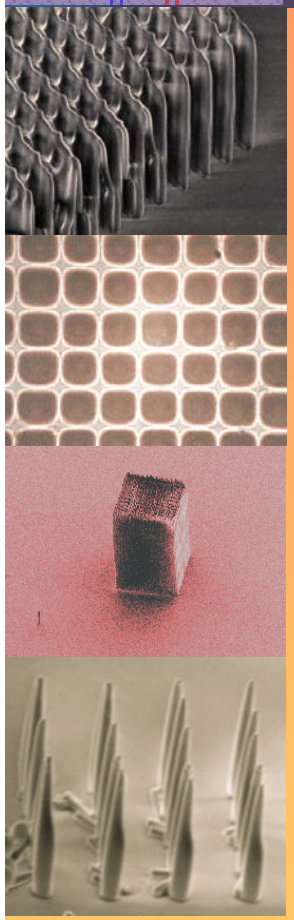


Micro-litografie tridimensională în fotopolimeri cu laseri cu pulsuri de ordinul femtosecundelor

Marian Zamfirescu[1], Florin Jipa[1], Cătălin Luculescu[1], Răzvan Dabu[1], Iulian Ioniță [2]

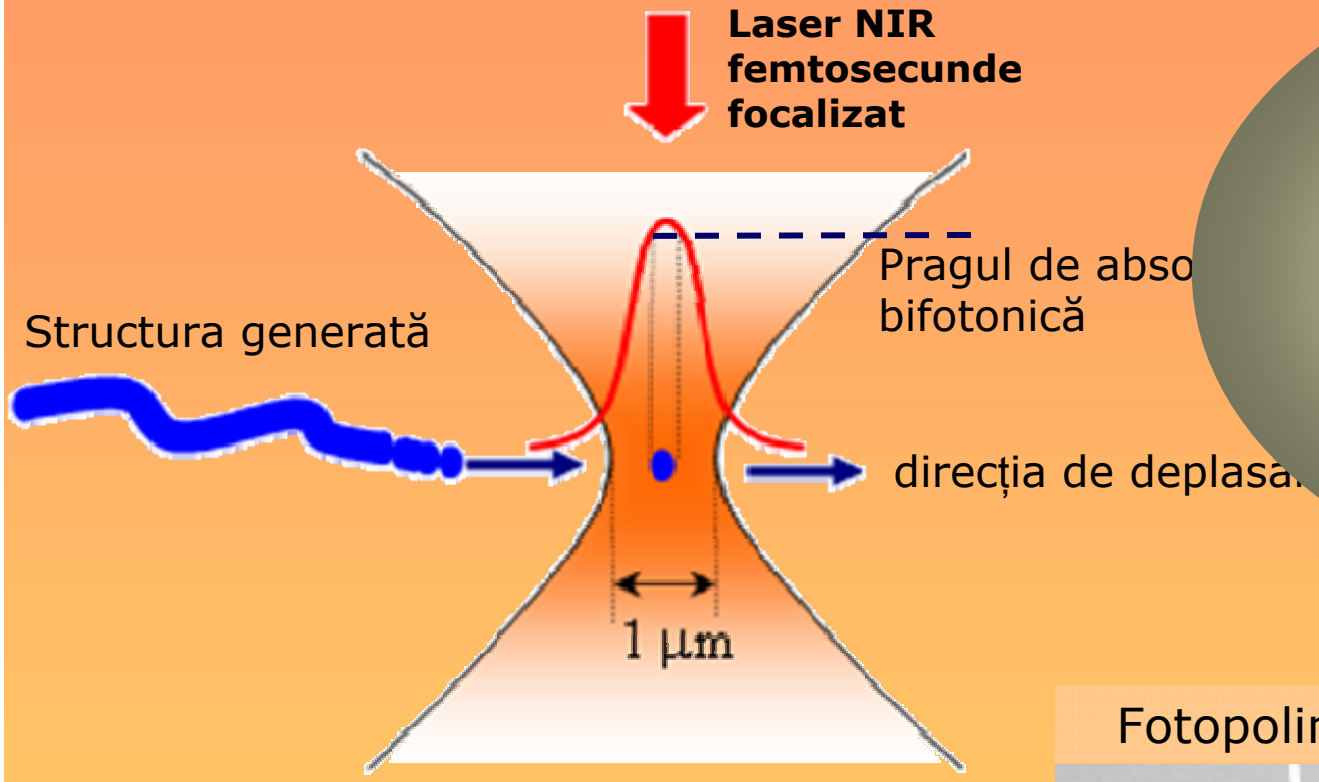
[1)] INFLPR - Bucureşti, Departamentul Laseri, Atomiştilor 409, 077125 Măgurele
[2)] Universitatea din Bucureşti Facultatea de Fizică, Atomiştilor 405, 077125 Măgurele

