



Parteneriat în exploatarea Tehnologiilor Generice Esențiale (TGE), utilizând o PLATformă de interacțiune cu întreprinderile competitive - TGE-PLAT, cod SMIS 2014+ 105623

Sistem optic formator de imagine folosind componente “freeform” (FF) si tehnologie de realizare a acestora (SOFIFREE)

Prezentarea Proiectului: Proiectul SOFIFREE este un Proiect Subsidiar de cercetare industrială și dezvoltare experimentală în colaborare efectivă între organizația de cercetare și întreprindere:

Cod SMIS2014+ 105623.

Tip proiect: Parteneriat pentru transfer de cunoștințe Activități de tip D

Perioada de implementare a proiectului:

Data de incepere a proiectului: 07.03.2018

Data de incheiere a proiectului: 07.04.2021

Parteneriat:

INCD pentru Microtehnologie - IMT Bucuresti Responsabil Contract Subsidiar: Dr. Gabriel MOAGĂR-POLADIAN; Contact: gabriel.moagar@imt.ro

S.C. ROVSOL S.R.L. Responsabil Contract Subsidiar: Ing. Dănuț-Vasile URȘU; Contact: danursu_06@yahoo.com

Motivație: Elementele optice de tip free-form permit realizarea unor sisteme optice de vedere la distanță de mare performanță comparativ cu sistemele optice uzuale folosind lentile sferice. Posibilitatea de a corecta aberațiile optice mult mai precis decât în cazul lentilelor sferice, numărul mic de elemente optice free-form necesare realizării sistemului optic precum și gabaritul redus al acestuia reprezintă avantaje de necontestat care au determinat abordarea acestui subiect în prezentul proiect. Mai mult, în România nu există producție de elemente optice free-form. Aplicațiile sunt de la sisteme uzuale de vedere la distanță până la cele de siguranță națională destinate supravegherii frontierelor.

Scurtă descriere a proiectului: Proiectul își propune demonstrarea tehnologiei de realizare de elemente optice free-form folosind tehnologia de 3D Printing pe polimer prin sinterizare selectivă laser. Metoda actuală pornește de la o bucată de material optic care se șlefuește, prin îndepărtare de material, până când se obține forma dorită. Tehnologia folosită este CNC combinat cu CNC de ultra-precizie. Rezultă mult deșeu și risipă de material. Suprafețele optice de tip free-form sunt suprafețe care au cel mult un plan de simetrie. Proiectul răspunde obiectivelor TGE-PLAT referitor la focalizarea pe aplicațiile de securitate și transferul de know-how în beneficiul întreprinderilor, oferind întreprinderii partenerie noi oportunități de afaceri pe o piață foarte competitivă.

Noi propunem o variantă care să reducă risipa de material și cantitatea de deșeuri. Pentru aceasta, folosim 3D Printing. Secvența principală de pași este următoarea:

- Se realizează o primă formă a elementului optic prin 3D Printing, foarte apropiată de forma dorită.
- Se șlefuește apoi forma obținută până când se obține forma dorită, la calitatea suprafeței necesară aplicației.
- Se utilizează ca atare (de exemplu pentru domeniul THz) sau ca matriță pentru elementul optic din polimer sau sticlă.

Parteneriat în exploatarea Tehnologiilor Generice Esențiale (TGE), utilizând o PLATformă de interacțiune cu întreprinderile competitive - TGE-PLAT, cod SMIS 2014+ 105623

Spre deosebire de metoda care folosește șlefuirea de la început și până la sfârșit, metoda propusă de noi aduce următoarele avantaje:

- cost redus
- flexibilitate mare de execuție
- reducerea consumului de material (se obține obiectul apropiat de dimensiunea dorită, nu sunt necesare ajustări semnificative)
- reducerea deșeurilor (doar excesul față de forma dorită este îndepărtat)
- consum redus de energie
- în cazul opticii de THz, se pot realiza structuri compuse de tip refractiv-difractiv și/sau metamaterial optic, imposibil de realizat prin alte mijloace
- se pot include canale de răcire în cazul oglinzilor free-form pentru puteri mari (laseri de putere) - de regulă 3D Printing pe metal

Obiectivele Proiectului:

- realizarea unui design de sistem optic cu suprafețe free form care să satisfacă cerințele de observare minime sub un unghi de 45 grade a unui display cu minim 800x600 pixeli și având o distorsie maximă mai mică de 15%
 - stabilirea unei tehnologii de realizare a suprafețelor „free form,, necesare
 - realizarea unui model experimental care va fi transformat în prototip, care să demonstreze atingerea rezultatelor dorite

Rezultate estimate:

