercări și setări, valorile tensiunilor von Mises maxime s-au obținut de 74 MPa, 67,6 MPa și 10,3 MPa în analiza A, B și respectiv C.

Tabelul 5.5.7. Tensiunile din elementele structurii satelitului și marja de siguranță (analiza A)

Elemente construct.	Mater.	Tens. maximă (S _{max}) [MPa]	Limita de curgere F _{ty} [MPa]	Rezistența la rupere, F _{tu} [MPa]	MS ^{*1} ≥ 0 (curgere) FS ^{*2} =1.5	MS ^{*1} ≥ 0 (rupere) FS ^{*2} =2	S _{max} /F _{tu} <30[%]
Cadru	Al 6061	74	275	310	1.48	1.09	23.9
Tije de asamblare	Al 6061	26.4	275	310	5.94	4.87	8.5

*1: Marja de siguranță, *2: Factorul de siguranță

Marja de siguranță pentru diferitele componente ale cadrului a fost calculată cu relația de mai jos utilizând un factor de siguranță de 1,5 pentru limita de curgere (F_{ty}) și 2,0 rezistența la rupere (F_{tu}).

$$MS = \frac{F_{tu}}{S_{max} \times FS} - 1 \geq 0, \quad (5.5.3)$$

Structura de rezistență este necesar să îndeplinească și următoarea condiție:

$$\frac{S_{max}}{F_{tu}} < 30\% \quad (5.5.4)$$

unde: S_{max} - tensiunea maximă aplicată; F_{tu} - Rezistența la rupere a materialului.

6 Diseminarea rezultatelor obținute în proiect în formă de publicații (obligatoriu)

Lista publicațiilor din anul 2022 în care se reflectă rezultatele obținute în proiect este perfectată conform cerințelor față de lista publicațiilor (a se vedea **anexa 1A**)

7 Impactul științific, social și/sau economic al rezultatelor științifice obținute în cadrul proiectului (obligatoriu)

Proiectul current este deicat pentru a profita de avantajele tehnologiilor și aplicațiilor spațiale în teledetecția terestrială, geodezie, cadasru, meteorologie și diseminarea în alte domenii. Scopul major al acestuia este de a diminua lipsa personalului de știință, ingineri și tehnicieni din domeniul cercetării spațiale și dezvoltarea prin diseminarea experiențelor în domeniul spațial pentru a contribui la construirea de parteneriate pe termen lung cu diferite țări din Europa, să desfășoare activități de informare durabilă, care pot acționa ca catalizatori, motivând studenții și doctoranzii. Acest proiect se imbină cu programul de cooperare „Națiunile Unite/Japonia privind lansarea nanosatelitului de pe Stația Spațială Internațională (ISS), care efectuează lansarea gratuită a nanosatelitului „TUMnanoSAT” dezvoltat și fabricat la UTM, care va avea un impact major în îmbunătățirea calității studiilor de inginerie bazate pe tehnologii spațiale moderne, atragerea tinerilor cercetători în dezvoltarea și consolidarea cercetării științifice în domeniul explorării spațiului și a integrării Republicii Moldova în comunitatea țărilor, care dezvoltă tehnologii spațiale.

A se vedea:

- ✓ CNTS UTM pe site-ul UNOOSA:

https://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/access2space4all/awardees/moldova_tum.html

- ✓ Studenții și profesorii care au contribuit la dezvoltarea TUMnanoSat, felicitați de către Kathryn LUEDERS, administrator NASA: <https://utm.md/blog/2022/07/16/studentii-si-profesorii-care-au-contribuit-la-dezvoltarea-tumnanosat-felicitati-de-catre-kathryn-lueders-administrator-nasa/>
- ✓ Lansarea TUMnanoSAT – un eveniment istoric pentru Republica Moldova: <https://utm.md/blog/2022/07/28/lansarea-tumnanosat-un-eveniment-istoric-pentru-republica-moldova/>
- ✓ Premieră istorică: pe 12 august 2022, la ora 12:45, prin plasarea pe orbită a TUMnanoSAT, UTM și-a trimis visul și speranța în viitor: <https://utm.md/blog/2022/08/12/premiera-istorica-pe-12-august-2022-la-ora-1245-prin-plasarea-pe-orbita-a-tumnanosat-utm-si-a-trimis-visul-si-speranta-in-viitor/>
- ✓ Lansarea în spațiu a nanosatelitului „TUMnanoSAT” de către UTM se bucură de o largă rezonanță mediatică: <https://utm.md/blog/2022/07/21/lansarea-in-spatiu-a-nanosatelitului-tumnanosat-de-catre-utm-se-bucura-de-o-larga-rezonanta-mediatica/>

8 Infrastructura de cercetare utilizată în cadrul proiectului (obligatoriu)

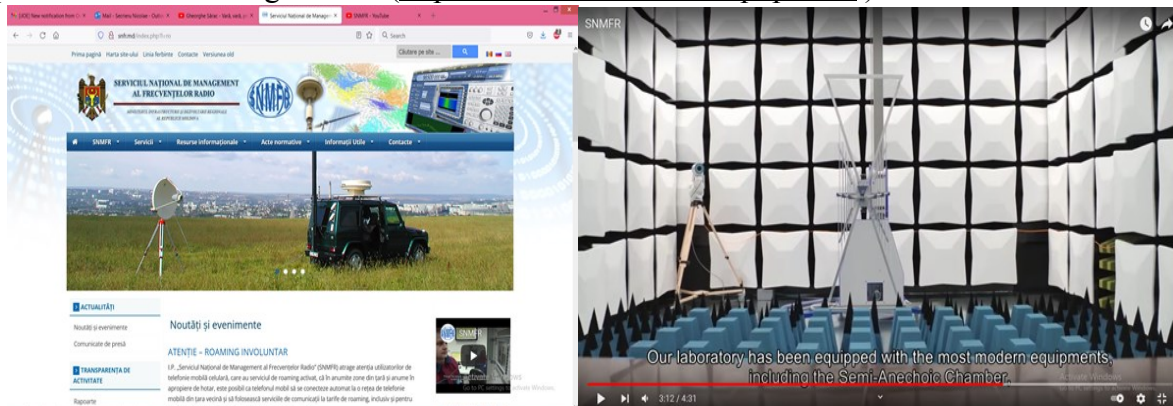
Proiectul este realizat în cadrul Centrului Tehnologii Spațiale UTM, care deține echipament și o infrastructură dezvoltată. Detalii despre echipamentul în dotare, inclusiv cel procurat în anul 2022 este prezentat în anexa 2A.

9 Colaborare la nivel național în cadrul implementării proiectului (obligatoriu)

În proiect sunt atreñați colaboratori din următoarele departamente UTM:

- ✓ Centrul Tehnologii Spațiale (**6 pers.**);
- ✓ Departamentul Bazele Proiectării Mașinilor de la Facultatea Inginerie Mecanică, Industrială și Transporturi (**4 pers.**);
- ✓ Centrul de Nanotehnologii și Nanosenzori (conducător: dr.hab., prof. univ. O.LUPAN) (**3 pers.**) și Departamentul Informatică și Ingineria Sistemelor (**1 pers.**) de la Facultatea Calculatoare, Informatică și Microelectronică
- ✓ Departamentul Inginerie Civilă și Geodezie De la Facultatea Construcții, Geodezie și Cadastru (**1 pers.**)

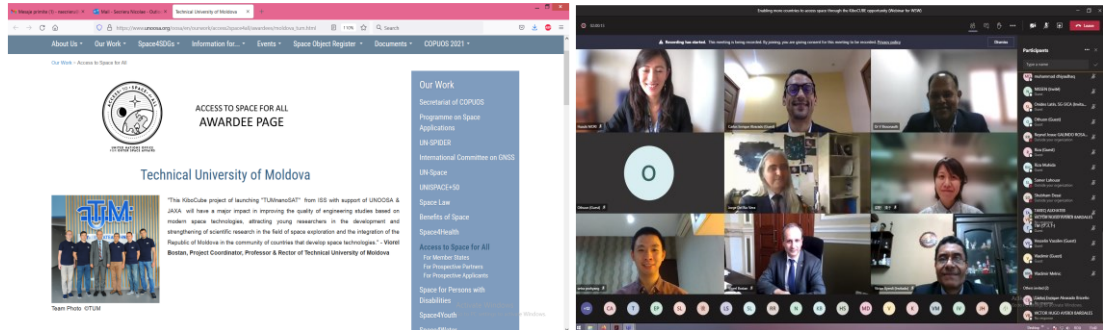
Colaborare la nivel național avem cu „Serviciul Național de Management al Frecvențelor Radio” (SNMFR) pe probleme de frecvențe radio, comunicații satelitare, analiză și verificare compatibilitate electromagnetice (<http://www.snfr.md/index.php?l=ro>)



