

Proiectare de surse acordabile și lentile și paternare prin metoda de litografiere prin fascicul electronic

2019

Activitatea 1.1 Proiectarea de lentile și surse reglabile: Partenerii implicați în această activitate au fost P1 (SINTEF) și P3 (UB).

SINTEF (P1) a:

(a) Utilizat metodologia lor pentru a proiecta metasuprafețe pentru diferite lungimi de undă (folosind inițial fonduri interne). A fost realizată proiectarea pentru $\lambda = 1.31 \mu\text{m}$ și $\lambda = 1.55 \mu\text{m}$, precum și fabricarea și caracterizarea inițială a acestora pentru a dezvolta montajul de caracterizare optică și pentru a verifica rezultatele simulărilor.

În figura 1 se pot observa rezultatele simulărilor care prezintă performanțele uneia dintre metasuprafețele proiectate care va fi folosită în proiect.

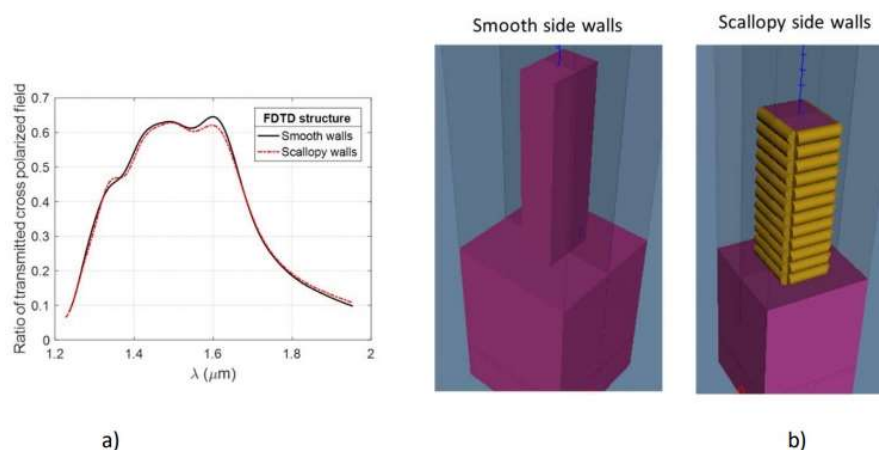
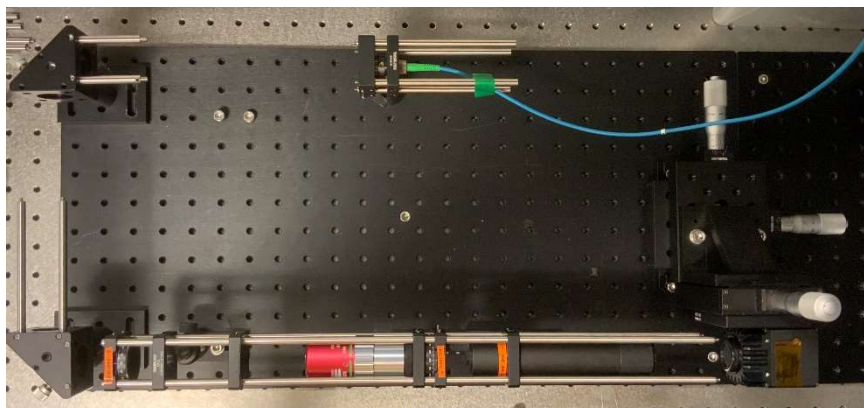


Fig.1 a) Simulări FDTD a raportului dintre polarizarea încrucișată transmisă printr-un șir infinit de structuri de metamaterial identice;
 b) Cele două unități de celulă considerate: Una constând din Si ($n=3.5$) cu pereți drepți (smooth side walls) și alta constând din Si acoperit cu cilindri de aer ($n=1$) pentru a minimiza efectul suprafeței rugoase (scallop side walls) rezultate din procesele de corodare DRIE utilizând Bosch

(b) Proiectat, construit și testat montajul de caracterizare al lentilelor.



Implicarea partenerului P3 (UB) în proiect a început prin

(a) achiziționarea unui nou program de simulare (COMSOL), și prin testarea ulterioară a acestuia. Astfel, au fost realizate mai multe programe de analiză a structurilor de bandă și a modurilor unor șiruri bidimensionale periodice de "stâlpi de dimensiuni nano" (nanopillars) de formă cilindrică sau dreptunghiulară roțiți la anumite unghiuri. De exemplu, în Fig. 3 sunt ilustrate relațiile de dispersie ale primelor șase moduri TE (transversal electric – linie continuă) și TM (transversal magnetic – linie punctată) a unei matrici pătratice de stâlpi cilindrici având constanta de rețea $a = 330\text{nm}$ și raza cilindrului $2a$, permitivitatea relativă a stâlpului în aer fiind egală cu 9. Figurile 4 și 5 ilustrează valoarea absolută a distribuției câmpului electric în celula unitate.

