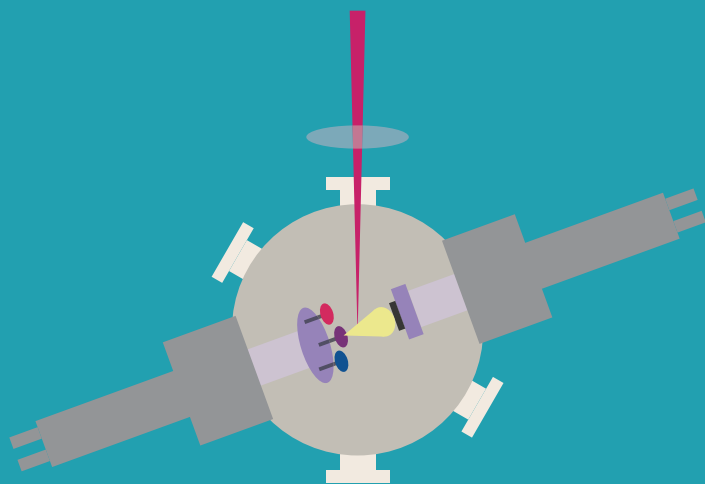


Creșterea capacității de transfer tehnologic și de cunoștințe a INCDTIM Cluj în domeniul bioeconomiei **TTC-ITIM**

Proiect cofinanțat din Fondul European de Dezvoltare Regională prin
Programul Operațional Competitivitate 2014-2020

<http://www.itim-cj.ro/poc/ttc>

Parteneriate pentru transfer de cunoștințe



16. DEPUNEREA DE FILME SUBȚIRI PRIN ABLAȚIE LASER PULSATĂ

DEPUNEREA DE FILME SUBȚIRI PRIN ABLAȚIE LASER PULSATĂ

Cuvinte cheie: depunere fizică din vapori, ablație laser pulsată, filme subțiri, materiale termoelectrice

DESCRIERE

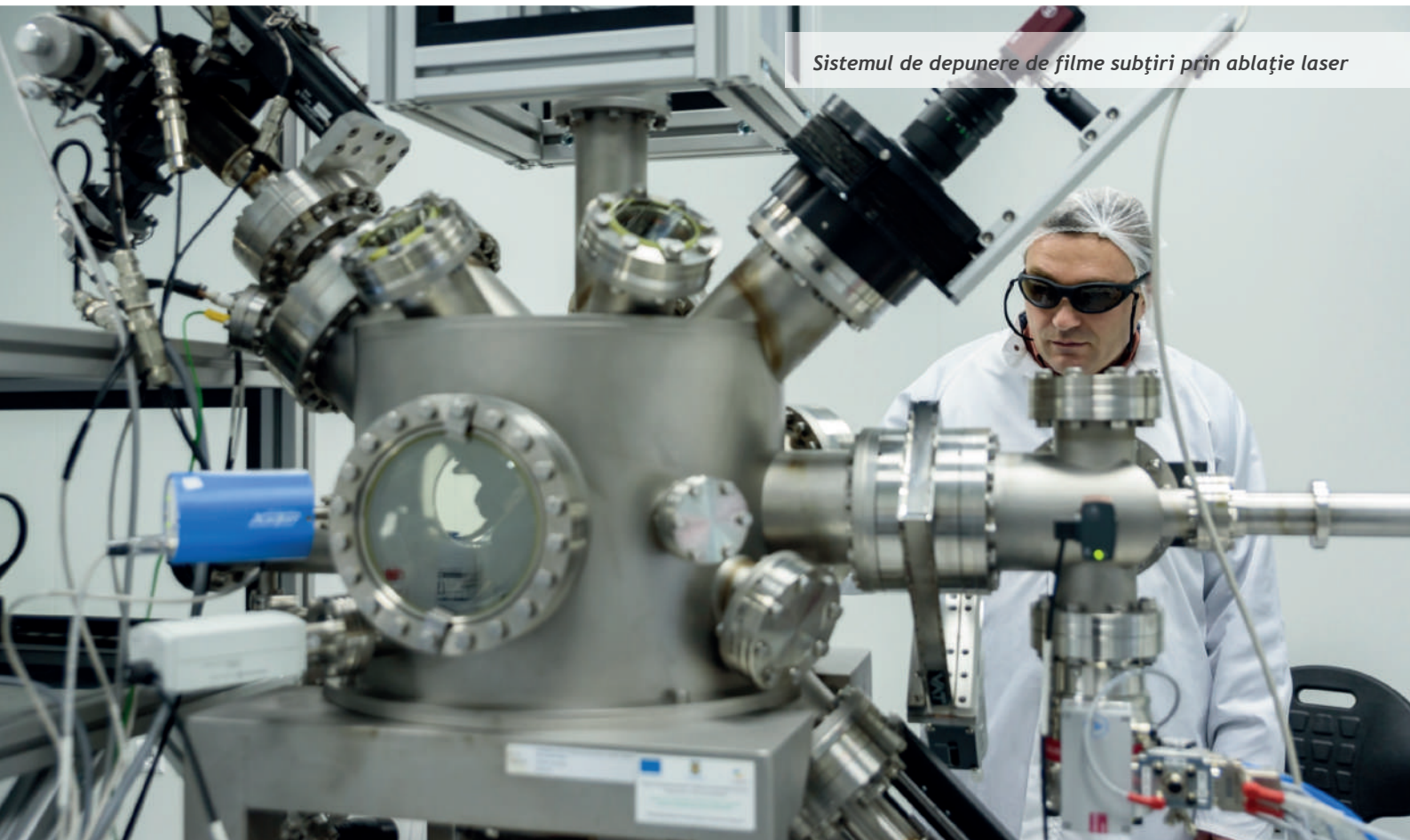
Filmele subțiri sunt structuri care au una dintre dimensiuni mult mai mică decât celelalte două ($10\text{ nm} \div 100\text{ nm}$). Ele sunt intens folosite datorită proprietăților pe care le conferă nanostructurarea: transport de sarcină îmbunătățit, duritate crescută și, în cazul filmelor subțiri semiconductoare, amplificarea mișcării purtătorilor de sarcină în planul filmului subțire comparativ cu planul perpendicular pe film.