- tehnologie de realizare a elementelor optice de tip free-form folosind tehnologia de 3D Printing
- sistem optic formator de imagine folosind elemente optice free-form

Indicatori:

Nr. crt.	Rezultate	U.M.	Cant.
1	Lentile free-form	buc.	2
2	Sistem optic formator de imagine	buc.	1
3	Tehnologie de producere a lentilelor optice free form	-	1
4	Difuzori optici	buc.	5
5	Tehnologie de producere difuzori optici	-	1
6	Model de laborator scanner optic 3D	buc.	1
7	Articole științifice	buc.	3 (2 în parteneriat, 1 IMT)
8	Cereri de brevet de invenție	buc.	3 (2 IMT, 1 Rovsol)

Rezultate obținute:

A) Rezultate care pot fi transferate imediat către firma parteneră

A1) *Lentile și elemente optice pentru domeniul THz*

În acest caz, au fost realizate lentile free-form pe materialul polimeric PA2200 (un tip special de nylon). Un aspect important este acela că un întreg sistem optic poate fi printat 3D, asigurând astfel alinierea intrinsecă a elementelor și prinderea acestora într-un cadru solidar cu toate elementele. Practic, nu mai este nevoie de componente opto-mecanice și de montarea și alinierea elementelor optice (lentile) individuale. Acest aspect reduce semnificativ atât timpul de producție cât și costurile asociate. Câteva exemple de lentile free-form care pot fi utilizate direct în domeniul THz sunt prezentate în figurile 1 și 2.

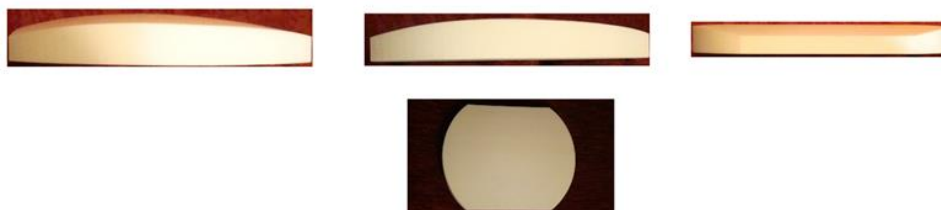


Figura 1 - Imaginea fotografică, din mai multe unghiuri, a lentilei free-form numărul 1.

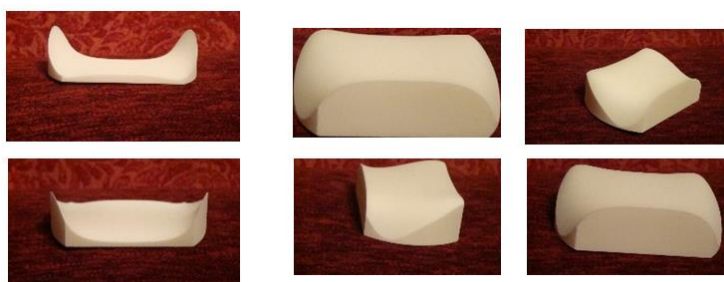


Figura 2 - Imaginea fotografică, din mai multe unghiuri, a lentilei free-form numărul 2.

Este important de subliniat faptul că obținerea de imagini în domeniul THz are multe aplicații, fapt ce oferă o piață de desfacere importantă pentru firma parteneră. Astfel, firma va căpăta un rol dominant atât în țară cât și ca actor regional în acest domeniu, mărindu-și astfel cifra de afaceri. Dintre aplicații menționăm:

- detectarea defectelor de acoperire la tablete și pastile (farmacie)
 - inspectarea produselor (industrie)
 - determinarea cantității de apă din plante (agricultură)
 - determinarea infestării plantelor și a produselor alimentare (industrie și siguranță alimentară)
 - determinarea compușilor organici volatili (protecția mediului, protecția muncii)
 - spectroscopie (chimie, astronomie)
 - caracterizarea materialelor (fizică, inginerie, construcții, aerospațial)
 - detectarea armelor ne-metalice, a explozivilor și a substanțelor interzise (ex. droguri) ascunse (securitate, securitate aeroportuară)
 - detectarea copacilor uscați sau a celor atacați pe sub scoarță
- Ca exemple concrete de aplicații, prezentăm figura 3.