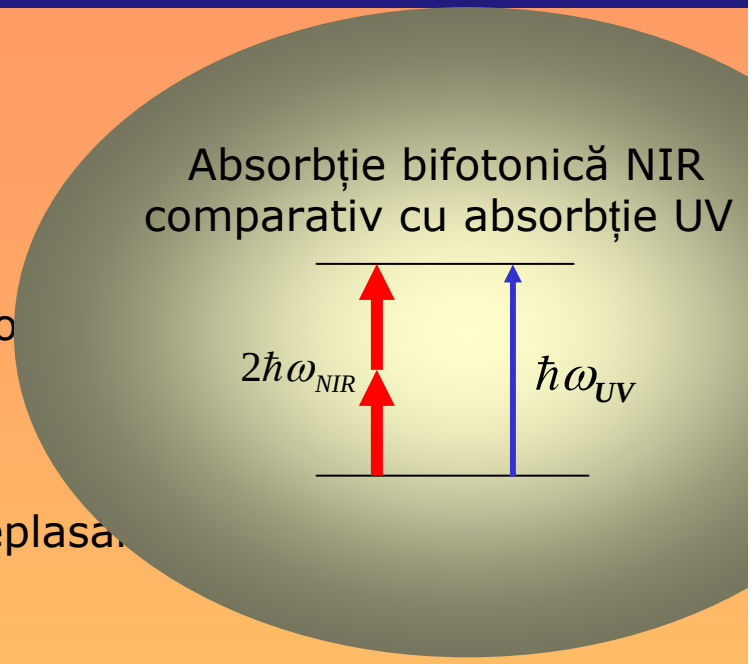
E-mail: marian.zamfirescu@inflpr.ro

Cuprins

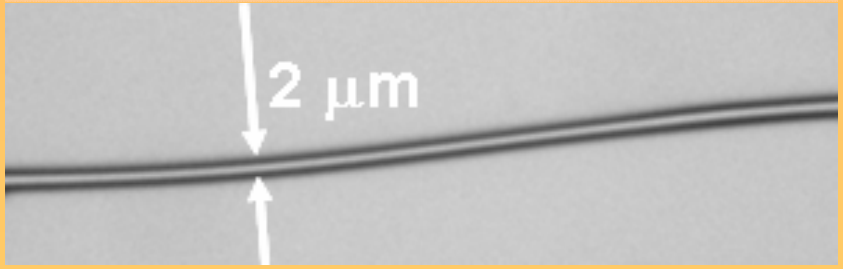
- **Interacția radiației laser femtosecunde cu fotopolimerii**
- **Sistemul de Scriere Directă cu Laserul**
- **Structuri 3D obținute în fotopolimeri şi aplicații**
- **Concluzii**

Principiul fotopolimerizării prin absorbție bifotonică a radiației laser în domeniul infraroşu apropiat (NIR)



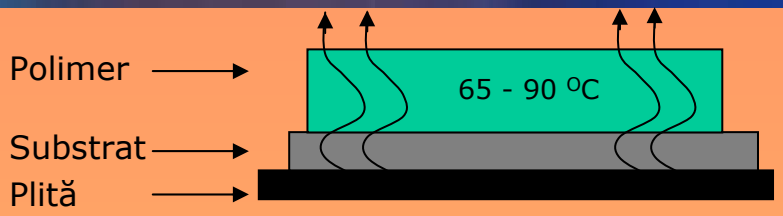


Fotopolimerizare cu laserul fs

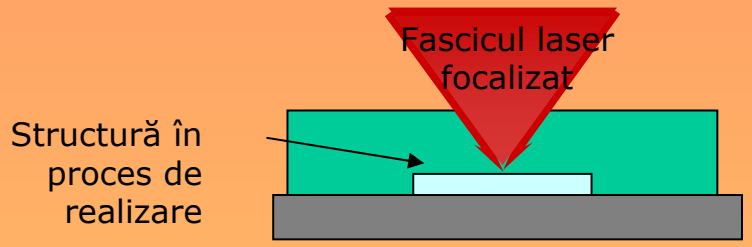


Probabilitatea absorbției bifotonice este mare în cazul radiației laser femtosecunde focalizate față de laserii cu pulsuri pico- şi nano-secunde, (densitate mare de fotoni în timp și spațiu).