Depunerea filmelor subțiri prin ablație laser pulsată (Pulsed Laser Deposition PLD) este o tehnică fizică de depunere a straturilor subțiri care utilizează un fascicul

laser pulsat de mare putere. Acesta lovește o țintă din materialul ce urmează să fie depus, îl vaporizează și îl deplasează de la țintă (într-un con de plasmă) pe un substrat (cum ar fi o plachetă de siliciu orientată spre țintă) pe care ulterior se depune ca o peliculă subțire. Acest proces poate avea loc în vid înaintat (10^{-9} mbar) sau în prezența unui gaz, cum ar fi oxigenul care este utilizat în mod obișnuit la depunerea oxidurilor.

Prelucrarea materialelor sub formă de filme subțiri permite o integrare ulterioară ușoară în diferite tipuri de dispozitive, iar acum le găsim ca fiind părți componente în tranzistori, condensatori, memorii nonvolatile, senzori, materiale termo-, fero- sau piezoelectrice sau materiale fotovoltaice.

Sistemul de depunere de filme subțiri prin ablație laser



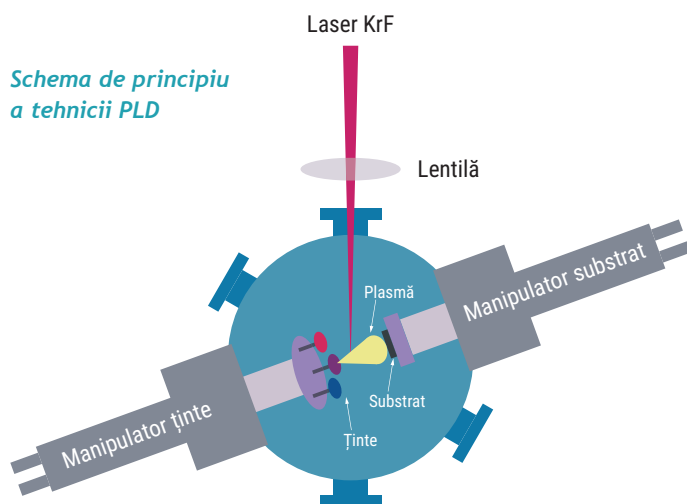
APLICAȚII

Domenii de aplicabilitate: Filmele subțiri obținute prin PLD – metale, semiconductori, oxizi, materiale organice, polimeri, materiale hibride cu componente organice și anorganice – sunt utilizate în inginerie optică, optoelectronică, electronică, energie, aplicații magnetice, senzori sau biomedicină.