10 Colaborare la nivel internațional în cadrul implementării proiectului (obligatoriu)

În cadrul proiectului avem colaborare internațională cu diverse organizații, agenții, companii:

- ✓ **Biroul ONU pentru Afaceri Spațiale (UNOOSA)** - biroul Secretariatului ONU care promovează și facilitează cooperarea internațională pașnică în spațiul cosmic și ajută țările în curs de dezvoltare să utilizeze știința și tehnologia spațială pentru o dezvoltare socioeconomică durabilă. Colaborăm cu UNOOSA pentru a stabili cadrele legale și de reglementare pentru activitățile spațiale în cadrul proiectului. (<https://www.unoosa.org/>)



- ✓ **Agenția Aerospațială din Japonia (JAXA)**. Programul de cooperare ONU/Japonia privind desfășurarea CubeSat de la Stația Spațială Internațională (ISS) Modulul de experimente japoneze (Kibo) „KiboCUBE” este un program al Oficiului Națiunilor Unite pentru Afaceri Spațiale (UNOOSA) în colaborare cu Agenția de Explorare Aerospațială din Japonia (JAXA). Programul a început în 2015. KiboCUBE este colaborarea dedicată pentru utilizarea ISS Kibo pentru întreaga lume. KiboCUBE își propune să ofere instituțiilor de învățământ sau de cercetare din țările în curs de dezvoltare membre ale Națiunilor Unite oportunități de a desfășura, de la ISS Kibo, sateliți cubi (CubeSats) pe care îi dezvoltă și produc. Implementarea CubeSats de la ISS este mai ușoară decât implementarea directă de către un vehicul de lansare, datorită mediului cu vibrații mai scăzute în timpul lansării. Cu aceste cerințe de interfață comparativ mai puțin solicitante, UNOOSA și JAXA consideră că KiboCUBE va scădea pragul activităților spațiale și va contribui la construirea capacității naționale în inginerie, proiectare și construcție a navelor spațiale. Centrul Tehnologii Spațiale a fost desemnat câștigător la runda a 4-a a programului KiboCube. (<https://global.jaxa.jp/press/2019/06/20190610a.html>)



- ✓ **Uniunea Internațională a Telecomunicațiilor (ITU)**, agenția specializată a Națiunilor Unite pentru tehnologiile informației și comunicațiilor, coordonarea problemelor de radiocomunicație satelit-stații terestre. (<https://www.itu.int/en/ITU-R/Pages/default.aspx>)
- ✓ **Institutul Științe Spațiale (ISS)** al Agenției Spațiale din România (ROSA) – cooperare în cadrul memorandumului de colaborare pe probleme de elaborare și testare sisteme satelitare, testarea nanosateliților pe infrastructura ISS. (<https://www2.space-science.ro/>).
- ✓ **Universitatea Tehnică Națională din Ucraina "Institutul Politehnic Igor Sikorsky din Kyiv"**, recent s-a încheiat memorandumul de înțelegere pe probleme de elaborare și testare sisteme satelitare, (<https://kpi.ua/en/iat>)
- ✓ **Universitatea Transilvania din Brașov** – cooperare pe probleme de elaborare și testare sisteme satelitare, (<https://iesc.unitbv.ro/ro/>)

11 Dificultățile în realizarea proiectului

Dificultăți semnificative nu au fost, cu excepția:

- ✓ Sunt dificultăți în procurarea componentelor electronice necesare pentru fabricarea nanosateliților și prototipurilor, legate de deficitul lor, la fel și durata mare de transportare, legată de războiul Rusiei în Ucraina.
- ✓ Amânarea repetată a transportării nanosatelitului la Stația Spațială Internațională cu ajutorul Cargo Dragon2 și lansatorul Falcon 9 al companiei SpaceX a dus la întârzierea plasării nanosatelitului pe orbită cu 3,5 luni (de la 30 martie la 15 iulie) , ceea ce a dus la revizuirea planului activităților în proiect.

12 Diseminarea rezultatelor obținute în proiect în formă de prezentări la foruri științifice (comunicări, postere)

- ✓ Oleg Lupan, doctor hab., profesor. – At: 2022 IEEE 12th International Conference “Nanomaterials: Applications & Properties” (IEEE NAP-2022) , Krakow, Polonia, 11-16 Septembrie, 2022. Nano-Heterostructured Materials - Based Sensors for Safety and Biomedical Applications, (oral) - <https://ieeenap.org/book-of-abstract/> .
- ✓ Secieru Nicolae, conf. univ, cercetător științific coord. - At: *Conference on Small Satellites, Education section, SSC22-P2-08, August, 6-8, 2022, Utah University, Utah, USA.* (<https://smallsat.org/conference/posters#weekdaypostersession2>). Promoting Satellite Communications: Training Students in the Design of Nano-Satellite Communications, (poster).
 - ✓ Secieru Nicolae, conf. univ, cercetător științific coord. - At: *ICONST EST 2022, September, 8-10, Budva, Montenegro,* (http://iconst.org/Page/GetPdf?filename=iconst_poster_presentation_program2022.pdf). Blending training of students and promotion of space technologies by designing satellite communications, (poster).
- ✓ Oleg Lupan, doctor hab., profesor. – At: International Conference on Electronics, Communications and Computing, ECCO 2022, Chișinău 20-21 octombrie 2022, Nanosensors and sensors based on heterostructured materials for safety and biomedical applications, (oral, ședință plenară) - <https://ecco.utm.md/> .
- ✓ Secieru Nicolae, conf. univ, cercetător științific coord. - At: - The 13th International Conference on Electronics, Communications and Computing, 20-21 October, 2022,

Chisinau, Republic of Moldova. The evaluation of the on-board computer architecture for TUMnanoSAT series of nanosatellites for carrying out missions, (oral) <https://ecco.utm.md/ecco22-track1/>

- ✓ Irina Cojuhari, conf. universitar. - The 13th International Conference on Electronics, Communications and Computing, 20-21 October, 2022, Chisinau, Republic of Moldova. The PID Tuning Procedure for Performance Optimization of the Underdamped Second-Order Processes, (oral) - <https://ecco.utm.md/ecco22-track3/>
- ✓ Vladimir Melnic, cercetător științific. - The 13th International Conference on Electronics, Communications and Computing, 20-21 October, 2022, Chisinau, Republic of Moldova. Tuning the Fuzzy Controller for Speed Control of the DC Motor, (oral) - <https://ecco.utm.md/ecco22-track3/>.
- ✓ Valeriu VERJBITKI, cercetător științific. – At: The 13th International Conference on Electronics, Communications and Computing, 20-21 October, 2022, Chisinau, Republic of Moldova. The method of measuring the parameters of nanostructured sensors. (oral) <https://ecco.utm.md/ecco22-track1/>
- ✓ Cristian Lupan. - At: The 13th International Conference on Electronics, Communications and Computing, 20-21 October, 2022, Chisinau, Republic of Moldova. The Reliability to Gamma Radiation of Gas Sensors Based on Nanostructured ZnO:Eu. (oral) <https://ecco.utm.md/ecco22-track1/> .
- ✓ Cristian Lupan, doctorand. In: Conferința tehnico-științifică a studenților, masteranzilor și doctoranzilor. Vol.1, 29-31 martie 2022, Chișinău. Chișinău, Republica Moldova: Tehnica-UTM, 2022, Cercetarea nanostructurilor oxizilor micși de Zn-Cu pentru senzori. (oral).
- ✓ Dumitru Nuca, doctorand. Conferința tehnico-științifică a studenților, masteranzilor și doctoranzilor, 29-31 martie 2022. Contribuții cu privire la realizarea modelului cvasigeoidului pentru teritoriul Republicii Moldova” (oral)

13 Aprecierea și recunoașterea rezultatelor obținute în proiect (premiu, medalii, titluri, alte aprecieri).

- ✓ Viorel BOSTAN, Valentin ILCO, Alexei MARTÎNIUC, Vladimir VĂRZARU, Oleg LUPAN, Valeriu VERJBIȚCHI, Nicolae MAGARIU, Vladimir MELNIC ”TUMnanoSAT's satellite modules for research of the nanosensors properties in space radiation conditions”, Diplomă de merit și medalie de aur la expoziția “14th European Exhibition of Creativity And Innovation EuroINVENT 2022 din 26.05.2022 – 28.05.2022.
- ✓ Viorel BOSTAN, Ion BOSTAN, Valentin ILCO, Vladimir MELNIC, Alexei MARTÎNIUC, Vladimir VĂRZARU, Nicolae SECRIERU ”TUMnanoSAT flight model nanosatellite”, Diplomă de merit și medalie de aur la expoziția “14th European Exhibition of Creativity And Innovation EuroINVENT 2022 din 26.05.2022 – 28.05.2022.
- ✓ Viorel BOSTAN, Ion BOSTAN, Nicolae SECRIERU, Marin GUȚU, Vladimir MELNIC, Valentin ILCO, Alexei MARTÎNIUC. ”Structural analysis of the TUMnanoSAT microsatellite”, Diplomă de merit și medalie de aur la expoziția “14th European Exhibition of Creativity And Innovation EuroINVENT 2022 din 26.05.2022 – 28.05.2022.
- ✓ ABABII, N., MAGARIU, N., LUPAN, O. Sensing performance of CuO/Cu₂O/ZnO:Fe

heterostructure coated with ultrathin hydrophobic polymer for battery application. - 14th European Exhibition of Creativity and Innovation EUROINVENT 2022, Iasi, Romania, 28 May 2022.