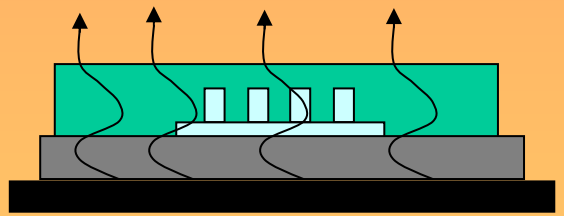
Protocolul de procesare laser a fotopolimerilor (SU-8)



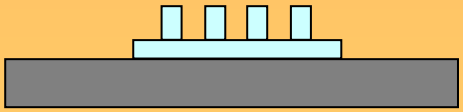
ETAPA 1: Depunerea pe substrat a rașinei fotosensibile (monomer) și încalzirea probei pentru eliminarea solventului.



ETAPA 2: Iradierea materialului cu laser femtosecunde focalizat. Au loc reacții chimice mediate de un fotoinițiator specific fiecărui tip de fotorezist .



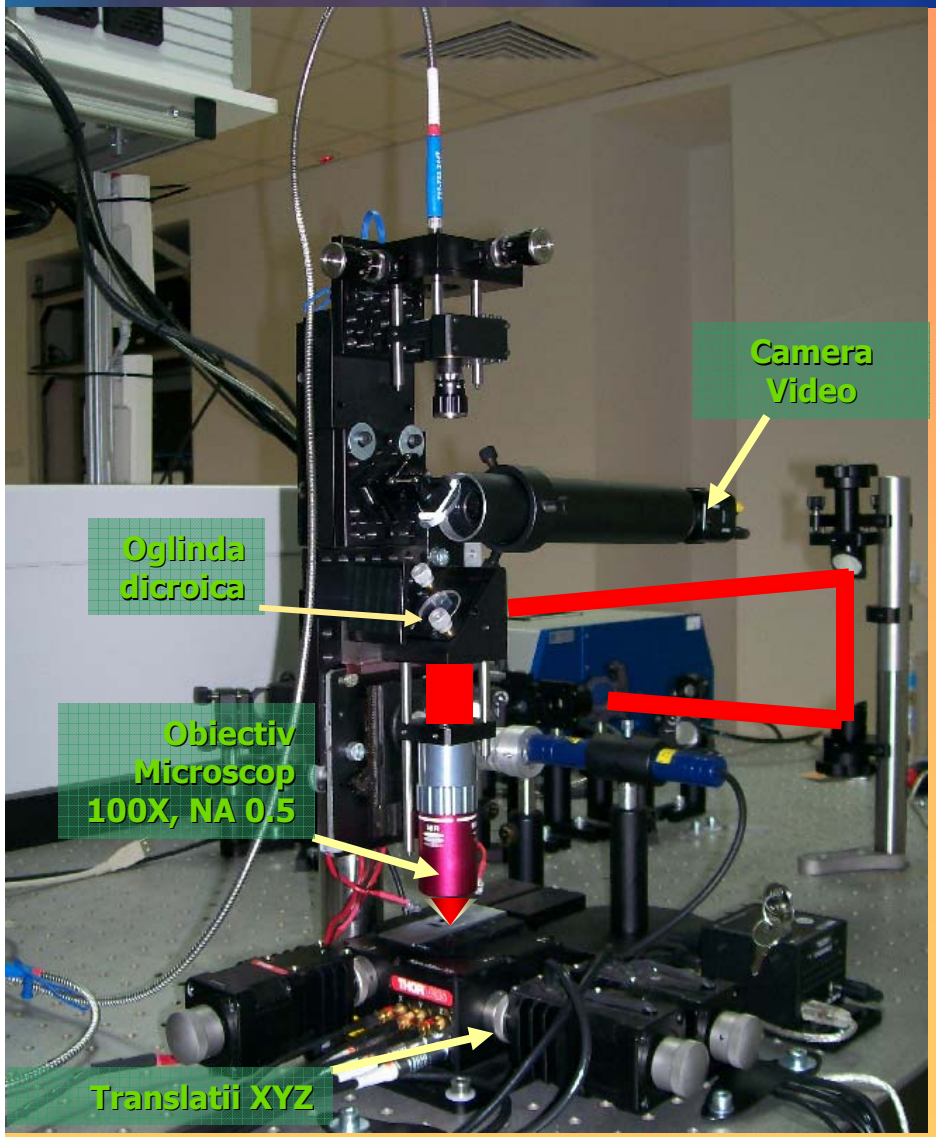
ETAPA 3: Încălzirea probei pentru accelerarea procesului de cuplare a moleculelor (cross-linking) .