Sisteme: dispozitivele termoelectrice, celule solare, circuite electronice, senzori, tranzistoare, diode, acoperiri antireflex, acoperiri pentru protecție împotriva coroziunii.

Industrii: industria energetică, industria circuitelor electronice, industria sistemelor semiconductoare

Schema de principiu a tehnicii PLD

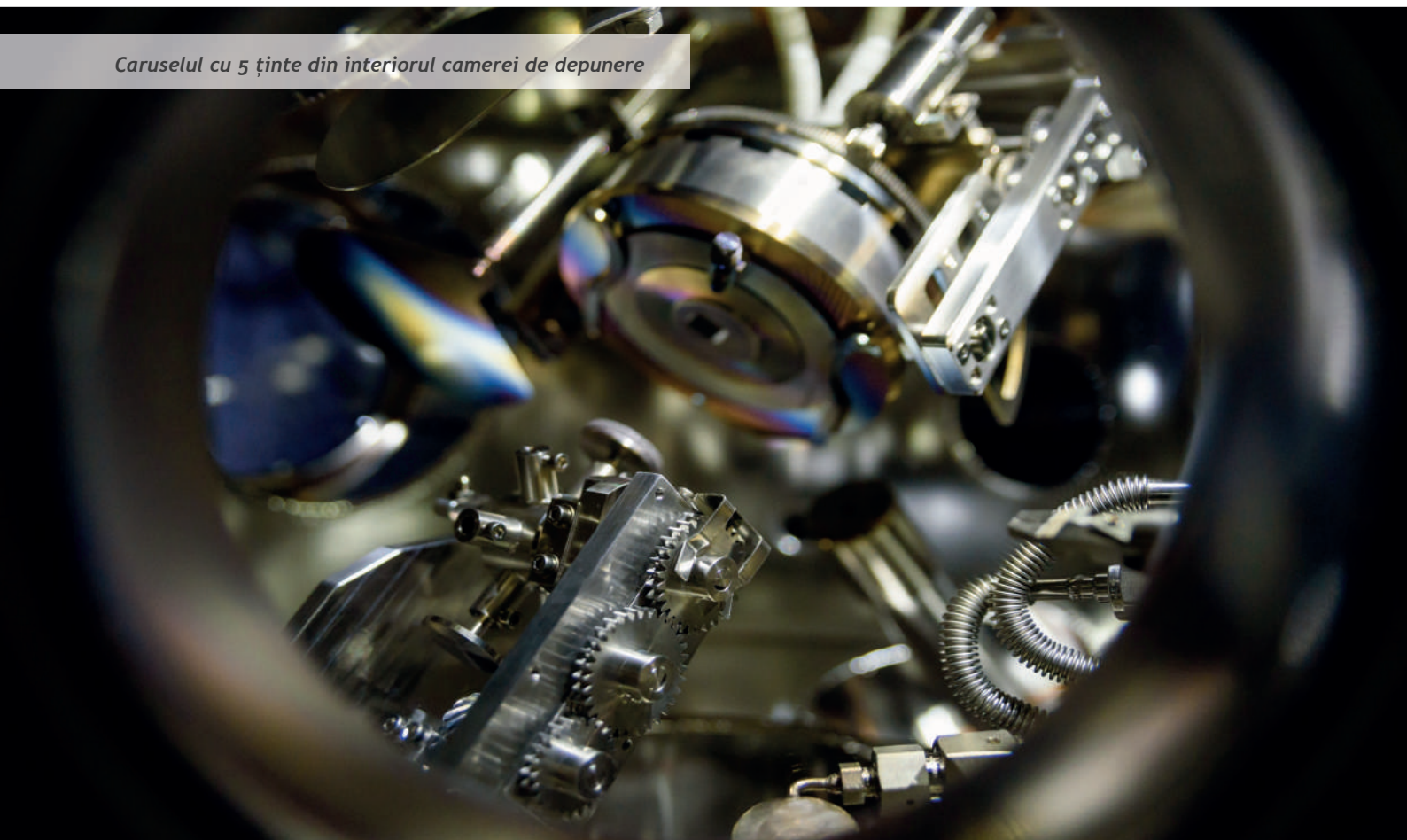


INFRASTRUCTURA

Sistemul de depunere de filme subțiri prin ablație laser pulsată este localizat în camera curată ISO-8 de clasă 100000 din cadrul **Centrului de Cercetare și Tehnologii Avansate pentru Energii Alternative CETATEA, INCDTIM Cluj-Napoca**. Sistemul include:

1. cameră de depunere cilindrică de 16"
2. cameră de introducere probe și ținte (*load-lock*)
3. vid ridicat de până la $5 \cdot 10^{-9}$ mbar realizat de un sistem de pompe de vid compus dintr-o pompă preliminară de 90 L/min și o pompă turbomoleculară de 700 L/min