14 Promovarea rezultatelor cercetărilor obținute în proiect în mass-media (Optional):

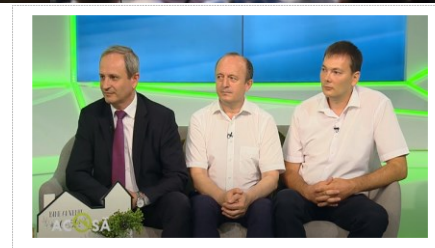
- Emisiuni radio/TV de popularizare a științei
- ✓ Viorel Bostan, Nicolae Secieru: Conferința de presă dedicată expedierii nanosatelitului TUMnanoSAT la Centrul Tsukuba al „Agenției Aero-Spațiale Japoneze” – JAXA: Centrul Tehnologii Spațiale UTM, 20.02.2022, (transmisă de toate posturile TV din RM).



- ✓ Viorel Bostan, cu participarea Natalia Gavrița, prim-ministru RM, Yoshihiro Katayama, ambasadorul Japoniei în RM, echipa TUMnanoSAT: Manifestația dedicată plasării pe orbită terestră de către astronauții de la Stația Spațială Internațională a primului nanosatelit al Republicii Moldova. 12.08.2022 , (transmisă de toate posturile TV din RM).



- ✓ Viorel Bostan, Oleg Lupan, Vladimir Melnic: Emisiunea ”Acasă” din 15.08.22 - plasarea pe orbită terestră a primului nanosatelit al Republicii Moldova. - <https://www.youtube.com/watch?v=yuXPSCoExBE>



- ✓ Oleg Lupan, Emisiunea ”Bună Dimineața”, Rolul nanotehnologiilor și tehnologiilor spațiale - <https://www.youtube.com/watch?v=cSpRbF8PB4>



- ✓ Vladimir Melnic, Alexei Martiniuc: Emisiunea "Bună Dimineața" din 4.10.22 – TUMnanoSAT și rolul tehnologiilor spațiale.

- <https://trm.md/ro/buna-dimineata/buna-dimineata-din-04-octombrie-2022>



➤ Articole de popularizare a științei

- ✓ Viorel Bostan, Ion Bostan, Valentin Ilco, Vladimir Melnic, Alexei Martiniuc, Vladimir Vărzaru, Nicolae Secrieru, Marin Guțu, Oleg Lupan, Valeri Verjbițki, Nicolae Magariu. O privire asupra experienței de la Universitatea Tehnică din Moldova în dezvoltarea nanosatelitului TUMnanoSAT. – In: Fizica și Tehnologii Moderne, V. 20, nr. 3-4 (69-70), 2022.

15 Teze de doctorat / postdoctorat susținute și confirmate în anul 2022 de membrii echipei proiectului (Opțional)

Teze de doctorat / postdoctorat, care continua a fi realizate în cadrul proiectului în anul 2022 de membrii echipei proiectului:

- ✓ Magariu Nicolae "Proprietățile fizico-chimice și modelele senzorilor în baza semiconductorilor oxidici nanometrici", cond. Prof. O.Lupan.
- ✓ Melnic Vladimir "Modelarea matematică și simularea computațională a comportamentului dinamic pe orbită a satelitului „Republica Moldova”", cond. Prof. V. Bostan

Teze de master:

- ✓ Vărzaru Vlad, gr. SCE-201M „Dezvoltarea platformei de comunicare și control pentru nanosatelitul educațional TUMnanoSAT”, coordonator conf. univ. Nicolae Secrieru.
- ✓ Marin Chiriac, gr. SCE-211M "Elaborarea și cercetarea algoritmilor de comandă cu sistemul inerțial de control atitudine pentru nanosatelii", coordonator conf. univ. Nicolae Secrieru.

16 Materializarea rezultatelor obținute în proiect (Opțional)

Forme de materializare a rezultatelor cercetării în cadrul proiectului pot fi produse, utilaje și servicii noi, documente ale autorităților publice aprobate etc.

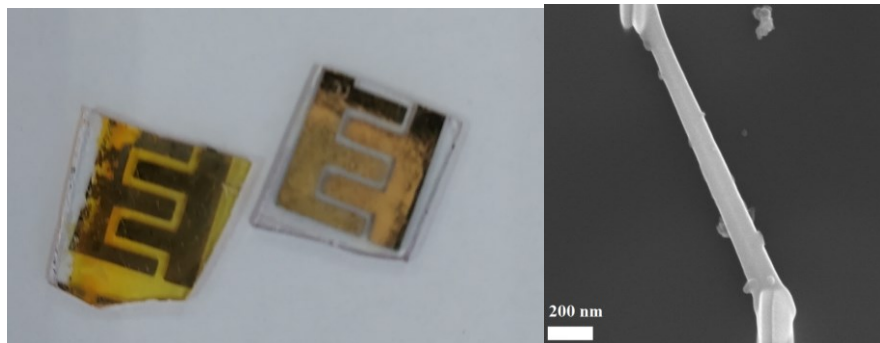
- ✓ Ultima inspecție TUMnanoSAT și încorporarea în capsula de lansare la centrul Tsukuba al JAXA, 4 martie 2022.



- ✓ Lansarea TUMnanoSAT pe 12 iulie cu Falcon 9 a companiei SpaceX de la centrul Cape Canaveral Space Force Station, Florida, USA și plasarea TUMnanoSAT pe orbită LEO de la Stația Spațială Internațională pe 12 august 2022.

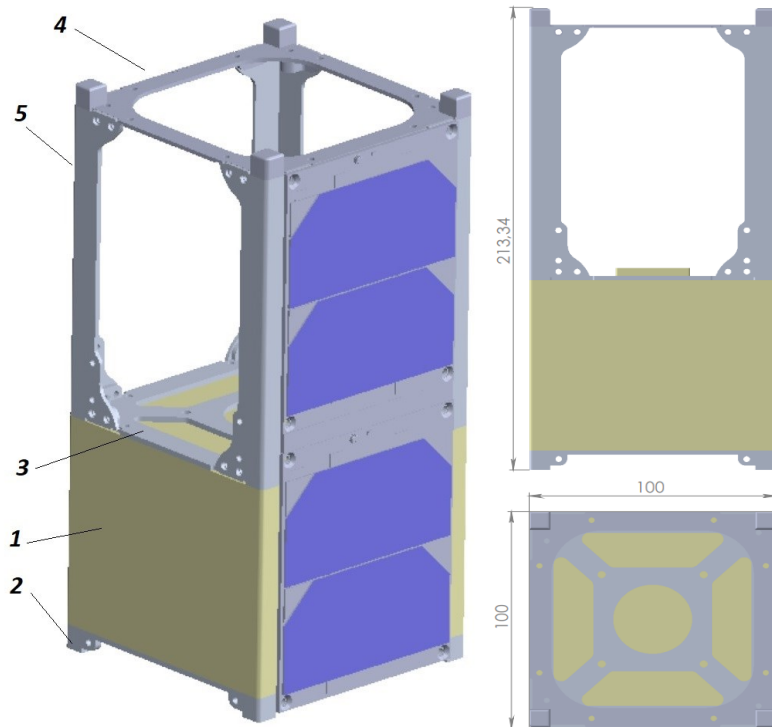


- ✓ Nanostructuri de CdZnS obținute prin metoda sinteza chimică din soluții (SCS) și cu tratament termic rapid și nanofire separate ZnO:Eu pentru cercetarea nanosenzorilor în spațiul cosmic.