ETAPA 4: Developarea probei în solvent pentru înlăturarea materialului neiradiat .

Alți fotopolimeri disponibili comercial: ORMOCER, ORMOCORE, ORMOCLAD, etc .

Sistemul optomecanic pentru scriere directă cu laserul



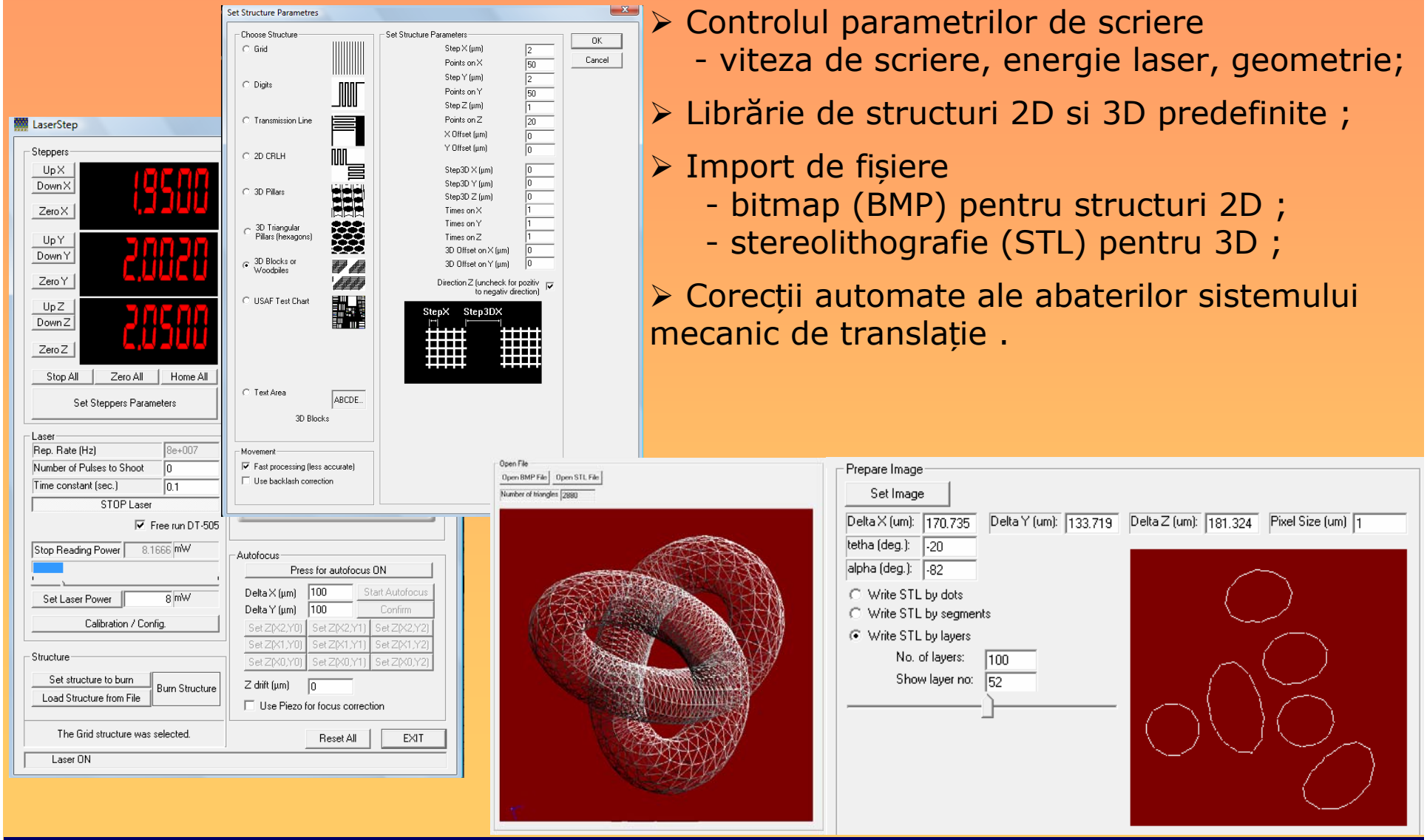
Dimensiune: max. 600 x 400 x 500 mm

Surse laser utilizate:
- Clark MXR - CPA2101:
  lungime de undă 775 nm
  durată de puls 200 fs,
  rata de repetiție 2KHz
- Specta Physics – Tsunami:
  800 nm , 80 fs, 80MHz
- Femtolasers – Synergy Pro:
  790 nm, 20 fs, 75 MHz

Translații XYZ:
- stepper: 4x4x4 mm sau 50x50x25 mm