4. monitorizarea ratei de depunere în timp real printr-un sistem RHEED (*Refraction High Energy Electron Diffraction*) pentru operare *in situ*
5. carusel cu 5 porturi pentru ținte de 1" cu mișcări automate în toate cele trei direcții
6. modul de încălzire pentru temperaturi ale substratului de până la 1000°C și mișcări automate ale substratului în toate cele trei direcții
7. laser Q-smart 850 mJ Nd:YAG, cu o lungime de undă în intervalul 670-2600 nm
8. laser cu excimer KrF cu lungime de undă 248 nm și energie 400 mJ
9. sistem de control al fluxului gazelor de proces, sistem de coacere (*bake-out*), electronică integrată și software pentru automatizarea proceselor de depunere

Caruselul cu 5 ținte din interiorul camerei de depunere



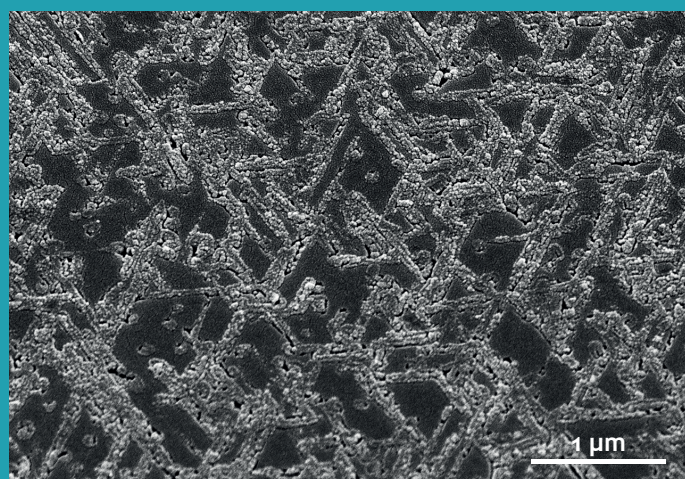
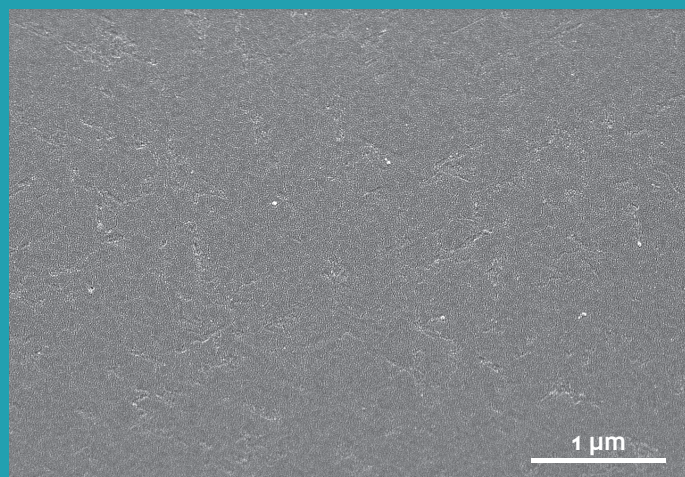
APLICAȚII UZUALE – EXEMPLE:

