

## Centre de Recerca en Ciència i Enginyeria Multiescala (CCEM)

### 1. Descripció del centre de recerca

---

El Centre de Recerca en Ciència i Enginyeria Multiescala (CCEM) és un centre ubicat al Campus Diagonal-Besòs de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) dedicat a la ciència de materials avançats i les seves aplicacions en àmbits clau com ara l'energia, el medi ambient i la salut.

El CCEM neix amb l'objectiu de fomentar una recerca d'excel·lència amb un enfocament multidisciplinari, que combina la ciència de materials, l'enginyeria, la física, la química i la biologia per afrontar els grans reptes de la societat. El centre reuneix investigadors i investigadores de diferents grups de recerca de la UPC i col·labora amb institucions nacionals i internacionals de referència.

L'any 2024, el CCEM va rebre l'acreditació d'Unitat d'Excel·lència María de Maeztu, un reconeixement atorgat pel Ministeri de Ciència i Innovació del Govern d'Espanya a centres de recerca que destaquen pel seu impacte científic i lideratge internacional. Aquest reconeixement consolida el paper del CCEM com un referent en la recerca en ciència de materials a nivell europeu i internacional.

- Adreça:  
Avinguda d'Eduard Maristany, 10-14  
  
08930, Sant Adrià de Besòs

### 2. Descripció del projecte

---

En el cas del CCEM s'ofereix el projecte: **Fotovoltaica de nova generació, innovació en cèl·lules de germani (ge) a través de làser per a la propera revolució solar.**

Una rotació per diferents laboratoris, però centralitzat pel grup [MNT-Solar](#).

El germani (Ge) és un semiconductor de grup IV com el silici (Si), i tot i que el silici ha guanyat la batalla en demostrar-se com l'element estrella en tota la microelectrònica, la indústria fotovoltaica i altres sectors, a causa de les seves propietats específiques, la seva abundància i el seu baix cost, l'interès científic pel germani mai no ha minvat. Gràcies a la seva petita banda prohibida (0,66 eV), el Ge té aplicacions importants en la detecció de llum infraroja, càmeres tèrmiques i de visió nocturna, detectors de raigs gamma, fòtonica per a la fabricació de fibra òptica i telecomunicacions d'alt rendiment.

La mobilitat dels portadors d'electrons i forats en el Ge és molt més alta en comparació amb el Si, la qual cosa el converteix en un material excel·lent per a aplicacions en tecnologia d'alta velocitat, xarxes que funcionen a altes freqüències (GHz) i, recentment, en informàtica quàntica basada en el control de l'espín electrònic.

El germani és un dels materials principals en les cèl·lules solars de múltiples capes d'alta eficiència per a aplicacions espacials i ha demostrat la seva eficàcia com a substitut de baix cost dels elements del grup III-V en aplicacions termofotovoltaïques per a la cogeneració residencial, la recuperació de calor residual, l'emmagatzematge d'energia a la xarxa, etc.

L'objectiu d'aquest projecte se centra en l'estudi del germani com a element principal en convertidors termofotovoltaïcs. **La tasca principal que durà a terme l'estudiant durant la seva estada és determinar la idoneïtat de la tècnica LECO (optimització de contacte millorada amb làser) per minimitzar la resistència de contacte metall-semiconductor i millorar l'eficiència de la cèl·lula fotovoltaïca.**

Aquesta tècnica consisteix a utilitzar polsos làser, doncs la seva aplicació elimina la necessitat de temperatures altes, redueix els costos de fabricació i ajuda a industrialitzar aquest tipus de convertidor termofotovoltaïc.

D'aquesta manera, l'estudiant contribuirà a projectes de recerca en curs amb una base científica sòlida, realitzant una tasca específica i assolible dins del curt termini de la estada proposada.

#### **Pla de treball i itinerari tècnic:**

L'estudi dels contactes metàl·lics creats amb làser en Ge es dividirà en dues fases:

- Fabricació (60 hores)
- Caracterització (100 hores),

En tot cas, aquest és un marc temporal provisional, ja que aquestes dues fases es superposen: els resultats de la caracterització optimitzen la fabricació.

L'objectiu de la fase de fabricació és optimitzar els paràmetres del raig làser Nd:YAG de 1,06  $\mu\text{m}$  (freqüència, potència, durada del pols, mode de funcionament) per provocar la difusió d'Al en substrats de Ge. Aquesta fase es durà a terme íntegrament a les instal·lacions de la sala blanca del grup MNT (Campus Nord) i MNT-Solar (Campus Diagonal-Besòs). A més de fer funcionar el làser, el/la candidat/a aprendrà els processos de neteja química, gravat i litografia necessaris per preparar els substrats de Ge.