- piezo: 20x20x20 μm,
- rezoluție 100 nm, precizie 1 μm.

Focalizare:
Obiective de microscop cu mărire și apertură numerică mare .

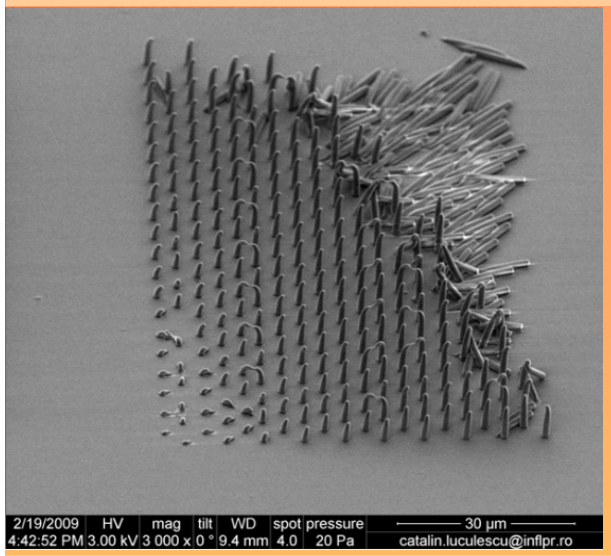
Software pentru controlul procesului de scriere in fotopolimeri

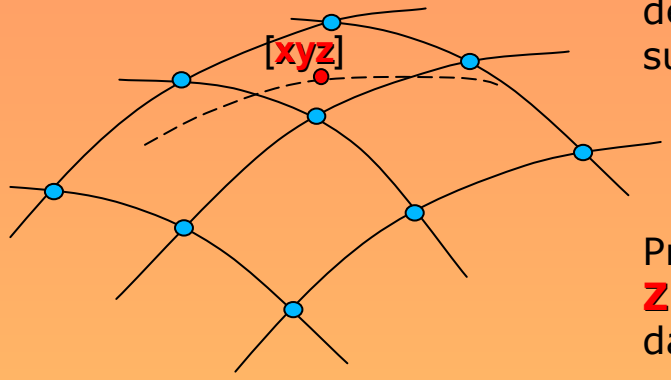


- Controlul parametrilor de scriere
  - viteza de scriere, energie laser, geometrie;
- Librărie de structuri 2D si 3D predefinite ;
- Import de fișiere
  - bitmap (BMP) pentru structuri 2D ;
  - stereolithografie (STL) pentru 3D ;
- Corecții automate ale abaterilor sistemului mecanic de translație .