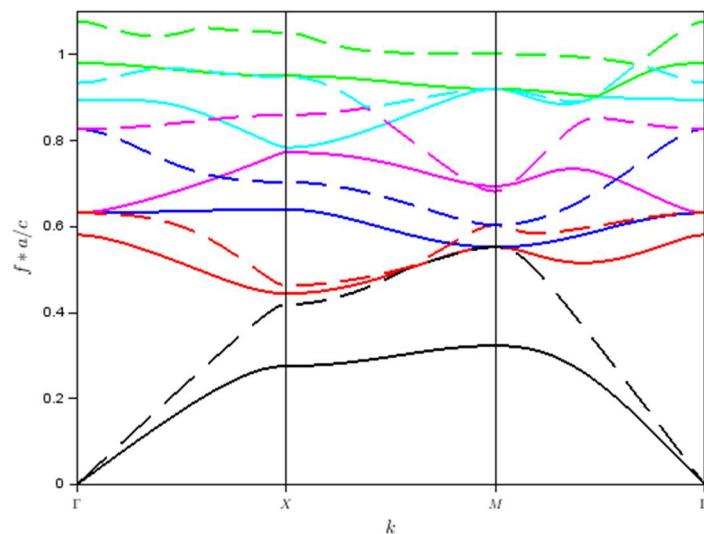


Fig.2

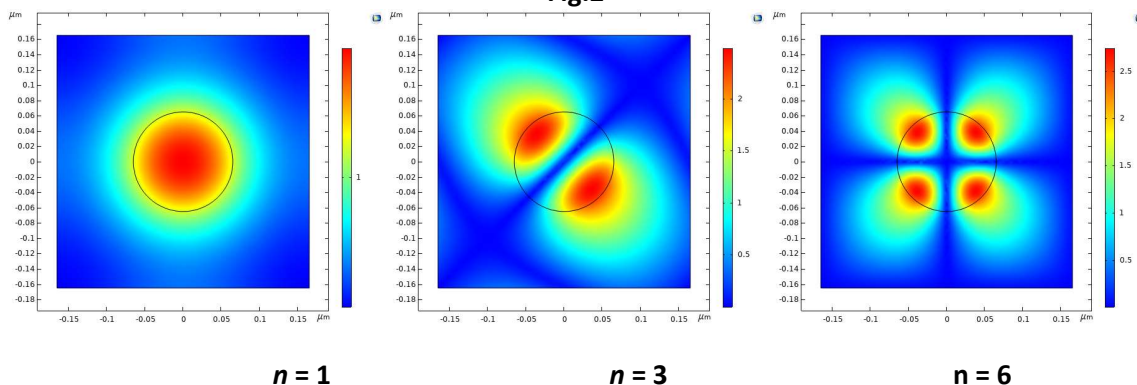


Fig. 3

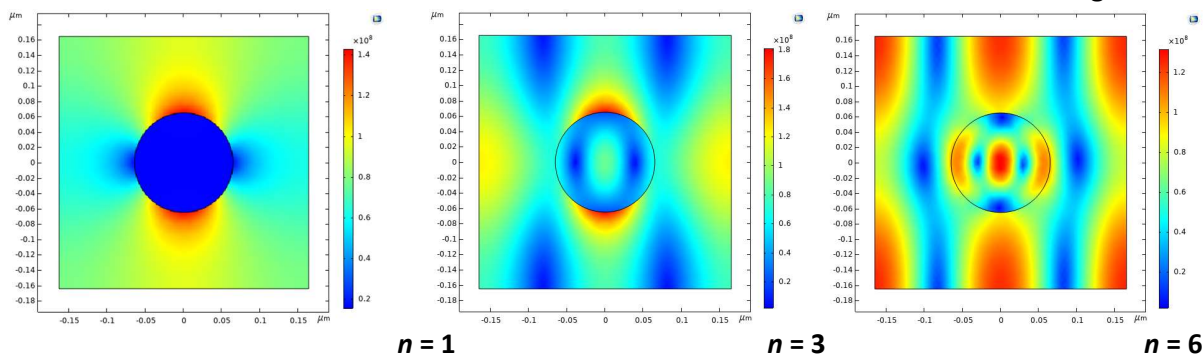


Fig. 4

(b) căutarea de metode analitice pentru proiectarea de emițătoare IR reglabile și direcționale. Căutarea a fost cuprinzătoare și a permis identificarea configurațiilor viabile implicând fie arhitecturi plasmonice, fie metasuprafețe în întregime dielectrice.

