

Rezumat Rezultate

În această etapă, etapa 2, etapă finală a proiectului dedicat dezvoltării unei platforme inovatoare de iradiere cu ioni pentru explorarea rezistenței nano-sateliților la radiațiile spațiale, au fost realizate toate activitățile propuse. Aceste activități au fost esențiale pentru dezvoltarea și finalizarea platformei. Au fost realizate scanări de tip CT ale dispozitivelor electronice înainte și după iradierea ionică. Scanările de tip CT sunt importante pentru a putea testa nedistructiv dispozitivele electronice testate, din punct de vedere al identificării unor posibile micro-fisuri care ar putea apărea la impactul cu fasciculele de ioni, evaluarea degradării conexiunilor și a firelor de conexiune. De asemenea am folosit scanările de tip CT pentru verificarea înlăturării, decapării stratului de rășină expoxidică care protejează microchipurile. În cazul dozelor de iradiere folosite de noi nu s-au constatat modificări ale componentelor electronice. Am realizat punerea în funcțiune a sistemului prin monitorizarea în timp real a răspunsului componentelor nanosateliților CARD-SAT expuse la diferite condiții extreme (de exemplu, doză și flux mare de ioni). Pentru acest lucru am folosit pentru început microcontrolerul ATmega328P-AU, folosit de nanosatelitul CARD-SAT. Acesta este un microcontroler pe 8 biți produs de Microchip Technology, componenta de bază din spatele dezvoltării plăcilor Arduino Uno, etc. După toate experimentele de testare cu fasciculul de ioni (protoni cu energia de 5 MeV) în laboratorul din cadrul acceleratorului de 3 MV Tandetron, a componentelor nano-satelitului CARD-SAT, am ajuns și la elaborarea unui protocol universal pentru testarea durității la radiații a electronicii nanosateliților. Am organizat de asemenea o vizită de tipul porți deschise pentru 1 zi a grupului nostru de cercetare pentru un grup de 10 studenți. Rezultatele științifice obținute în această etapă finală au fost diseminate în cadrul comunității științifice prin participări la conferințe științifice, atât la nivel național cât și internațional, participarea la contribuind la validarea direcțiilor de cercetare și la inițierea unor posibile colaborări. De asemenea diseminare rezultatelor proiectului s-a realizat și prin intermediul partenerului MAZAROM, ca expozant la Metal Show & TIB 2026. Etapa curentă a reprezentat validarea platformei SPACERAD, prin faza de testare efectivă în laborator a componentelor electronice ale nanosateliților CARDSAT în fascicul, lucru care constituie și atingerea nivelului TRL 4 al proiectului.

Diseminarea rezultatelor

Diseminarea rezultatelor din cadrul acestei etape finale s-a realizat prin participarea la conferințe științifice naționale și internaționale, prin organizarea unui eveniment de tip Ziua Porților deschise, “Open Day”, dedicat studenților și prin participarea partenerului Mazarom, ca expozant, la Metal Show TIB, 12-15 mai 2026. Acestea sunt listate mai jos.

Conferințe naționale:

1. **I. Burducea**, M. Lechintan, M. Focsaneanu, M. Petruneac, C. Burducea, P. Mereuta, R. Andrei, A. Bizoi, A. Hotnog, D. Iancu, D. Ghita, G. Velisa, M. Straticiuc, A. Totu, C. Gogu, *Current status of The Innovative Ion irradiation Platform for Exploring Nano-*

Satellites Resilience to Space Radiation, Bucharest University Faculty of Physics 2026 Meeting, May 22nd 2026, Magurele. **prezentare orală.**

Conferințe internaționale:

1. **I. Burducea**, D. Iancu, M. Straticiuc, A. Hotnog, C. Burducea, P. Mereuta, M. Focsaneanu, G. Velisa, *Sequential Proton and Heavy-Ion Irradiation of Si and Ge Crystals: Toward a Radiation Hardness Testing Platform for Microelectronic Devices*, The 24th International Conference on Ion Beam Modification of Materials (IBMM-24), June 21 – June 26, 2026, Helsinki, Finlanda – **prezentare poster.**

Articole științifice

1 articol științific publicat în revistă cotate ISI: A.T. Hotnog, M. Petruneac, M. Focșăneanu, R.F. Andrei, M. Lechințan, D.A. Iancu, D.G. Ghiță, G. Velișă, M. Straticiuc, A. Totu, C. Gogu, **I. Burducea**, *Design and Implementation of an Ion Irradiation Platform for Radiation Hardness Testing at the 3 MV Tandetron™ from IFIN-HH*, **Romanian Journal of Physics** 71, 303 (2026), I.F.: 1,7

1 articol științific se află în evaluare la recenzori: *Damage and recovery in crystalline silicon under complex irradiation spectrum*, Nuclear Inst. and Methods in Physics Research, B, 2026.