La nivel mondial, filmele subțiri au fost asimilate rapid în industria semiconductorilor și în optoelectronică permițând miniaturizarea circuitelor integrate, a diodelor, tranzistorilor sau LED-urilor. Astăzi le întâlnim și în industria optică, integrate în lentile cu strat antireflex și cu rezistență mecanică. De asemenea, preocupările sunt îndreptate spre designul celulelor solare cu eficiență ridicată, precum și pentru acoperiri anticorozive sau decorative ale diverselor suprafețe.

Echipele noastre de cercetare utilizează metoda de depunere a stratelor subțiri prin ablație laser pulsată pentru dezvoltarea de noi aplicații tehnologice, iar câteva exemple sunt redată în continuare.

Depunerea de filme subțiri cu proprietăți termoelectrice ridicate

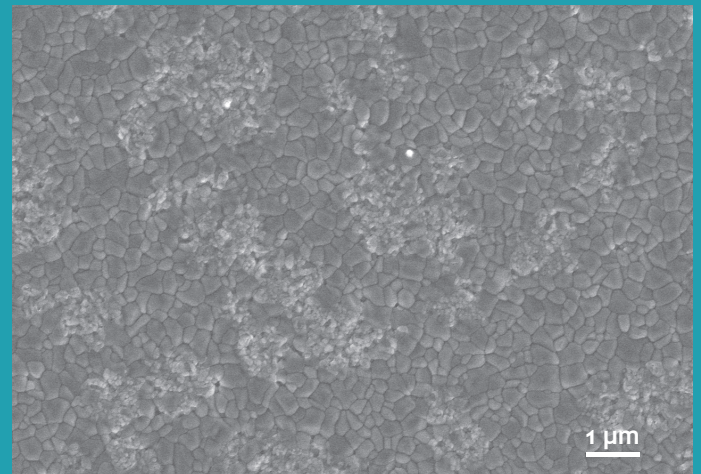
Am reușit să depunem filme de tipul FeSi dopate cu Al 1% și Co 1% și să controlăm concentrația de purtători de sarcină care contribuie la creșterea factorului de putere al materialului termoelectric. Aceste noi materiale au puncte de topire ridicate și stabilitate chimică și promit rezultate bune în generarea de energie termoelectrică.



Imagini SEM ale filmelor subțiri de FeSi + Al 1% (sus) și FeSi + Co 1% (jos) depuse la temperatura substratului de 800°C

Fabricarea joncțiunilor p-n din filme subțiri semiconductoare de calcogenuri ternare de cupru

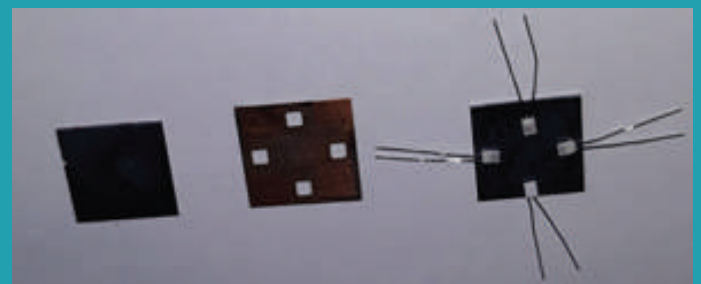
Echipa noastră de cercetare a reușit să fabrice în premieră o joncțiune p-n din filme subțiri semiconductoare de calcogenuri ternare de cupru ($\text{Cu}_3\text{SbSe}_3/\text{Cu}_3\text{SbSe}_4$). Obținerea unei astfel de joncțiuni este un rezultat promițător pentru realizarea în viitor a unui modul termoelectric destinat recuperării energiei termice rezultate din diverse activități sau din surse nepoluante, cum ar fi energia solară.