Compensarea factorilor limitatori ai performanțelor sistemului

Compensarea abaterii de la planeitate a substratului

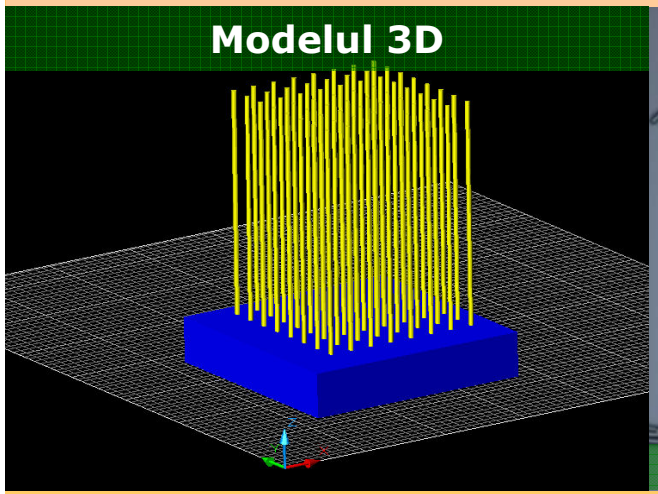




Pozițiile [X_i,Y_j,Z_k] i,j,k = 1..3, definesc planeitatea / curbura substratului.

Prin interpolare se determină **Z** corectat pentru o poziție [**X**,**Y**] dată.

Raportul dintre bază şi înalțime este limitat (*aspect-ratio*)

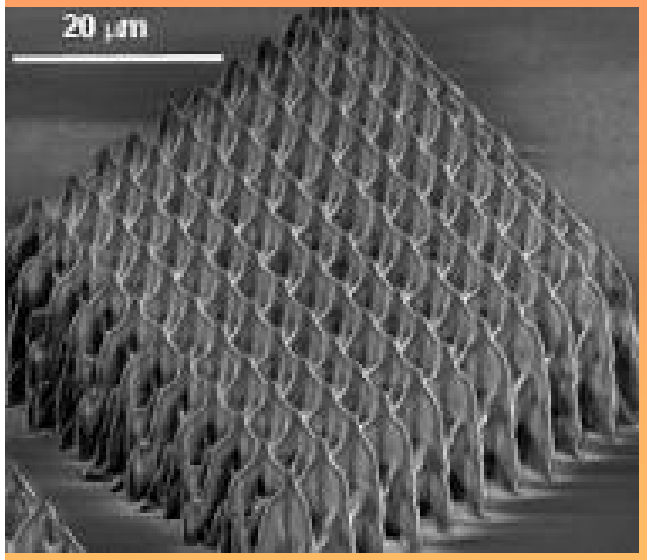


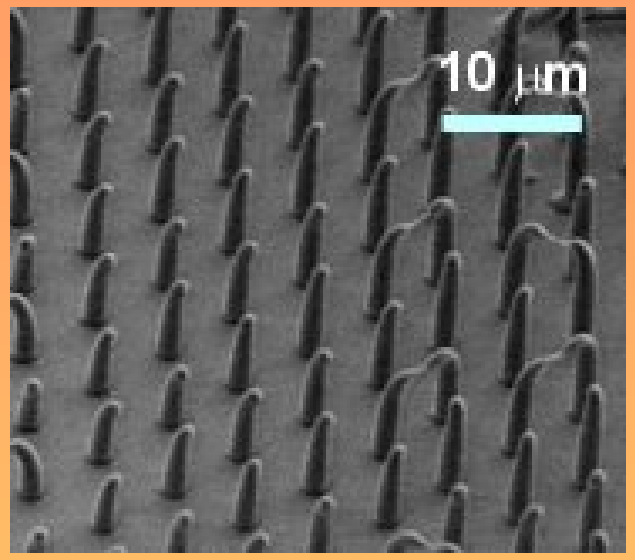
La un raport mai mare de 1:10, după developare structura se "prăbuşeşte" pe substrat.

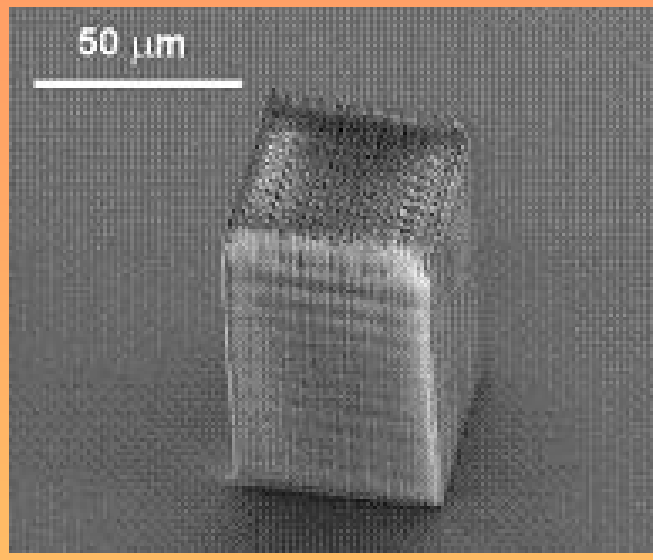
Rigidizarea structurii :
- mărirea energiei laserului ;
- creşterea timpului de expunere ;
- dublă trecere ;
- realizarea unor geometrii de susținere a structurii 3D.