Modelul structurii nanosatelitului în formatul CubeSat 2U:

a) Vedere generală: 1. sistemul ADCS; 2. Suport Z-; 3. Adaptor; 4. Suport Z+; 5. Suport lateral; b) Dimensiuni de gabarit.



17 Informație suplimentară referitor la activitățile membrilor echipei în anul 2022

➤ Membru/președinte al comitetului organizatoric/științific, al comisiilor, consiliilor științifice de susținere a tezelor:

✓ Viorel Bostan, dr. hab. Profesor:

Președinte al Consiliului științific specializat D 232.02-21-44 la Universitatea Tehnică a Moldovei, abilitat cu dreptul de a organiza susținerea tezei de doctor în informatică a dlui DANILESCU Marcel (Romania) cu tema „Controlul accesului și acțiunilor în sistemele informaționale”, specialitatea 232.02. Tehnologii, produse și sisteme informaționale, conducător științific BESLIU Victor, doctor în științe tehnice, profesor universitar.

✓ Nicolae Secieru, cercet. șt. superior, conf. universitar, dr.: membru al Seminarului Științific de profil, specialitatea 232.02. "Tehnologii, produse și sisteme informaționale" din cadrul Universității Tehnice a Moldovei, membru al comisiei de susținere a tezelor de licență (iunie 2022) și de master (în decembrie 2022).

✓ Cojuhari Irina, conf. universitar, dr. : Secretarul Seminarului Științific de Profil, specialitatea 232.02. "Tehnologii, produse și sisteme informaționale" din cadrul Universității Tehnice a Moldovei.

✓ Marin Guțu, conf. universitar, dr. : membru al comisiei de susținere a tezelor de licență (iunie 2022) și de master (în decembrie 2022).

➤ Redactor / membru al colegiilor de redacție al revistelor naționale / internaționale (Opțional)

✓ Viorel Bostan, dr. hab. Profesor:

Membru al Consiliilor de susținere a tezelor de doctor și doctor habilitat (2016-prezent).
Redactor șef al revistei tehnico-științifice „Journal of Engineering Sciences (JES)” (2018-prezent). Expert național al Republicii Moldova în domeniu „Spațiu” al programului Horizon 2020, UE.

✓ Oleg Lupan, dr. hab., professor:

Honorable Editor, <https://biomedgrid.com/honorable-editors.php>, al revistei **American Journal of Biomedical Science & Research** cu factor de impact ISI 1.042, ISSN: 2642-1747 din SUA.

Editorial Board Member și la alte 10 reviste naționale și internaționale, după cum urmează:

Journal of Engineering Science / Editorial Board UTM

ISSN 2587-3474 / E-ISSN 2587-3482

<https://jes.utm.md/editorial-board/>

Materials Science in Semiconductor Processing, Impact Factor: 3.085 Elsevier / Editorial Board

<https://www.journals.elsevier.com/materials-science-in-semiconductor-processing/editorial-board/professor-oleg-lupan>

Journal of Electronics Cooling and Thermal Control, Impact Factor: 0.52 Scientific research / Editorial Board <https://www.scirp.org/journal/editorialboard.aspx?journalid=691>

Journal of Industrial Electronics and Applications / Editorial Board Member

https://www.scitechnol.com/editor-profile/Oleg_Lupan_PhD/

Nanomaterials and Nanotechnology / Editorial Board / Associate Editors

<https://journals.sagepub.com/editorial-board/nax>

Journal of Nanotechnology / Editorial Board

<https://www.hindawi.com/journals/jnt/editors/>

Journal of Sensors / Editorial Board / Academic Editors

<https://www.hindawi.com/journals/js/editors/>

Applied Sciences, Impact Factor: 2.474 MDPI / Editorial Board Member

<https://www.mdpi.com/journal/applsci/editors#editorialboard>

Journal of Nano- and Electronic Physics / Editorial Board

<https://jnep.sumdu.edu.ua/en/component/main/editors>

18 Rezumatul activității și a rezultatelor obținute în proiect (obligatoriu).

Planul calendaristic pentru anul 2022 a fost realizat complet. Pe parcursul anului curent s-a reușit realizarea majorității activităților planificate în proiect și s-au obținut importante rezultate:

✓ Lansarea TUMnanoSAT și plasarea TUMnanoSAT pe orbită LEO de la Stația Spațială Internațională: pe 15 iulie 2022 satelitul a fost lansat în spațiu, fiind transportat la Stația Spațială Internațională cu racheta Falcon 9 a companiei SpaceX, iar pe 12 august 2022 la ora 12:45 s-a produs plasarea pe orbita terestră de către astronauții de la Stația Spațială Internațională;

✓ Datele telemetrice ale "TUMnanoSAT" obținute cu platforma de comunicare cu nanosateliți de la stația terestră telemetrică: aceste date prezintă baliza telemetrică a TUMnanoSAT, care este decodificată și analizată pentru a determina starea generală a nanosatelitului; decodificarea datelor telemetrice se efectuează cu ajutorul aplicațiilor de pe platforma stației terestre, dezvoltată de Centrul Tehnologii Spațiale UTM.

✓ Noi arhitecturi a calculatorului de bord pentru nanosateliții seriei TUMnanoSAT: în baza determinării cerințelor pentru computerul de bord pentru asigurarea misiunilor complexe ale nanosateliților s-au elaborat trei arhitecturi, care au o performanță computațională înaltă, capabilă să îndeplinească sarcini complexe și să asigure un consum redus de energie;

✓ Nano-structuri pe substrat din sticlă din CdZnS pentru cercetarea nanosenzorilor în spațiul cosmic, obținute prin metoda sinteza chimică din soluții (SCS) și tratament termic rapid, ce economisește bugetul termic necesar pentru procesul tehnologic;

✓ Structură nouă mecanică pentru seria de nanosateliți în format 2U, capabilă să asigure mărirea sarcinii utile și dotarea nanosatelitului cu un sistem dedicat de orientarea spațială precisă.

Lansarea „TUMnanoSAT” reprezintă prima experiență spațială pentru R. Moldova, într-o cooperare internațională, Universitatea Tehnică a Moldovei, fiind selectată de către Agenția Aerospațială a Japoniei (JAXA) și Oficiul Națiunilor Unite pentru Spațiu (UNOOSA) pentru Programul KiboCUBE, în scopul lansării gratuite pe orbită în spațiu a nanosatelitului TUMnanoSAT de pe Stația Spațială Internațională.

Considerăm că rezultatele prezentate sunt de mare interes științific și practic pentru comunitate și pot reprezenta un pas esențial în domeniul electronicii, comunicațiilor, mecanicii fine și nanotehnologiilor pentru diverse aplicații practice. Realizarea proiectului v-a avea o influență pozitivă asupra industriei și comunicațiilor în Republica Moldova, astfel implicând proiecte noi atât naționale, cât și internaționale. Astfel va deveni posibilă cooperarea cu echipe internaționale pentru o dezvoltare mai rapidă și atragere atât a investițiilor străine, cât și a studenților, masteranzilor și doctorilor în activitatea științifică.

The calendar plan for the year 2022 has been fully realized. During the current year, most of the activities planned in the project were carried out and important results were obtained:

✓ Launch of TUMnanoSAT and placement of TUMnanoSAT into LEO orbit from the International Space Station: on July 15, 2022, the satellite was launched into space, being transported to the International Space Station by SpaceX's Falcon 9 rocket, and on August 12, 2022 at 12:45 p.m. was placed into Earth orbit by astronauts from the International Space Station;


✓ Telemetry data of "TUMnanoSAT" obtained with the nanosatellite communication platform from the telemetry ground station: this data presents the telemetry beacon of TUMnanoSAT, which is decoded and analyzed to determine the general status of the nanosatellite; decoding of telemetric data is carried out with the help of applications on the ground station platform, developed by the UTM Space Technologies Center.

- ✓ New on-board computer architectures for nanosatellites of the TUMnanoSAT series: based on the determination of on-board computer requirements for ensuring the complex missions of nanosatellites, three architectures have been developed, which have a high computational performance, capable of performing complex tasks and ensuring a consumption low on energy;
- ✓ Nano-structures on a CdZnS glass substrate for the research of nanosensors in outer space, obtained by the solution chemical synthesis (SCS) method and rapid thermal treatment, which saves the thermal budget necessary for the technological process;
- ✓ New mechanical structure for the series of nanosatellites in 2U format, capable of increasing the payload and equipping the nanosatellite with a dedicated system for precise spatial orientation.