Parteneriat în exploatarea Tehnologiilor Generice Esențiale (TGE), utilizând o PLATformă de interacțiune cu întreprinderile competitive - TGE-PLAT, cod SMIS 2014+ 105623

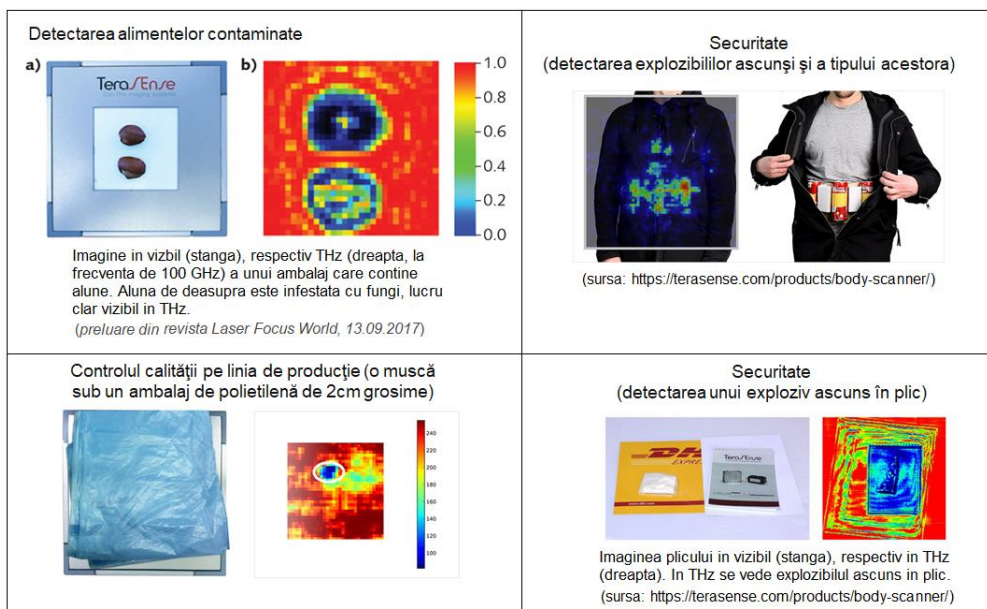


Figura 3 - Exemple de aplicații ale obținerii de imagini în domeniul THz.

A2) Difuzori optici

Aceștia au fost obținuți din filme de parafină și sunt de o calitate superioară, conform datelor experimentale, celor existenți comerciali cu excepția celor holografici. Concret, unghiul corespunzător valorii $1/e$ are o valoare de 40° (TGE-PLAT) comparativ cu 20° pentru cei comerciali (excepție cei holografici care pot atinge 50°). Totodată, difuzorul obținut de către noi s-a dovedit a fi un depolarizor de înaltă calitate. Difuzorii obținuți de noi sunt de cost redus și foarte ușor de obținut. Am realizat cu succes transpunerea topografiei de suprafață a filmului de parafină în polimer de tip OrmoClear^(TM) (figura 4), fapt ce rezolvă atât problema rezistenței mecanice cât și pe cea a rezistenței la temperatură.

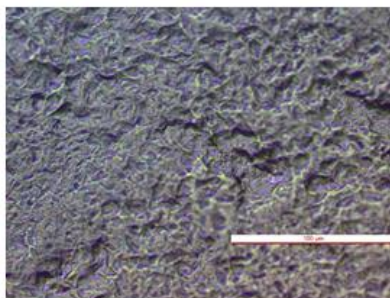


Figura 4 - Imagine la microscopul optic a suprafeței de OrmoClear^(TM).

Ca aplicații ale difuzorilor optici menționăm:

- Sisteme de iluminare pe bază de LED-uri,
- Diferite tipuri de iluminare incluzând afișoare electronice și semnalizări necesitând lumină uniformă pe arii mari,

- Quantitative phase imaging,
- Corectarea aberațiilor optice,
- 3D Printing holografic,
- Sisteme de iluminare de tip fluorescent,
- Imagistică 3D fără lentile în unică expunere (lens-less single-exposure 3D imaging),
- Analiza colorimetrică pentru detectarea diferitelor substanțe de către sisteme portabile,
- Mimarea împrăstierii dinamice a luminii în medii turbide care generează speckle variabil pentru testarea unor algoritmi de extragere a imaginii din lumina propagată prin medii turbide),
- Sisteme de securitate laser (evitarea expunerii direct în fascicolul laser),
- Semnalizări diverse (sisteme de protecție laser, semnalizări tipărite)

A3) Lentile pentru domeniul vizibil

În acest caz, este necesară șlefuirea lentilei la calitate optică. Experimentele realizate pe durata proiectului ne-au indicat faptul că obținerea unei calități optice a suprafeței lentilei nu este posibilă fără șlefuire. Din cercetările efectuate rezultă că motivele sunt de natură fizică. Comparativ cu fabricarea clasică a lentilelor, în cazul acestui proiect necesitățile de șlefuire sunt mult mai mici - sunt necesare ajustări ale suprafeței de aproximativ 200 micrometri pe distanțe mai mari de 15 cm, urmate de șlefuirea la calitate optică. Astfel, durata de lucru, consumul de energie sunt mult reduse iar volumul de material care trebuie îndepărtat este de sub 1 % din cel întâlnit la tehnologia tradițională de obținere a lentilelor. De subliniat faptul că, în varianta propusă de noi (cea folosind tehnologia de 3D Printing), se pot obține elemente optice pentru domeniul vizibil fabricate din rășini.