Tot ca parte de diseminare, ținem să menționăm postările pe pagina Meta(Facebook) a departamentului nostru cu statusul proiectului: <https://www.facebook.com/DFNA.IFIN.HH/>, dar și a institutului IFIN-HH.

<https://www.facebook.com/share/p/1NQuyRQtvo/>

<https://www.facebook.com/share/p/1E1w21Md7f/>

<https://www.facebook.com/share/p/1FLaUcr5DV/>

<https://www.facebook.com/share/p/18vaGiWC9H/>



IFIN-HH is 😊 feeling grateful at **University of Helsinki**. ...

July 1 at 8:11 PM · Helsinki, Finland · 🌐

The 24th edition of the Ion Beam Modification of Materials conference (IBMM-24, <https://www.helsinki.fi/en/conferences/ibmm-2026>) brought together worldwide scientists at the **University of Helsinki**.

The elections for new members of the International Committee gave us the opportunity to have the first Romanian representative in this distinguished community, in the person of Gihan Velişa, from **Applied Nuclear Physics Department - DFNA**.

Andrei Hotnog and Burducea Ion attended IBMM for the first time, but they felt the attraction of this vivid field and promised to return.

[#ionbeamsforapplications](#) [#materialsforabetterfuture](#)
[#IBMMcommunity](#) See less



Metal Show TIB, 12-15 mai 2026

În perioada 12-15 mai 2026, partenerul Mazarom a participat ca Expozant la Metal Show-TIB (<https://metalshow-tib.ro/>), stand 135A, hala B2, unde au expus și un roll-up de prezentare a platformei SPACERAD, conform planului de realizare a proiectului.



Găsirea și aplicarea pentru noi apeluri pentru a avansa nivelul TRL al sistemului.

Pentru a avansa nivelul TRL al sistemului s-a avut în vedere găsirea și aplicarea la noi apeluri de proiecte. Astfel tot împreună cu firma MAZAROM, am depus proiectul “Standards-based Radiation Dosimetry for Ultra-reliable Space Technologies Bridging the gap between device level testing and in-orbit performance”, în cadrul competiției ELI-RO C1 2025, directorul de proiect a fost dr. Dan Gabriel Ghiță, membru al proiectului de față. Scorul obținut de 85 de puncte nu a dus din păcate la acceptarea spre finanțare a proiectului. (<https://www.ifa-mg.ro/eli/docs/2025/Lista%20proiecte%20FINALA%20Competitia%20C1%20ELI-RO%202025.pdf>). De asemenea am efectuat, cu o parte din membrii echipei SPACERAD, două vizite la ROSA (Agenția Spațială Română), unde ne-am arătat interesul de a depune un proiect de cercetare. Am participat de asemenea la două sesiuni de informare susținute de reprezentanții ESA (European Space Agency), în 2025 și în 2026, a posibilităților de finanțare oferite de către aceștia. Acestea s-au desfășurat în cadrul Sălii Senatului din cadrul UNSTPB (Universitatea Națională de Știință și Tehnologie Politehnica București).

Organizarea unei vizite deschise pentru 1 zi a grupului nostru de cercetare pentru un grup de studenți (10 persoane).

Evenimentul a fost gândit ca o oportunitate pentru studenții de profil fizică/inginerie pentru a lua contact cu cercetarea aplicată. Au vizitat infrastructura noastră, acceleratorul Tandetron 3 MV, le-a am prezentat proiectului nostru de cercetare și au avut parte și de o activitate practică în care au lipit efectiv pe o placuță PCB diverse componente electronice (condensatori, rezistențe, etc), care după o instalare și lipire corectă a acestora ducea la funcționarea unui ceas digital bazat pe un microcontroler. Am vizat studenții de licență pentru a-i atrage spre stagii în grupul nostru sau alegerea unei lucrări de licență, subiect de cercetare. Evenimentul a fost diseminat pe pagina de Facebook a departamentului nostru, pe e-mail, în cadrul conferinței naționale “Bucharest University Faculty of Physics Meeting 2025/2026”, etc. Numărul efectiv a fost de zece participanți, 7 studenți în anul 1 și 3 studenți masteranzi, toți din cadrul facultății de fizică, exact cât am și vizat, lucru ce ne-a permis o mai bună interacție cu aceștia. La finalul evenimentului au fost foarte încântați de participarea la acest eveniment și ne-au spus că vor participa și la următoarele evenimente asemănătoare la care și-ar dori să fie un număr chiar mai mare de participanți. Câțiva studenți s-au arătat interesați și de posibilitățile efectuării unor stagii de practică în cadrul departamentului nostru.