The launch of "TUMnanoSAT" represents the first space experience for the Republic of Moldova, in an international cooperation, the Technical University of Moldova, being selected by the Japan Aerospace Agency (JAXA) and the United Nations Office for Space (UNOOSA) for the KiboCUBE Program, in order to free launch into space orbit of the TUMnanoSAT nanosatellite from the International Space Station.

We believe that the presented results are of great scientific and practical interest to the community and may represent an essential step in the field of electronics, communications, fine mechanics and nanotechnologies for various practical applications. The realization of the project will have a positive influence on industry and communications in the Republic of Moldova, thus involving new projects both nationally and internationally. Thus, it will become possible to cooperate with international teams for a faster development and attraction of both foreign investments and students, masters and doctors in scientific activity.

19 Recomandări, propuneri

Conducătorul de proiect  / dr. hab., profesor, Viorel Bostan /



**Lista lucrărilor științifice, științifico-metodice și didactice
publicate în anul de referință în cadrul proiectului din Programul de Stat
„Elaborarea și lansarea seriei de nanosateliți cu misiuni de cercetare**

**de pe Stația Spațială Internațională, monitorizarea, postoperarea lor și promovarea tehnologiilor
spatiale”, 20.80009.5007.09**

1. **Monografii** (recomandate spre editare de consiliul științific/senatul organizației din domeniile cercetării și inovării)
 - 1.1. monografii internaționale
 - 1.2. monografii naționale
 - ✓ Viorel Bostan, Ion Bostan, Valentin Ilco, Vladimir Melnic, Alexei Martiniuc, Vladimir Vărzaru, , Nicolae Secrieru, Marin Guțu, Oleg Lupan, Valeri Verjbițki, Nicolae Magariu. Programul KIBOCUBE: Provocările și experiența Universității Tehnice din Moldova în dezvoltarea nanosateliților. – Chișinău: Bons Office, 2022, 220 p. (*în curs de editare*).
2. **Capitole în monografii naționale/internaționale**
3. **Editor culegere de articole, materiale ale conferințelor naționale/internaționale**
4. **Articole în reviste științifice**
 - 4.1. în reviste din bazele de date Web of Science și SCOPUS (cu indicarea factorului de impact IF)
 - ✓ Cristian Lupan, Abhishek Kumar Mishra, Niklas Wolff, Jonas Drewes, Helge Krüger, Alexander Vahl, Oleg Lupan, Thierry Pauporté, Bruno Viana, Lorenz Kienle, Rainer Adelung, Nora H de Leeuw, and Sandra Hansen, *Nanosensors Based on a Single ZnO:Eu Nanowire for Hydrogen Gas Sensing for Battery Application* ACS Appl. Mater. Interfaces 2022, 14, 36, 41196–41207, factor de impact 10,3. - <https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/acsami.2c10975>
 - 4.2. în alte reviste din străinătate recunoscute
 - 4.3. în reviste din Registrul National al revistelor de profil, cu indicarea categoriei
 - 4.4. în alte reviste naționale
 - ✓ Viorel Bostan, Ion Bostan, Valentin Ilco, Vladimir Melnic, Alexei Martiniuc, Vladimir Vărzaru, , Nicolae Secrieru, Marin Guțu, Oleg Lupan, Valeri Verjbițki, Nicolae Magariu. O privire asupra experienței de la Universitatea Tehnică din Moldova în dezvoltarea nanosatelitului TUMnanoSAT. – In: *Fizica și Tehnologii Moderne*, V. 20, nr. 3-4 (69-70), 2022. ISSN 1810-6498 (*în curs de editare*).
5. **Articole în culegeri științifice naționale/internaționale**
 - 5.1. culegeri de lucrări științifice editate peste hotare
 - 5.2. culegeri de lucrări științifice editate în Republica Moldova
6. **Articole în materiale ale conferințelor științifice**
 - 6.1. în lucrările conferințelor științifice internaționale (peste hotare)
 - 6.2. în lucrările conferințelor științifice internaționale (Republica Moldova)
 - 6.3. în lucrările conferințelor științifice naționale cu participare internațională
 - 6.4. în lucrările conferințelor științifice naționale

7. Teze ale conferințelor științifice

7.1. în lucrările conferințelor științifice internaționale (peste hotare)

- ✓ Oleg Lupan, Nicolae Magariu, Helge Krüger, Alexandr Sereacov, Nicolai Ababii, Serghei Railean, Lukas Zimoch, Rainer Adelung, Sandra Hansen *Nano-Heterostructured Materials - Based Sensors for Safety and Biomedical Applications* 2022 IEEE 12th International Conference “Nanomaterials: Applications & Properties” (IEEE NAP-2022) , Krakow, Polonia, 11-16 Septembrie, 2022. - <https://ieeenap.org/book-of-abstract/>
- ✓ Viorel Bostan, Valentin Ilco, Vladimir Melnic, Alexei Martiniuc, Vladimir Vărzaru, Nicolae Secieru. *Blending Training of Students and Promotion of Space Technologies by Designing Satellite Communications*. - In: ICONST EST 2022, International Conferences on Science and Technology Engineering Science and Technology, September 7-9, 2022 in Budva, MONTENEGRO: ABSTRACTS & PROCEEDINGS BOOK, pp. 72-81. - www.iconst.org/Page/GetPdf?filename=iconst_est_2022_book.pdf

7.2. în lucrările conferințelor științifice internaționale (Republica Moldova)

- ✓ Oleg Lupan, *Nanosensors and sensors based on heterostructured materials for safety and biomedical applications*. - The 12th International Conference on Electronics, Communications and Computing *IC ECCO-2022* - <https://doi.org/10.52326/ic-ecco.2022/>.
- ✓ Valeri Verjbițchi, Alexei Martiniuc, *The method of measuring the parameters of nanostructured sensors* - The 12th International Conference on Electronics, Communications and Computing *IC ECCO-2022* - <https://doi.org/10.52326/ic-ecco.2022/>.
- ✓ Viorel BOSTAN, Alexei MARTINIUC, Nicolae SECRIERU, Vladimir VĂRZARU, Vladimir MELNIC, Valentin ILCO. The evaluation of the on-board computer architecture for TUMnanoSAT series of nanosatellites for carrying out missions. - - The 12th International Conference on Electronics, Communications and Computing *IC ECCO-2022* - <https://doi.org/10.52326/ic-ecco.2022/>.
- ✓ Irina Cojuhari, Vladimir Melnic. The PID Tuning Procedure for Performance Optimization of the Underdamped Second-Order Processes. - - The 12th International Conference on Electronics, Communications and Computing *IC ECCO-2022* - <https://doi.org/10.52326/ic-ecco.2022/>
- ✓ Irina Cojuhari, Vladimir Melnic. Tuning the Fuzzy Controller for Speed Control of the DC Motor. - The 12th International Conference on Electronics, Communications and Computing *IC ECCO-2022* - <https://doi.org/10.52326/ic-ecco.2022/>.

7.3. în lucrările conferințelor științifice naționale cu participare internațională

7.4. în lucrările conferințelor științifice naționale

- ✓ Dinu Litra; Cristian Lupan, *Cercetarea nanostructurilor oxizilor micști de Zn-Cu pentru senzori*. In: Conferința tehnico-științifică a studenților, masteranzilor și doctoranzilor. Vol.1, 29-31 martie 2022, Chișinău. Chișinău, Republica Moldova: Tehnica-UTM, 2022, pp. 214-216. ISBN 978-9975-45-828-3.
- ✓ Dumitru Nuca, “Contribuții cu privire la realizarea modelului cvasigeoidului pentru teritoriul Republicii Moldova”. In: Conferința tehnico-științifică a studenților, masteranzilor și doctoranzilor, 29-31 martie 2022.