Livrabilele asociate acestei activități: **D1.1 – luna 6 (realizată în luna 3)**: Arhitecturi de surse și lentile pentru trei lungimi de undă IR diferite, corespunzând liniilor de absorbție relevante pentru detecția de plastic. SINTEF a furnizat mai multe tipuri de arhitecturi într-un format specific astfel încât partenerul P2 (IMT) să poată avansa către cea de-a doua activitate a anului 2019.

Activitatea 1.2 Metasuprafețe paternate prin EBL.

Partenerul P2 (IMT) The IMT a fabricat câteva structuri test pentru a: (a) valida arhitecturile de metasuprafețe propuse de P1, constând din nano-dreptunghiuri de siliciu repetitive de diferite dimensiuni și rotiri; (b) dezvolta procesele de nanostructurare.

Procesul de fabricare a structurilor de lentilă a implicat utilizarea litografiei cu fascicul electronic (EBL- Electron beam lithography) și a sistemului de corodare uscată de tip DRIE (deep reactive ion etching) așa cum a fost specificat în Cererea de finanțare. Pentru a găsi parametrii de proces inițiali (tipul de resist, tensiunea de accelerare și doza în cazul procesului EBL, a rețetei de dezvoltare, grosimea ideală pentru straturile depuse cu scop de mască pentru corodarea uscată, parametrii de corodare, etc.)

Partenerul P2 (IMT) a propus o serie de arhitecturi “test” caracterizate prin diferite tipuri de structuri având patternii (stâlpii din simularea partenerului P3) de diametru D și distanța dintre 2 patterni consecutivi – S. Un exemplu de structură fabricată se poate vedea în Fig.5.

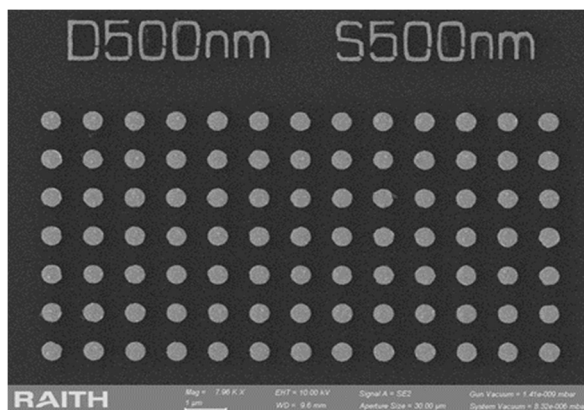


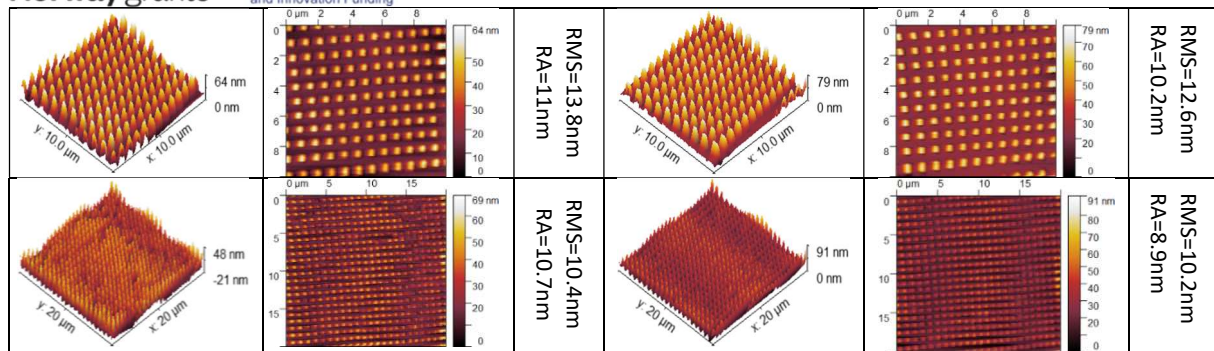
Fig. 5. Caracterizare SEM a unui tip de structură obținută

Livrabila D2.1 (luna 9) a fost furnizată în luna 6, în cadrul întâlnirii de proiect care a avut loc la Sinaia. Ambii parteneri au furnizat livrabilele mai repede decât era prevăzut în proiect ca să se poată realiza în anul 2019 și activitatea atribuită promotorului de proiect-PP(INCDFM), cu scopul de a nu schimba prea mult calendarul initial prevăzut în Cererea de finanțare, cu data de începere 1 Martie.