Applied Nuclear Physics Department - DFNA is at IFI...



May 25 · Magurele · 🌐

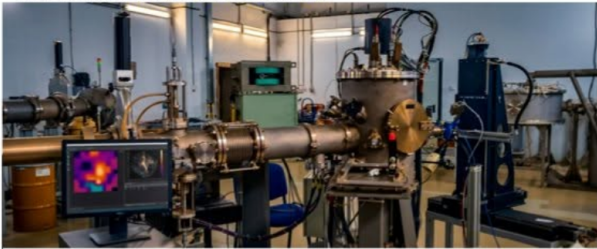
Open Day visit at the 3 MV Tandetron Accelerator [IFIN-HH](#)!
5th of June 2026... [See more](#)

OPEN DAY VISIT
for Physics
&Engineering
STUDENTS !!
5th of June, 2026
09:00 AM - 2:00 PM

**3 MV Tandetron Laboratory
@IFIN-HH**



Apply here: <https://forms.gle/2Pk3LX9QPCwZ5Wp7>



- Please note that in order to have an immersive visit the number of participants is limited to 10!
- What you will do: visit the Tandetron accelerators, listen to the presentation of the facilities, find out about possible Bachelor's, Master's subjects, have lunch and participate in a hands-on activity.

This work was supported by a grant of the Ministry of Research, Innovation and Digitization, CCCDI - UEFISCDI, project number PN-IV-P7-7.1-PED-2024-2029/53PFD, within PNCDI IV. The National Research Program "Nucleu", Project code PN 23210201/2023 and IOSIN are also acknowledged.

26

5



Protocol universal de testare la radiații (protoni) a electronicii pentru nanosateliți

1. Scop și domeniu de aplicare

Evaluarea comportamentului componentelor electronice (de exemplu: ATmega328P-AU, senzori MCP9808_msop, etc.), destinate misiunilor de tip CubeSat/Nanosatelit, sub acțiunea dozei totale ionizante (TID) și a efectelor de tip eveniment singular (SEE) induse de un fascicul de protoni extrași în aer, a degradării parametrilor electrici sub iradiere, a limitei de funcționare și a mecanismelor de defectare.

2. Etapa pre-iradiere (preparare și caracterizare)

2.1. Pregătirea fizică a probelor/componentelor

Identificarea: pentru fiecare componentă/probă se vor nota/înregistra codul acestora, producătorul, lotul, tehnologia de fabricație, data fabricației, funcția în nanosatelit.

Decapsularea selectivă: pentru fasciculul de protoni cu energia cuprinsă în intervalul (2.5 – 5 MeV), parcursul acestora în materie (peak-ul Bragg) este de ordinul zecilor sau sutelor de micrometri. Componentele care sunt protejate printr-o rășină epoxidică de ordinul mm trebuie decapsulate chimic sau mecanic pe fața superioară pentru a expune direct pastila de siliciu (*die*). Se recomandă decapsularea doar deasupra pastilei de Si, evitarea deteriorării firelor de legătură, verificarea microscopică sau mai precis folosirea tomografia cu raze X înainte, pe parcursul și la finalul decapsulării. Se va documenta acest proces, se vor realiza fotografii înainte și după decapsulare.

Număr minim probe: minimum 2-3 probe/componentă ce urmează a fi iradiate, probă martor neiradiată, probe pentru TID, SEE, etc.

Mascarea geometrică: se proiectează și se instalează o mască care să permită doar iradierea componentei dorite iar restul componentelor/plăcii electronice să nu fie afectată de fasciculul de ioni/protoni, din material de ecranare de înaltă densitate (ex: wolfram/tantal sau plumb, iar grosimea să fie calculată pentru stoparea completă a protonilor de 5 MeV). În anumite cazuri poate fi realizată și din polietilenă prin ajutorul printării 3D. Masca va avea o fantă aplicată **strict deasupra microcipului/componentei electronice vizate**, protejând componentele pasive și pinii de legătură învecinați de pe PCB. Pentru fiecare componentă se va realiza o mască individuală pentru expunerea exclusivă a pastilei de Si și asigurarea reproductibilității.