La fase de caracterització es durà a terme íntegrament a les instal·lacions del Centre de Recerca en Ciència i Enginyeria Multiescala (CCEM).

La caracterització es pot subdividir en caracterització òptica, elèctrica, morfològica i/o mecànica. L'objectiu de la caracterització òptica és determinar l'absorció de Ge, calcular la banda prohibida i estudiar com els diferents perfils de contacte làser afecten la resposta òptica del substrat. Les tècniques que s'utilitzen en aquesta caracterització són la espectroscòpia UV-visible, la espectroscòpia de transformada de Fourier en l'infraroig (FTIR) i la espectroscòpia Raman, totes disponibles a les instal·lacions del Centre.

La caracterització elèctrica té com a objectiu avaluar la resistència dels contactes metall-semiconductor mitjançant l'obtenció de les característiques I-V (corrent-voltatge) en diferents punts del substrat i amb diferents perfils làser. S'utilitzarà un sistema de mesura de 4 punts

(mètode de Kelvin) per determinar la resistivitat específica, la concentració i la mobilitat dels portadors situats als laboratoris de MNT-Solar.

La caracterització morfològica té com a objectiu determinar els danys estructurals al substrat causats pel làser, la profunditat de penetració i la concentració d'Al, i la integritat dels contactes. S'utilitzaran principalment tècniques de microscòpia: microscòpia electrònica de rastreig (MEB) per obtenir imatges amb resolució nanomètrica, microscòpia de feix d'ions enfocat (FIB) per fer seccions transversals i estudiar la morfologia sota la superfície de contacte (~50 µm), tomografia computada (microCT) juntament amb interferometria òptica, que ens permetrà realitzar una reconstrucció 3D i, per tant, determinar el perfil de la interacció del làser amb el Ge per a diferents paràmetres de fabricació. La difusió de l'Al a diferents profunditats es caracteritzarà mitjançant tècniques espectroscòpiques: espectroscòpia de fotoelectrons de raigs X (XPS) i microanàlisi de raigs X de dispersió d'energia (EDX), que proporcionaran informació sobre la composició química (el perfil de dopatge d'Al) en funció de la profunditat.

Finalment, la caracterització mecànica té com a objectiu analitzar l'estabilitat estructural i tèrmica del substrat manipulat mitjançant termogravimetria (TGA), nanoindentació i espectroscòpia RAMAN per determinar l'estrès mecànic produït per la interacció làser.

En resum, aquesta proposta, amb la seva tasca específica i concisa, té com a objectiu principal fer una immersió en el mètode científic basat en l'observació, l'experimentació i l'anàlisi de les dades obtingudes, a través del camí que es segueix en qualsevol recerca científica, començant amb l'exposició del problema (baixa eficiència dels termoelectrògens de Ge), la formulació de la hipòtesi (millorar el contacte metàl·lic posterior), la realització de l'experiment (fabricació de contactes mitjançant làser), l'anàlisi de les dades (la caracterització posterior de diferents propietats del Ge manipulat), i que acaba amb les conclusions (com aquestes propietats es veuen afectades per la manipulació) és el mètode científic en la seva esplendor, que fomenta una mentalitat crítica, creativa, curiosa i oberta.

El/la candidat/a tindrà l'oportunitat de treballar en laboratoris de sala blanca amb làsers d'alta potència capaços de fondre el material; obtindrà una visió inicial de les tècniques avançades de caracterització científica; de com es processen i s'interpreten les dades complexes; i estarà en contacte no només amb investigadors d'alt nivell, sinó també amb estudiants a l'inici de la seva formació en un entorn multidisciplinari i multicultural que fomenta el treball en equip, la creativitat, la confiança, el compromís i el respecte per la diversitat de pensaments.

### **3. Perfil específic**

---

Aquesta estada està adreçada a estudiants amb una forta base científica i motivació per la recerca interdisciplinària que estiguin cursant un dels següents graus:

- Física, Química
- Enginyeria Física, Enginyeria Química, Enginyeria de Materials o Enginyeria Electrònica

A diferència d'una estada convencional, l'estudiant obtindrà:

- **Visió holística:** Com es treballa en un centre de recerca d'excel·lència María de Maeztu.

- **Competència tècnica única:** Pocs estudiants de grau tenen l'oportunitat de manipular i analitzar dades d'equips d'alta tecnologia.
- **Mentoria multidisciplinària:** Serà supervisat/a per investigadors líders en el camp de l'enginyeria de Materials.