Imagine SEM a unui film subțire de $\text{Cu}_3\text{SbSe}_3/\text{Cu}_3\text{SbSe}_4$ obținut prin PLD

Realizarea de termocuple pe bază de filme subțiri pentru generatoare termoelectrice spațiale

În prezent, cercetările noastre sunt îndreptate spre realizarea unui modul termoelectric destinat generației următoare de generatoare termoelectrice spațiale. Acest modul termoelectric este fabricat pe bază de filme subțiri cu performanță înaltă prin îmbinarea în serie a două termocuple: primul termocuplu pe bază de filme subțiri de dioxid de titan și oxid de cupru, TiO_2 și Cu_2O , iar al doilea din filme de ferosiliciu, FeSi dopat cu Al 1% și FeSi dopat cu Co 1%.



Film subțire pe care au fost depuse contacte de aur prin intermediul unei măști (poza din mijloc); dreapta: film subțire pe care au fost lipiți senzori de temperatură

AVANTAJE

Versatilitatea tehnicii PLD oferă o gamă largă de avantaje, dintre care punctăm câteva:

- Flexibilitate ridicată în alegerea parametrilor de depunere
- Controlul ratei de creștere și al grosimii straturilor depuse
- Depunerea sub formă de film subțire a oricărui tip de material, inclusiv materiale aflate în stări metastabile, imposibil de depus prin alte tehnici
- Fabricarea straturilor mixte, datorită sistemului multi-țintă încorporat
- Stoechiometria materialului este păstrată în transferul dintre țintă și substrat
- Depunerea are loc pe substraturi cu diametrul de până la 50 mm
- Depunerea poate avea loc atât în vid înaintat, cât și în atmosferă reactivă de oxigen
- Sursa de radiație este exterioară camerei de depunere

COSTURI ESTIMATIVE

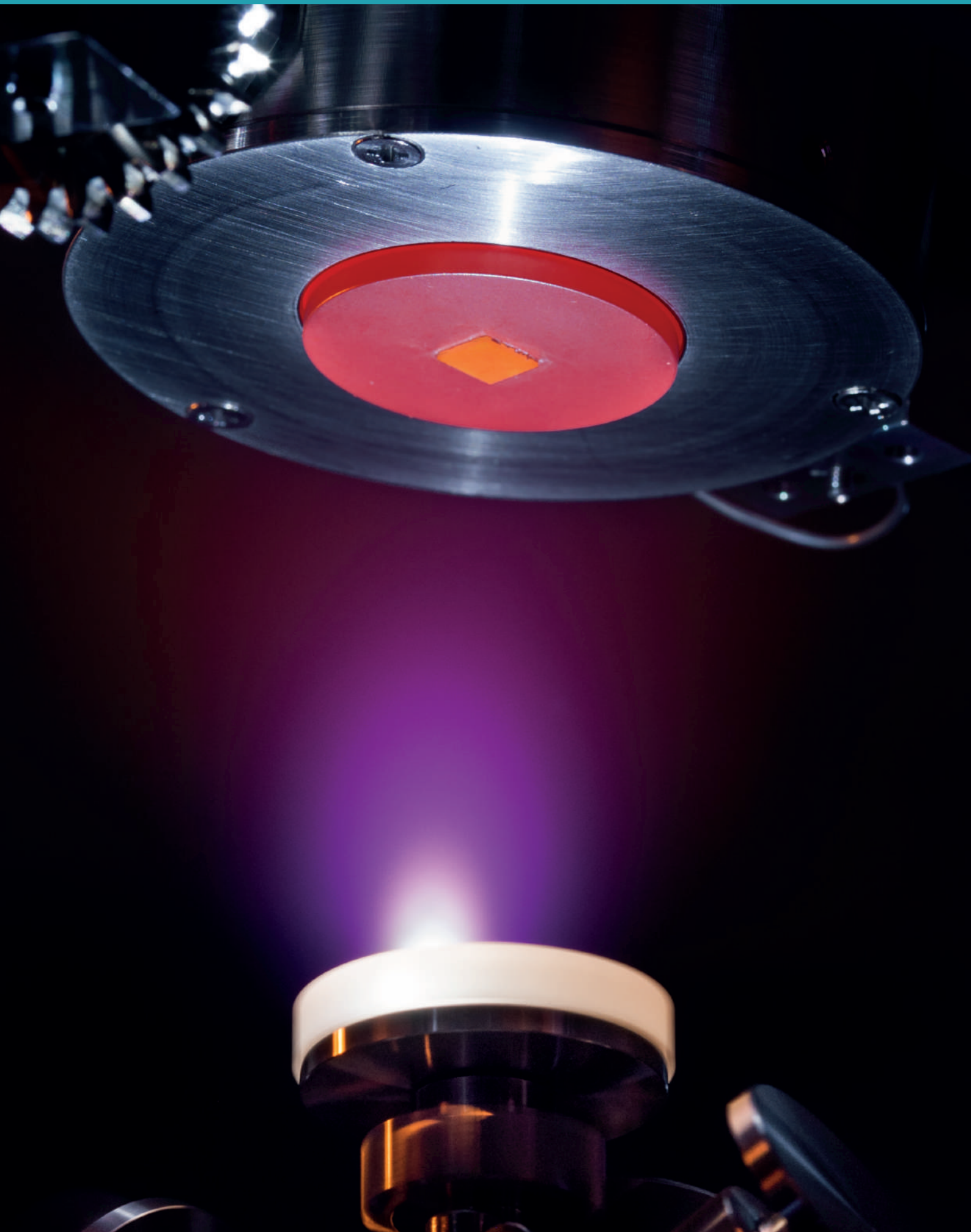
Prețul pentru depunerea straturilor subțiri prin ablație laser conține prețul materialului din care se face depunerea și al substratului folosit, gazul de KrF folosit de laser, operațiunea de preparare a probelor, precum și timpul de utilizare al sistemului și manopera.