8. Alte lucrări științifice (recomandate spre editare de o instituție acreditată în domeniu)

8.1. cărți (cu caracter informativ)

8.2. enciclopedii, dicționare

8.3. atlase, hărți, albume, cataloage, tabele etc. (ca produse ale cercetării științifice)

9. Brevete de invenții și alte obiecte de proprietate intelectuală, materiale la saloanele de invenții

- ✓ Viorel BOSTAN, Valentin ILCO, Alexei MARTÎNIUC, Vladimir VĂRZARU, Oleg LUPAN, Valeriu VERBIȚCHI, Nicolae MAGARIU, Vladimir MELNIC "TUMnanoSAT's satellite modules for research of the nanosensors properties in space radiation conditions", 14th European Exhibition of Creativity And Innovation EuroINVENT 2022 din 26.05.2022 – 28.05.2022 - https://www.euroinvent.org/cat/EUROINVENT_2022.pdf
- ✓ Viorel BOSTAN, Ion BOSTAN, Valentin ILCO, Vladimir MELNIC, Alexei MARTÎNIUC, Vladimir VĂRZARU, Nicolae SECRIERU "TUMnanoSAT flight model nanosatellite", 14th European Exhibition of Creativity And Innovation EuroINVENT 2022 din 26.05.2022 – 28.05.2022 - https://www.euroinvent.org/cat/EUROINVENT_2022.pdf
- ✓ Viorel BOSTAN, Ion BOSTAN, Nicolae SECRIERU, Marin GUȚU, Vladimir MELNIC, Valentin ILCO, Alexei MARTÎNIUC. "Structural analysis of the TUMnanoSAT microsatellite", 14th European Exhibition of Creativity And Innovation EuroINVENT 2022 din 26.05.2022 – 28.05.2022 - https://www.euroinvent.org/cat/EUROINVENT_2022.pdf
- ✓ ABABII, N., MAGARIU, N., LUPAN, O. Sensing performance of CuO/Cu₂O/ZnO:Fe heterostructure coated with ultrathin hydrophobic polymer for battery application. - 14th European Exhibition of Creativity and Innovation EUROINVENT 2022, Iasi, Romania, 28 May 2022 - https://www.euroinvent.org/cat/EUROINVENT_2022.pdf

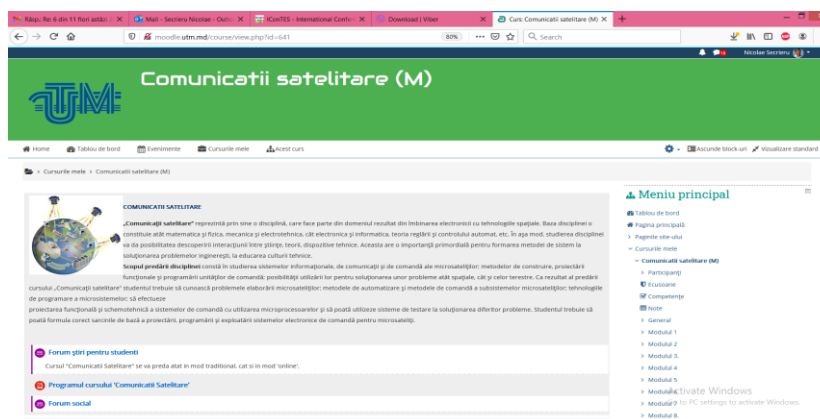
10. Lucrări științifico-metodice și didactice

10.1. manuale pentru învățământul preuniversitar (aprobate de ministerul de resort)

10.2. manuale pentru învățământul universitar (aprobate de consiliul științific /senatul instituției)

10.3. alte lucrări științifico-metodice și didactice:

- Nicolae Secrieru "**Comunicații mobile și prin satelit**" - curs online de prelegeri și proiectare de an pentru ciclul II, master, facultatea Electronică și Telecomunicații - <http://moodle.utm.md/course/view.php?id=641>



- Nicolae Secieru ”*Comunicații mobile și prin satelit*” - curs online pentru lucrari practice și lucrari de laborator pentru ciclul II, master, facultatea Electronică și Telecomunicații - <http://moodle.utm.md/course/view.php?id=494>

The screenshot shows a web browser window displaying a Moodle course page. The browser's address bar shows the URL moodle.utm.md/course/view.php?id=494. The page header features the UTM logo and the course title "SPACE TECHNOLOGIES PRACTICS WITH A NANOSATELLITE". Below the header, there is a navigation menu with options like Home, Tablou de bord, Evenimente, Cursurile mele, and Acest curs. The main content area is titled "SPACE TECHNOLOGIES PRACTICS WITH A NANOSATELLITE" and includes a small image of a satellite component. Below the image, there is a forum post titled "Transforming the Way Students Experience Space Systems Engineering" with a list of "EyesAT Mission Objectives". A right-hand sidebar contains a "Meniu principal" (Main Menu) with various course-related links and a search bar.

Anexa 1B

Executarea devizului de cheltuieli, conform anexei nr. 2.3 din contractul de finanțare (la data raportării)

Cifrul proiectului: 20.80009.5007.09

Denumirea	Cod		Anul de gestiune 2022	
	Eco (k6)	Aprobat	Modificat +/-	Precizat
Remunerarea muncii conform statelor	211180	690,7		690,7
Contribuții și prime de asigurări obligatorii	212100	165,7		165,7
Deplasări de serviciu în interiorul țării	222710			
Deplasări de serviciu peste hotare	222720			
Servicii editoriale	222910	25,0		25,0
Servicii de protocol	222920			
Servicii de cercetări științifice contractate	222930	73,8	-16,9	56,9
Servicii neatribuite altor aliniate	222990	51,3		51,3
Procurarea mașinilor și utilajelor	314110			
Procurarea activelor nemateriale	317110			
Procurarea combustibilului, carburanților și lubrifianților	331110			
Procurarea produselor alimentare	333110			
Procurarea materialelor pentru scopuri didactice, științifice și alte scopuri	335110		+16,9	16,9
Procurarea materiale de uz gospodăresc și rechizite de birou	336110			
Procurarea altor materiale	339110			
TOTAL		1006,5		1006,5

Notă: În tabel se prezintă doar categoriile de cheltuieli din contract ce sunt în execuție și modificările aprobate (după caz)

Prorector U.T.M.


(semnătura)

dr. hab. Vasile TRONCIU

(numele, prenumele)

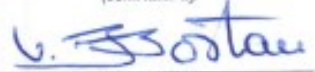
Contabil (economist)


(semnătura)

Victoria IOVU

(numele, prenumele)

Conducătorul de proiect


(semnătura)

dr. hab. Viorel BOSTAN

(numele, prenumele)



Anexa 1C
Componența echipei proiectului

Cifra proiectului 20.80009.5007.09

Echipei proiectului conform contractului de finanțare (la semnarea contractului)						
Nr	Nume, prenume (conform contractului de finanțare)	Anul nașterii	Titlul științific	Norma de muncă conform contractului	Data angajării	Data eliberării
1.	Bostan Viorel	1972	dr. hab.	0,50	03.01.2022	
2.	Lupan Oleg	1971	dr. hab.	0,50	03.01.2022	
3.	Secieru Nicolae	1952	dr.	1,00	03.01.2022	
4.	Vaculenco Maxim	1974	dr.	0,25	03.01.2022	
5.	Guțu Marin	1985	dr.	0,50	03.01.2022	
6.	Cojuhari Irina	1983	dr.	0,25	03.01.2022	
7.	Nuca Dumitru	1992	f-grad	0,50	03.01.2022	
8.	Verjbițki Valeriu	1951	f-grad	0,50	03.01.2022	
9.	Ilco Valentin	1992	f-grad	1,00	03.01.2022	
10.	Gladîș Vitalie	1981	f-grad	0,25	03.01.2022	
11.	Melnic Vladimir	1990	f-grad	0,50	03.01.2022	
12.	Levineț Nicolae	1991	f-grad	0,25	03.01.2022	
13.	Martiniuc Alexei	1993	f-grad	1,00	03.01.2022	
14.	Magariu Nicolae	1992	f-grad	0,50	03.01.2022	
15.	Vârzaru Vladimir	1997	f-grad	1,00	03.01.2022	

Pondere tinerilor (%) din numărul total al executorilor conform contractului de finanțare	60,0
---	-------------

Modificări în componența echipei pe parcursul anului 2022					
Nr	Nume, prenume	Anul nașterii	Titlul științific	Norma de muncă conform contractului	Data angajării
1.					

Pondere tinerilor (%) din numărul total al executorilor la data raportării	60,0
--	-------------

Rector U.T.M.