Aplicații: Telecomunicații si Tehnologiile Informației

Structuri 3D - Fotopolimerizare în raşini fotosensibile





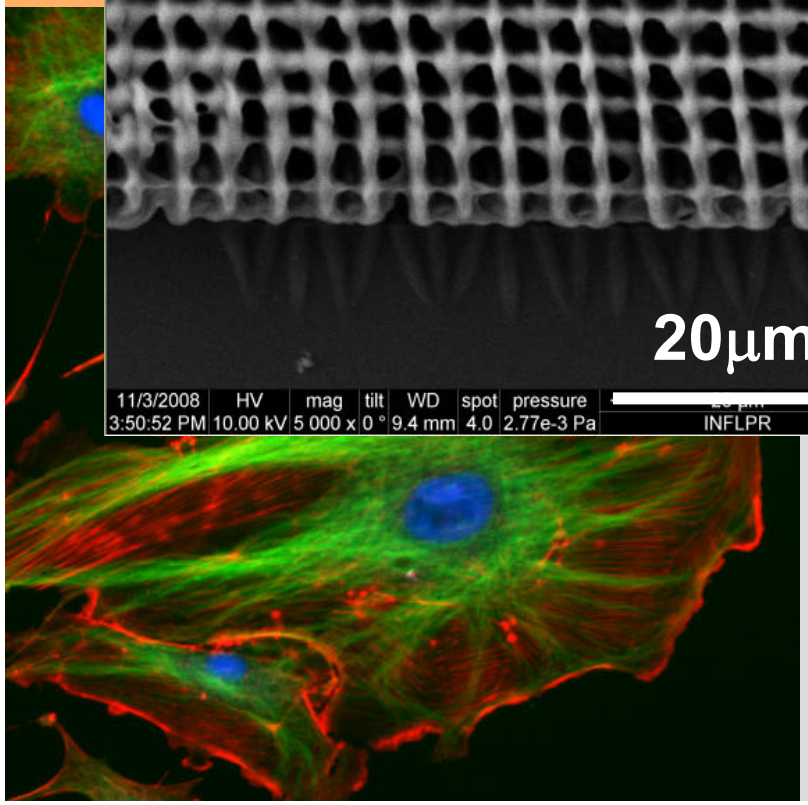


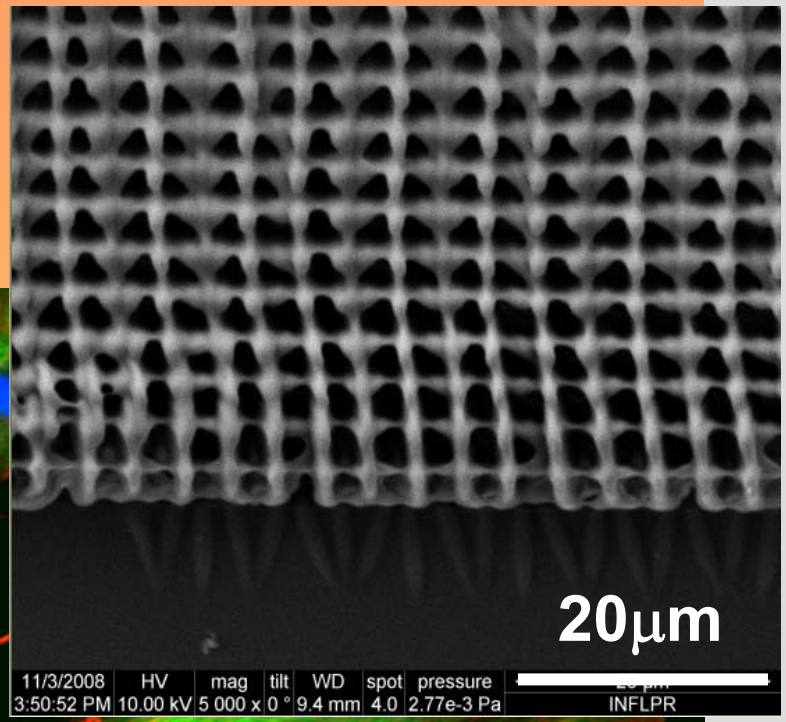
Realizarea de dispozitive fotonice:
filtre, cuploare optice, ghiduri de undă, switch-uri.