CONTACT



Dr. Daniel MARCONI
Cercetător științific III
Departamentul de Fizică Moleculară și
Biomoleculară, B1.05
☎ (+4)0264-584037, int 217
✉ daniel.marconi@itim-cj.ro
🌐 www.itim-cj.ro





Proiectul TTC-ITIM se implementează la Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Tehnologii Izotopice și Moleculare INCDTIM Cluj-Napoca, pe o durată de 60 de luni, începând cu data de 1 septembrie 2016.

Valoarea totală a proiectului este de 15.530.000 lei, din care 13.500.000 lei reprezintă asistența financiară nerambursabilă: 11.302.200 lei contribuția Uniunii Europene prin Fondul European de Dezvoltare Regională și 2.197.800 lei contribuția Guvernului României prin bugetul național.

Proiect cofinanțat din Fondul European de Dezvoltare Regională prin Programul Operațional Competitivitate 2014-2020

Titlul proiectului: Creșterea Capacității de Transfer Tehnologic și de
Cunoștințe a INCDTIM Cluj în Domeniul Bioeconomiei
TTC-ITIM

Cod SMIS2014+: 105533 **ID:** P_40_404

Contract: 18/01.09.2016

Beneficiar: Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Tehnologii
Izotopice și Moleculare
INCDTIM Cluj-Napoca

Axa Prioritară: Cercetare, dezvoltare tehnologică și inovare în sprijinul
competitivității economice și dezvoltării afacerilor

Tip proiect: Parteneriate pentru transfer de cunoștințe

Cod competiție: POC-A1-A1.2.3-G-2015

**Perioada de
implementare:** 01.09.2016 - 31.08.2021

Editor: Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Tehnologii
Izotopice și Moleculare INCDTIM Cluj-Napoca

Data publicării: Ianuarie 2021

Contact: Dr. Claudiu Filip, Director proiect TTC-ITIM
Tel.: +40 264 58 40 37, int 186
E-mail: claudiu.filip@itim-cj.ro
<http://www.itim-cj.ro/poc/ttc>



INCDTIM
67-103 Donat, 400293 Cluj-Napoca, România
Tel.: +40 264 58 40 37, Fax: +40 264 42 00 42
E-mail: itim@itim-cj.ro, <http://www.itim-cj.ro>

Conținutul acestui material nu reprezintă în mod obligatoriu poziția oficială a Uniunii Europene sau a Guvernului României

*Pentru informații detaliate despre celelalte programe cofinanțate de Uniunea Europeană vă invităm să vizitați
www.fonduri-ue.ro*