(semnătura)

dr. hab. Vasile TRONCIU

(numele, prenumele)

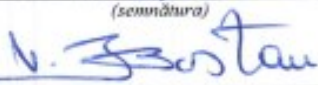
Contabil (economist)


(semnătura)

Victoria IOVU

(numele, prenumele)

Conducătorul de proiect


(semnătura)

dr. hab. Viorel BOSTAN

(numele, prenumele)

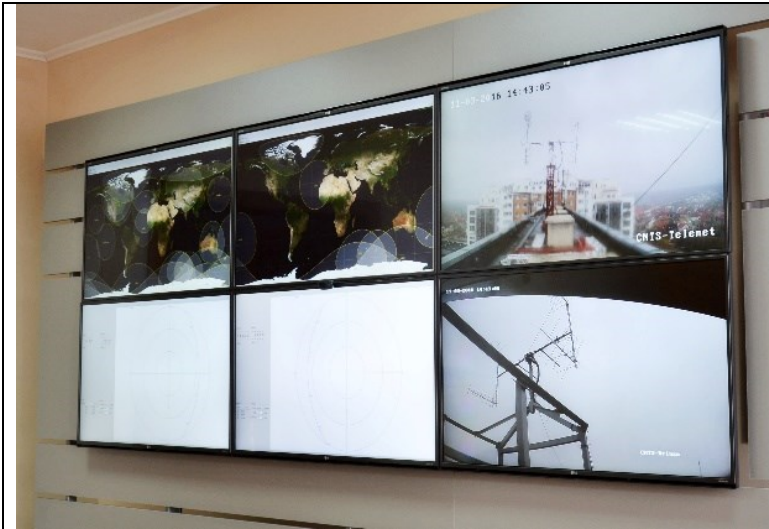


Data:

LS

Anexa 2A

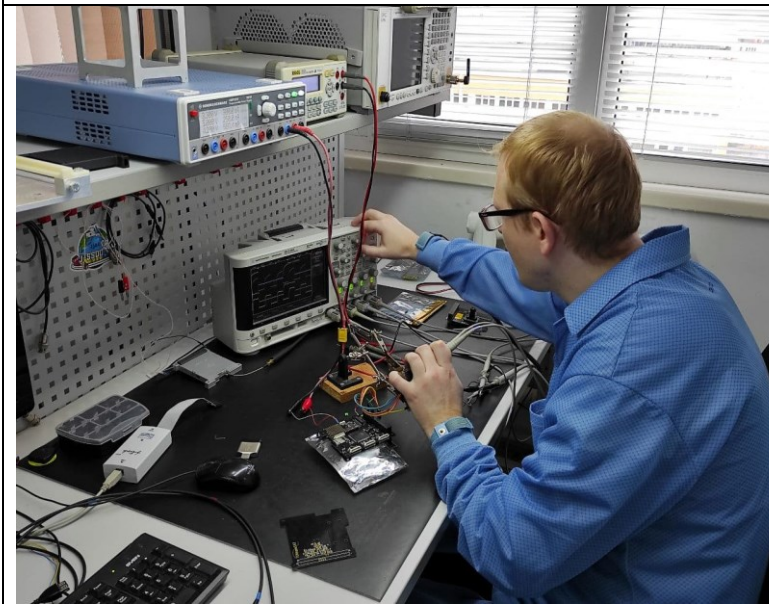
Infrastructura Centrului Național de Tehnologii Spațiale UTM



Centrul de monitorizare și control a zborului sateliților.

Denumirea: Panoul de monitorizare și control a zborului sateliților.

Procedurile de monitorizare și control a zborului sateliților sunt realizate dintr-un singur centru și asigură posibilitatea să realizăm diverse moduri de control: semiautomat, deplin automat cu o singură stație terestră sau mai multe stații și în mod automat planificat pe anumită perioadă pentru o suită de sateliți. Componenta software a centrului asigură managementul datelor pentru a le fuziona din mai multe fluxuri de date telemetrice sau imagini de la satelit, fiind recepționate la stații terestre distribuite geografic.



Laboratorul (camera curată) de asamblare și experimentare a subsistemelor de bord ale microsateiților

Denumirea: Stand de asamblare și experimentare computerizată a subsistemelor ale microsateiților în camera curată.

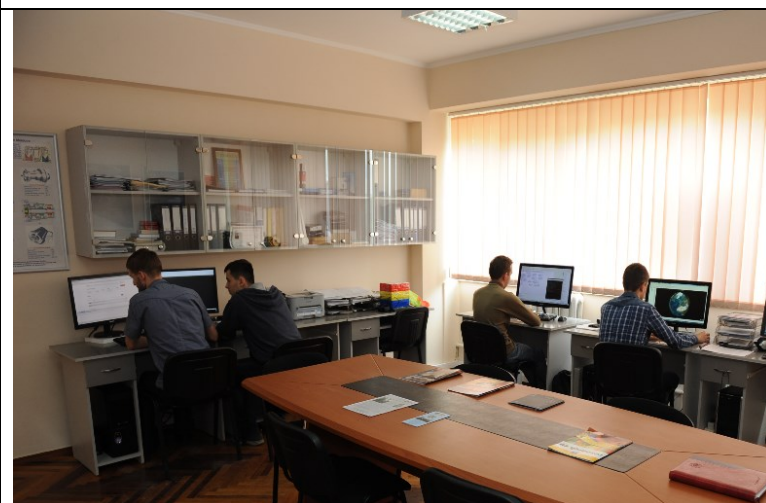
Standul prezintă o platformă antistatică înzestrată cu aparate de măsură: osciloscop digital, multimeter digital, spectroscop, generator de semnale și blocuri de alimentare. Procedurile de testare/verificare sunt executate în mod computerizat, ceea ce majorează eficiența și calitatea lor.



Laboratorul de asamblare și experimentare a subsistemelor de bord a microsateliților.

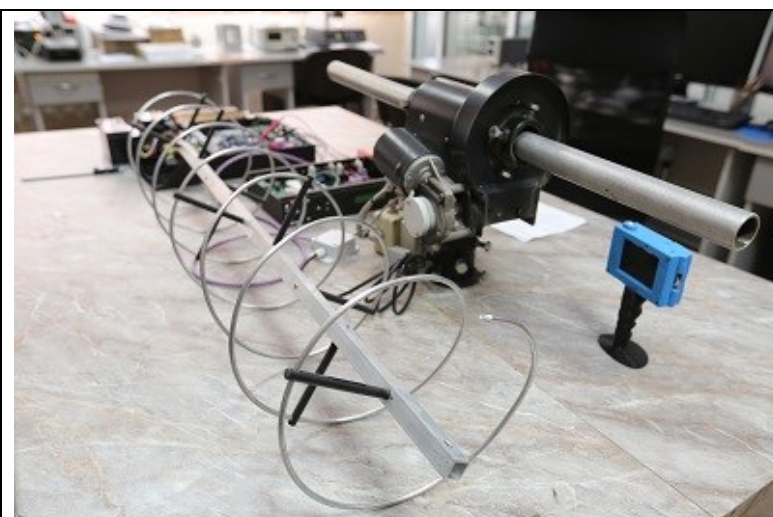
Denumirea: Simulatorul pentru cercetarea experimentală în condiții de laborator a cinematiei și dinamicii microsateliților (MS)

Simulatorul reproduce mișcarea de rotație a satelitului în jurul a 3 axe ale sistemului de referință orbital pentru cercetarea experimentală a intervenției sistemelor de bord asupra orientării MS pe orbită, inclusiv determinarea și calibrarea eforturilor fizice de intervenție dezvoltate de cele două sisteme de bord asupra stabilității și a dinamicii re poziționării MS pe axele sistemului orbital de coordonate. Simulatorul permite cercetarea experimentală a MS în condiții de laborator și în mediu vacuumat de până la 10^{-6} bari (12 μ m Hg). Lacașul simulatorului permite rotirea MS în jurul axelor Ox , Oy , Oz în raport cu sistemul mobil de coordonate și este dotat cu două mecanisme de acționare pentru a-i comunica mișcare de nutație și de precesie la $\varphi=360^\circ$.



Laboratorul „Subsisteme de bord pentru nano și microsateliți” (SBNMS).

Denumirea: Stații de lucru pentru simulare, proiectare sisteme satelitare. Simulări numerice ale sistemelor satelitare. Proiectarea dispozitivelor/modulelor satelitare. Proiectare sistemului de comunicații radio ”satelit-stații terestre”.



Laboratorul de asamblare și experimentare a subsistemelor de bord a microsateliților

Denumirea: Stand experimental de testare a controlului orientării antenelor stațiilor telemetrice de comunicație cu sateliți.

Standul experimental permite verificarea algoritmilor de control a mișcării antenelor pe azimuth și elevație pentru stațiile terestre de comunicație cu sateliți în diverse moduri manual și automat cu predicție în baza datelor orbitale ale sateliților.