B) Rezultate obținute suplimentar care pot interesa firma dar care mai necesită dezvoltare

Aceste rezultate au fost obținute peste cele considerate la începutul proiectului. Sunt cu aplicabilitate practică, au fost experimentate dar mai necesită dezvoltare până să ajungă la etapa pre-comercială.

B1) Metoda de scanare 3D

. În acest caz a fost concepută și testată preliminar o metodă 3D de scanare a corpurilor. Rezultatele experimentale obținute până acum indică fezabilitatea metodei.

Efectul pe care culoarea sau variațiile de reflectivitate ale suprafeței corpului le au asupra interpretării corecte a imaginii achiziționate poate produce erori în reconstrucția obiectului. În acest caz, problema este rezolvată prin utilizarea unui lichid fotoluminescent și a unei/unor camere video prevăzute cu filtre adaptate spectrului de fluorescență. Această metodă de utilizare a fotoluminescenței diferențiază conceptul nostru de tehnici asemănătoare, făcând ca metoda noastră de scanare 3D să fie superioară în raport cu cele concurente. Trebuie menționat faptul că metoda de scanare 3D propusă în proiect oferă posibilitatea determinării existenței unor goluri în interiorul obiectului scanat, goluri care nu sunt de la suprafață. Această capacitate de determinare a existenței golurilor interioare face ca metoda de scanare 3D obținută în proiect să fie unică comparativ cu toate celelalte metode de scanare optică 3D, având implicații importante - printre altele - în domeniul securității sistemelor de printare 3D și a lanțurilor de producție care le conțin. Avem în vedere colaborarea în proiecte europene pentru a aduce sistemul de scanare 3D la un nivel care să intereseze piața.

Figura 5 indică principiul de lucru al metodei.