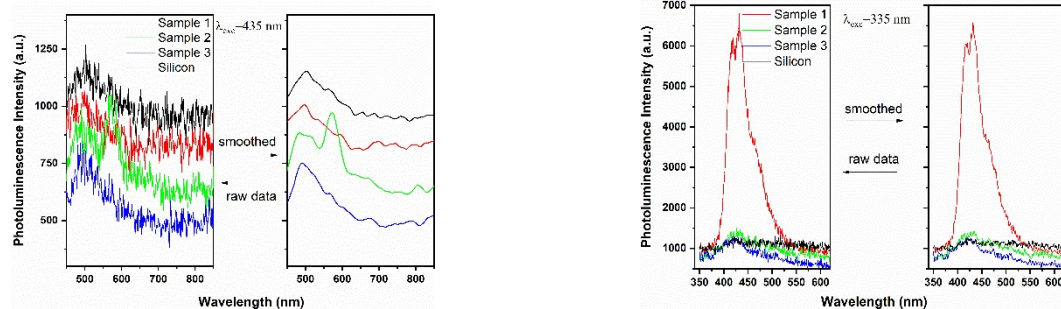
Activitatea 1.3 Caracterizarea structural a metasuprafețelor paternate prin EBL: Pe probele realizate de P2, PP a efectuat următoarele:

(i) **Măsurători AFM** (microscopie de forță atomică) – care poate furniza informații despre rugozitate exprimată prin RMS (rădăcină medie pătratică) și RA (rugozitate medie).

Sample1		RMS RA	Sample 2		RMS RA
		RMS=15.6nm RA=10.7nm			RMS=16.6nm RA=10.8nm



(ii) Măsurători de fotoluminescență la două lungimi de undă de excitare:



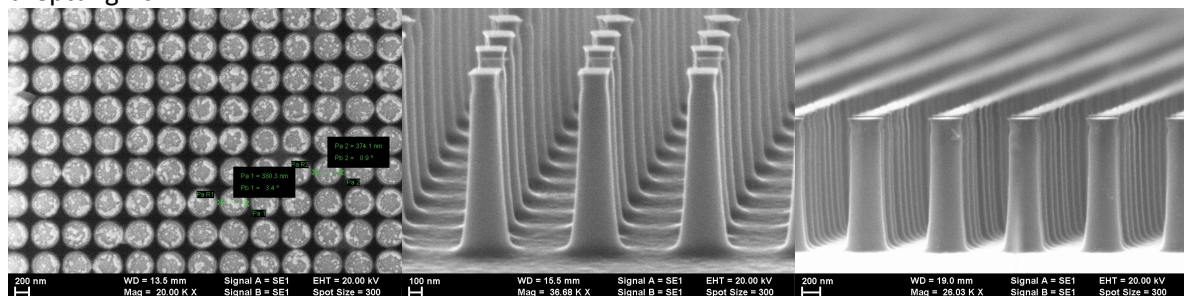
Din măsurătorile de fotoluminescență și de reflexie a rezultat faptul că nano-patterni nu influențează proprietățile probelor. Creșterea fotoluminescenței probei 1, la 335nm lungime de excitare este posibil să se datoreze prezenței aurului prezent ca urmare a procesului de fabricare.

(iii) **Măsurători de unghi de contact (CA)** la temperatura camerei – acestea pot da informații legate de hidrofobicitatea/hidrofilicitatea structurilor realizate. Pe baza valorilor CA măsurate, a fost determinată valoarea energiei libere de suprafață (lb. engleza Surface Free Energy, SFE). Pentru măsurarea SFE a probelor, au fost utilizate două lichide (apa și diiodometan), pentru care se cunosc: tensiunea superficială ($\gamma_{apa} = 72.8 \text{ mN/m}$; $\gamma_{diiodometan} = 50.8 \text{ mN/m}$), componenta de dispersie și cea polara ($\gamma_{apa}^d = 21.8 \text{ mN/m}$, $\gamma_{apa}^p = 51 \text{ mN/m}$, $\gamma_{diiodometan}^d = 48.5 \text{ mN/m}$ și $\gamma_{diiodometan}^p = 2.3 \text{ mN/m}$). Folosind valorile CA obținute pentru cele două lichide de test, s-a putut estima atât partea polara și de dispersie a solidelor (probelor investigate), cât și SFE totală, aplicând metoda Owens - Wendt [Owens DK, 1969].

Concluzia a fost că metasuprafețele, în funcție de calitatea patternilor obținuți au tendința de a manifesta un nivel mai mare de hidrofobicitate în comparație cu proba nepaternată.

(iv) **Investigații SEM:**

Pentru acest scurt raport am ales doar 3 poze SEM din care se pot distinge dimensiunile patternilor dreptunghici.



(v) **Măsurători de raze X (XRD)** – difractogramele doar au confirmat tipul de Si folosit – și anume planul de difracție pentru 111 Si.