Cristale fotonice – structuri de bază pentru viitoarea generație de microprocesoare fotonice

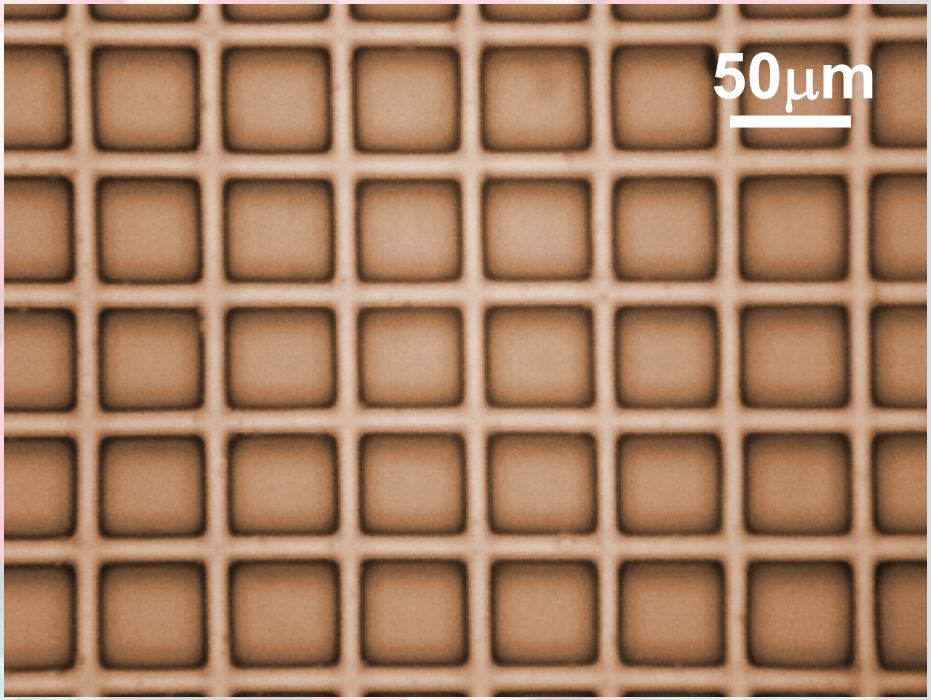
Aplicații: Biologie şi medicină

Realizarea de structuri cu dimensiuni micrometrice din fotopolimeri biocompatibili





Structuri 3D de tip suport pentru celule



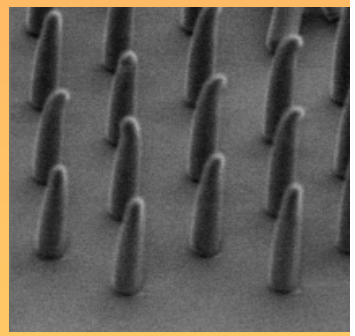
Concluzii

A fost realizată o instalație pentru micro-litografie 3D cu laseri cu pulsuri în domeniul femtosecundelor.

Software-ul de comandă și control permite realizarea de structuri cu geometrii predefinite precum și importul de fișiere în format BMP și STL. Dezvoltări ulterioare vor include și alte tipuri de fișiere de tip CAD.

Structurile 3D au fost realizate în fotopolimeri prin efectul absorbției neliniare de doi fotoni. Structurile obținute au raportul dintre bază și înălțime de până la 1:10.

Configurația actuală a sistemului de procesare laser permite realizarea de structuri cu precizie de 1μm. Prin upgradarea sistemului mecanic de poziționare, tehnica de polimerizare de 2 fotoni va permite obținerea de structuri cu bandă interzisă fotonică în domeniul vizibil.



Suport financiar
– CNMP, proiect FEMAT 11-030 (sistem laser femtosecunde)
– CNCSIS, proiect IDEI 268/2007 (fotopolimerizări)