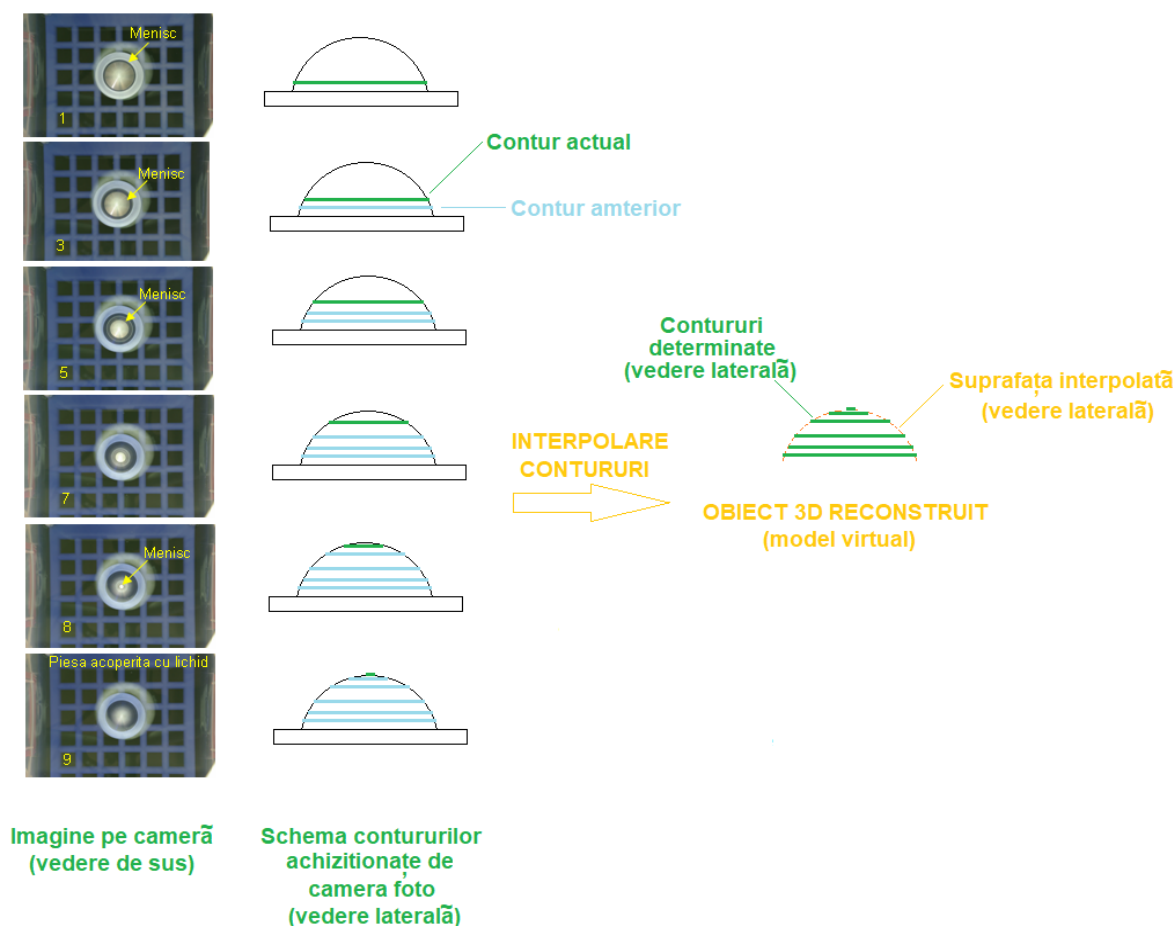


Figura 5 - Principiul metodei de scanare 3D concepută în cadrul proiectului.

C) Rezultate obținute suplimentar care sunt de interes general

Aceste rezultate au fost obținute peste cele considerate la începutul proiectului dar nu intră în sfera de interes a firmei partener. În schimb, pot avea aplicații pentru alți beneficiari, fapt ce dovedește o dată în plus sustenabilitatea proiectului nostru.

C1) Generator de numere aleatoare

Un astfel de generator este foarte util, de exemplu, în criptarea comunicațiilor. Există mai multe metode fizice de generare a unor secvențe aleatoare. Cea propusă de noi folosește imaginea AFM a suprafeței de parafină. Analiza preliminară a arătat că secvențele de numere corespunzătoare cotelor de nivel din imaginea AFM a filmului de parafină au un caracter gaussian, deci ar fi perfect aleatoare. Sunt necesare determinări mai precise ale caracterului aleator, determinări făcute de către instituții specializate. O variantă îmbunătățită a metodei, variantă care ne este cunoscută, poate oferi secvențe aleatoare de până la 10^{12} caractere.

C2) Diodă optică pentru lumina naturală

Acesta este un dispozitiv care are transmisii optice diferite pentru lumina care se propagă într-un sens sau într-altul. Ca aplicație, se pot imagina ferestre care să conțină o arie de astfel de elemente și care, în funcție de partea expusă spre exterior, să permită reglarea schimbului de lumină și căldură între interior și exterior (de exemplu, iarna-vara). Reglarea se face fără consum de energie. Conceptul de fereastră care conține astfel de diode optice va trebui testat experimental pentru a îi determina eficiența. Rezultatele simulărilor obținute până în prezent ne indică fezabilitatea conceptului.

Diseminarea rezultatelor:

Au fost publicate două lucrări în reviste ISI în parteneriat IMT-firmă beneficiară, precum și un articol publicat doar de către unitatea de cercetare. De asemenea, au fost depuse două cereri de brevet de invenție de către unitatea de cercetare și una de către firma parteneră.

Lucrări ISI în parteneriat cercetare-industrie:

- 1) G. Moagăr-Poladian, A. Popescu, D. V. Ursu, R. Gavrilă, G. Crăciun, C. Romanițan, I. Mihalache, C. Pârvulescu - *“Paraffin as a material for optical diffusers - Fabrication and characterization”*, Optical Materials vol. 109, p. 110430, (2020)
- 2) G. Moagăr-Poladian, C. Tibeică, D.-V. Ursu - *„Geometrical optical diode for natural (ambient) light”*, J. Phys. Commun. 4, 115005, (2020)

Lucrări doar ale unității de cercetare:

- 1) G. Moagăr - Poladian, A.M. Popescu, R. Gavrilă, C. Tibeică - *„Surface morphology characterization of a paraffin film used as an optical diffuser”*, Welding and Material Testing, nr.4 , pag. 3-6, (2018)

Cereri de brevet de invenție ale unității de cercetare:

- 1) V. Moagăr-Poladian, G. Moagăr-Poladian, C. Tibeică - Metodă de scanare 3D a corpurilor, OSIM A00340 / 06.06.2019
- 2) G. Moagăr-Poladian, A. Popescu - *“Procedeu pentru obținerea de elemente optice cu suprafață optică de tip aleator”*, OSIM A00803 / 27.11.2019