2.2. Caracterizarea electrică inițială

Se măsoară parametri nominali de funcționare ai componentei la cald/rece (curenți de consum, acuratețe senzori, frecvență, consum, integritate memorie Flash/SRAM). Se realizează un test funcțional complet, se rulează un autotest, benchmark, etc.

3. Configurarea platformei de iradiere

3.1. Alinierea pe axe x-y-z: se montează placa de test pe sistemul de poziționare micrometric pe 3 axe; se utilizează un laser de aliniere corelat cu sistemul mecanic pentru a centra perfect microcipul/componentă electronică decapsulat/-ă (fanta măștii) pe axa centrală a fasciculului de protoni extrași în aer.

3.2 Caracterizarea fascicului de ioni (protoni): se va folosi o energie a fascicului de ioni în funcție de grosimea structurii investigate (2-5 MeV), grosime cunoscută apriori sau determinată prin folosirea tomografului CT; se vor face simulări folosind codul SRIM/TRIM pentru a determina parcursul ionilor în materie.

3.3 Dozimetria/uniformitate de profil (2D): se plasează filme radiocromice (ex: Gafchromic HD V2, EBT-XD, etc.) pe mască sau în planul imediat adiacent pentru a valida omogenitatea fascicului și suprafața spotului iradiat. Dacă nu este îndeplinită se reajustează fasciculul de ioni.

3.4 Monitorizarea condițiilor ambientale: se monitorizează temperatura ambientală, umiditatea, presiunea. Camera de termoviziune se focalizează pe componentă în timpul iradierii cu protoni pentru a detecta în timp real supraîncălzirea indusă de fascicul sau un scurtcircuit catastrofal (latch-up termic). Dacă temperatura în timpul iradierii depășește 10 grade C atunci se va reduce fluxul de ioni și eventual se poate face o pauză de răcire.

4. Profile și posibilități de iradiere

În funcție de orbita nanosatelitului (LEO, MEO) și de componenta testată, se selectează unul dintre următoarele trei profile din platformă:

Profil de test	Energie fascicul (MeV)	Flux ioni (p/cm ² s)	Debit de doză (Gy/min)	Obiectiv principal
Profilul nr. 1	5	$10^6 - 10^7$	1 – 10	Evaluarea degradării parametrice cumulative în timp (acumulare de goluri în oxizi).
Profilul nr. 2	2.5 – 5	$10^8 - 10^{10}$	10 – 100	Monitorizarea erorilor tranzitorii (bit-flips în sram, blocaje logice în mcu).
Profilul nr. 3	5	10^{11}	≥ 700	Determinarea pragului critic de distrugere fizică și burnout termic.

5. Monitorizare în timp real și post-iradiere

5.1. Protocolul de testare în timp real (in-situ testing)

1. Se pornește achiziția de date electrice a componentei (test funcțional în buclă continuă).
2. Se scoate cupa Faraday din panoul de comandă al acceleratorului 3 MV Tandetron pentru a permite fasciculului de protoni la energia și fluxul programate să ajungă pe probă/componentă.
3. Monitorizare termică: Dacă temperatura înregistrată de camera de termoviziune crește brusc cu mai mult de 15°C peste temperatura ambientală (semn de *Single Event Latch-up* permanent), alimentarea componentei se oprește pentru a preveni distrugerea termică a siliciului.
4. Se înregistrează doza cumulată utilizând corelația dintre curentul monitorizat pe camera Markus și timpul de expunere.

5.2. Protocolul post-iradiere (annealing & analiză)

Testul de revenire/reparare (annealing): Imediat după oprirea fasciculului, componenta este menținută sub alimentare la temperatura camerei timp de 24-48-72 ore pentru a monitoriza dacă defectele parametrice induse de protoni sunt permanente sau se autorepară parțial.

Analiza structurală: se recomandă corelarea datelor cu o scanare ulterioară prin micro-CT pentru a inspecta dacă debitele mari de doză (ex: 700 Gy/s) au indus micro-fisuri sau delaminări structurale.

Testarea/monitorizarea componentelor electronice se poate face și în modul offline, caracterizarea electrică efectuându-se ulterior.

6. Raport final

Raportul trebuie să conțină: descrierea platformei, energia protonilor, fluxul, fluența, debitul de doză, distribuția fasciculului, imagini ale filmelor radiocromice, fotografii ale probelor, rezultate electrice, rezultate funcționale. statistici SEE, praguri de defectare, concluzii.