Laboratorul de asamblare și experimentare a subsistemelor de bord a microsateliților

Denumirea: Stație de lipit tip IR6500 cu raze Infraroșii

Stația de lipit, IR6500 BGA cu raze Infraroșii poate seta 8 nivele de temperatură în creștere și 8 nivele de temperatură constantă pentru control. Poate salva 10 grupuri de curbe de temperatură simultan. Suportul de tip ghidare liniară cu stâlp de anomalie poate fi fixat, ajustat prin rotirea mânerului, poate fi fixat foarte ușor pe placa PCB, previne efectiv deformarea plăcii PCB. Este utilizată pentru asamblarea modulelor satelitare.



Laboratorul de asamblare și experimentare a subsistemelor de bord a micro/nano-sateliților.

Denumirea: Stație de lipit tip ESRA i-CON 2

Stație de lipit ESRA i-CON 2 cu instrument de lipit și unealtă de pensete pentru sudură. Are soluții inovatoare pentru lipirea manuală inteligentă, care îndeplinește cerințele pentru temperaturile de lucru mai ridicate și fereastra de proces din ce în ce mai mică a proceselor de lipire fără plumb.



Laboratorul de asamblare și experimentare a subsistemelor de bord a microsateleților

Denumirea: Platformă pentru cercetarea atitudinii microsateleților în câmp magnetic similar condițiilor orbitale.

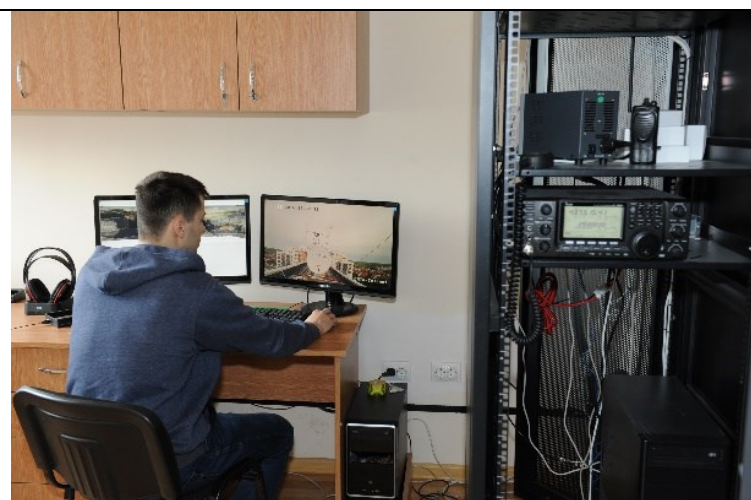
Platforma de simulare magnetică propusă prezintă o construcție cubică cu muchia de 160cm și are la baza funcționării bobine Helmholtz. Câmpul magnetic generat are o intensitate maximă de 200 μ T care este suficient pentru crearea condițiilor de simulare a câmpului geomagnetic. Sistemul este capabil să modifice componentele câmpului magnetic la fiecare 0, 1 secunde cu precizia de 10 nT. Platforma permite cercetarea și validarea algoritmilor de control atitudine a nanosateleților, atât în mode static, cât și dynamic, generând câmpul magnetic identic cu cel din fiecare punct al orbitei solicitate.



Stația de comunicații telemetrice (SCT) (Chișinău)

Denumirea: Echipament recepție/emisie radio, cluster de antene, calculator + server de comandă., Elaborat la CNTS, 2013

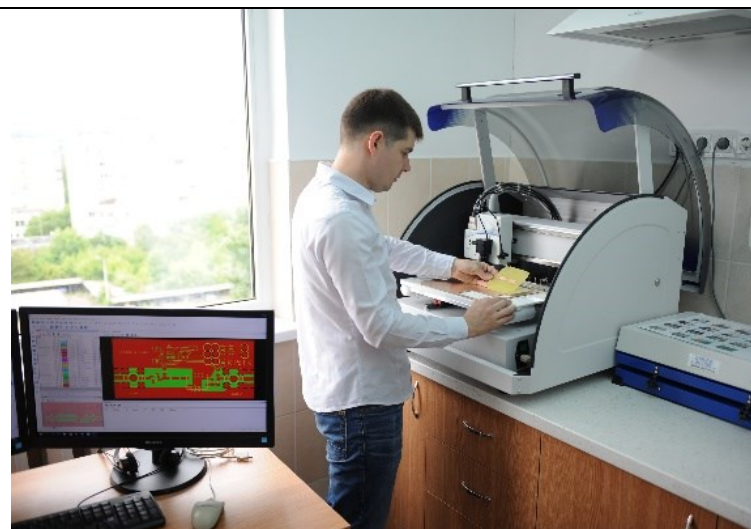
Antenele, montate pe catarg, sunt conectate cu un cablu ecoflex RF la LNA (amplificatoare cu zgomot redus). X-Quad 70cm și X-Quad 2m la LNA SP70 și respectiv LNA SP200. Următorul nod conectat de la LNA este format din relee coaxiale care împart semnalul pentru alimentarea acestuia în ICOM IC-9100 și USRP B200 / E310 pentru a fi procesate în continuare.



Stația de comunicații telemetrice (SCT) (Brânza, Cahul)

Denumirea: Echipament recepție/emisie radio, cluster de antene, calculator + server de comandă., Elaborat la CNTS, 2016

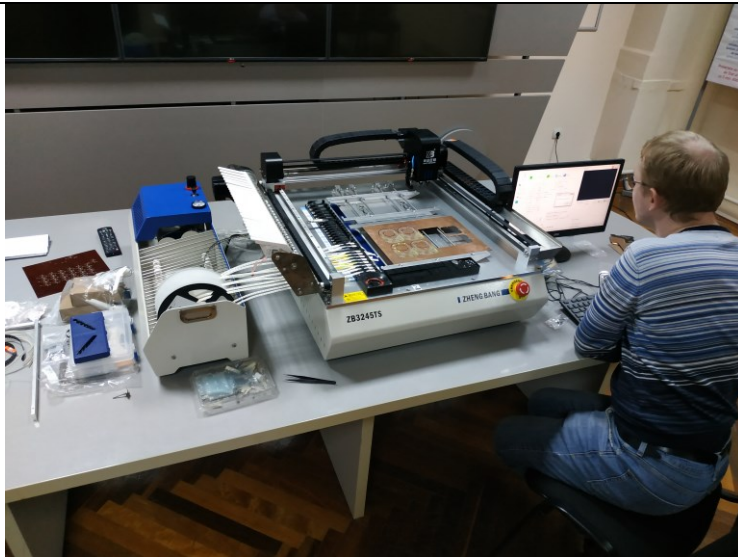
Antenele, montate pe catarg, sunt conectate cu un cablu ecoflex RF la LNA (amplificatoare cu zgomot redus). X-Quad 70cm și X-Quad 2m la LNA SP70 și respectiv LNA SP200. Următorul nod conectat de la LNA este format din relee coaxiale care împart semnalul pentru alimentarea acestuia în ICOM IC-9100 și USRP B200 / E310 pentru a fi procesate în continuare.



Platforma proiectare-fabricare a modulelor satelitare.

Denumire: Stație de prototipare PCB modulelor electronice LPKF – 103.

Platforma este dotată cu stații performante de proiectare asistate de calculator, de simulare computerizată a proceselor cinematice și dinamice ale MS la stadiile de proiectare, experimentare și în perspectivă de lansare a MS., iar fabricarea plachetelor cu cablaj imprimat se realizează la utilaj de prototipare modelul LPKF-S 103 cu operare prin Soft Circuit PRO.



Platforma proiectare-fabricare a modulelor satelitare.

Denumire: Zheng Bang ZB3245TS: mașină de amplasare automatizată plăcilor PCB cu componente electronice cu montaj SMT. Este potrivită pentru prototipuri și volume mici de producție. Datorită sistemului de control vizual asistat de calculator cu două camere video (una pentru determinarea orientării componentului, alta pentru determinarea orientării plăcii PCB) permite determinarea poziției și orientării precise a componentelor pe placa PCB.

Echipament procurat în 2022.



Platforma proiectare-fabricare a modulelor satelitare.

Denumire: ZBRF-630: cuptor cu convecție cu bandă rulantă integrată pentru lipirea componentelor cu montare SMT pe plăci PCB prin metoda reflow soldering. Are 6 zone de temperatură complet programabile cu senzori individuali (trei sus și trei jos) precum și controlul vitezei de rulare a benzii. Cuptorul este dotat cu sistem de convecție activă pentru distribuția cât mai uniformă a temperaturii. Controlul de către operator este realizat cu ajutorul unui panou de afisare touch și două butoane (pornire și oprire de avarie).

Echipament procurat în 2022.