

# Raport stiintific final

(2020 – 2022)

<b>Competitia:</b>	Proiect de transfer la operatorul economic – PTE 2019
<b>Nr. contract:</b>	35PTE
<b>Cod proiect:</b>	PN-III-P2-2.1-PTE-2019-0578
<b>Domeniul de cercetare:</b>	2.3 - Securitate
<b>Titlul:</b>	TEhnologii COMbinate pentru dezvoltarea de HOlograme Inteligente multistrat cu grad ridicat de SIGuranta
<b>Acronim:</b>	TECOMHOLISIG
<b>Data incepere proiect:</b>	28/05/2020
<b>Data finalizare proiect:</b>	27/05/2020
<b>Durata (luni):</b>	24
<b>Buget total:</b>	1.432.470 Ron
<b>Sursa 1 Bugetul de stat</b>	1.189.000 Ron
<b>Sursa 2 Alte surse atrase (cofinantare):</b>	243.470 Ron
<b>Pagina web proiect:</b>	<a href="https://tecomholisig.optoel.ro/">https://tecomholisig.optoel.ro/</a>
<b>Institutia coordonatoare:</b>	OPTOELECTRONICA - 2001 S.A.
<b>Director de proiect:</b>	Dr. Ing. Teodor NECSOIU
<b>Partener 1 proiect (P1):</b>	INSTITUTUL NATIONAL DE CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU MICROTEHNOLOGIE - IMT BUCURESTI

***1. Prezentare generala a realizarii obiectivelor proiectului, cu punerea in evidenta a rezultatelor si gradul de realizare a obiectivelor. Prezentarea trebuie sa includa explicatii care sa justifice diferentele (daca exista) dintre activitatile preconizate si cele realizate.***

***Obiectivele operationale*** ce tin de planul de activitati propus sunt:

- OO-1. Obtinerea componentelor modelului experimental utilizand micro si nano tehnologi;
- OO-2. Obtinere model experimental si prototip de etichete holografice multistrat prin experimentari specifice ale proceselor tehnologice si optimizarea parametrilor;
- OO-3. Validarea prototipului de etichete holografice inteligente multistrat

In urma implementarii acestui proiect s-au atins toate cele trei obiective ale proiectului. Astfel, **OO-1** a fost atins dupa derularea activitatilor desfasurate in etapa I cu titlul “Proiectare componente model experimental (ME) de tehnologie fabricatie a unor etichete holografice multistrat”. In aceasta etapa s-au executat activitati legate de:

- Stabilirea cerintelor tehnice si teste de realizare a fundalului holografic, elementelor de Securitate si elementului de RFID;
- Proiectare a fundalului holografic si a elementelor de securitate (masti fotolitografice si flux tehnologic). Proiectare, modelare si simulare a elementelor RFID;
- Realizare structuri test de fundal holografic, elemente de securitate holografice, masca fotolitografica pentru element de securitate si elementele de RFID;
- Diseminare;

Activitatile s-au derulat in stransa colaborare intre cei doi parteneri IMT si OPTOEL. Astfel partenerii au utilizat pentru etapa 1 instalatii de cercetare de expunere cu fascicul laser astfel: Kinemax - OPTOEL si respectiv Heidelberg Dw66L - IMT. La inceput cei doi parteneri au elaborate cerinte initiale privind eticheta inteligenta holografica multistrat concentrat fiecare pe partea sa: Optoel referitor la imaginea holografica de securitate, iar IMT pentru partea de RFID. OPTOEL a proiectat si realizat imaginea holografica expusa pe placa de fotorezist pentru 2 modele grafice (figura 1 si 2). Fiecare model grafic cuprinde un numar de elemente de securitate. IMT a proiectat si simulat antenna RFID-ului(figura 3) si a proiectat elementele de securitate realizand masti fotolitografice si flux tehnologic (figura 4). S-au executat in total un numar de 6 placi de fotorezist pentru scopuri de examinare, simulare comportare si integrare elemente de securizare ridicata. S-a elaborat si pagina de web a proiectului pentru a disemina rezultatele acestuia. Tot odata, au fost anexate la raportul stiintific aferent etapei I: imagine pagina de web proiect, borderou documentatie pentru model 1 si 2 valabil model experimental, ansamblu general pentru model 1 si 2 valabil model experimental.

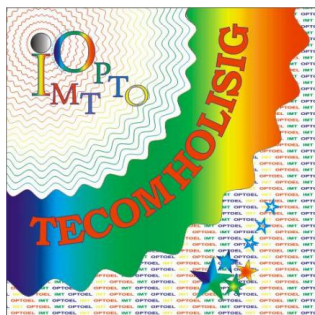


Figura 1. Model grafic 2

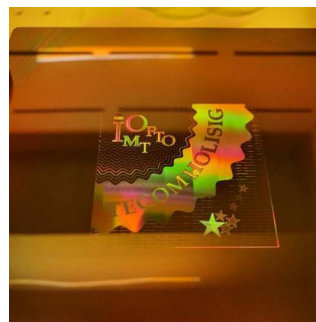


Figura 2. Model 2 executat



Figura 3. Masca fotolitografica a elementelor de RFID (antenna si retea de atenuare simetrica)



Figura 4: Captura realizata cu ajutorul microscopului optic cu marire de 50x

**OO-2** a fost atins în cadrul activităților desfășurate în etapa II cu titlul “Realizare ME de tehnologie pentru fabricația etichetelor holografice multistrat și obținere prototip”. Pentru atingerea acestui obiectiv s-au derulat următoarele activități:

- S-a efectuat caracterizarea structurilor test de fundal holografic, elemente de Securitate holografice, masca fotolitografică pentru elementele de Securitate și antena RFID.
- partenerii au efectuat experimentări tehnologice pentru suprapunerea elementelor de Securitate pe fundalul holografic pentru obținerea etichetei holografice cu elemente noi de Securitate. Aceste experimente au condus la o serie de modificări care au permis realizarea modelului experimental de fabricație a etichetelor holografice cu elemente noi de Securitate integrate, realizarea modelului experimental de fabricație a antenei RFID și integrarea acestuia în structura RFID.
- Cei doi parteneri au efectuat integrarea de componente ME: eticheta holografică securizată cu noua structură de RFID și caracterizarea noii etichete holografice multistrat.

Experimentele și caracterizarile efectuate de cele două instituții au permis să se traga câteva concluzii, ce au condus la îmbunătățirea procesului de realizare. În acest sens, amintim că au fost aduse modificări la parametrii de: expunere pe echipamentul Kinemax, parametrii de electroformare pentru creșterea filmului de nichel și modul de obținere a matritelor de nichel pentru a obține o calitate ridicată în final. S-au rezolvat anumite probleme ivite pe parcurs, cum ar fi: pete pe spatele matritei de nichel, gauri în filmul crescut, strat de nichel casant, etc. Îmbunătățirea proceselor a permis obținerea prototipului de hologramă inteligentă multistrat cu grad ridicat de Securitate care include atât fundalul holografic, cât și elemente de Securitate dedicate.

**OO-3** a fost atins în cadrul activităților desfășurate în etapa III cu titlul “Validare prototip de tehnologie pentru fabricația etichetelor holografice multistrat”. Pentru atingerea acestui obiectiv s-au derulat următoarele activități:

- Experimentare și testare prototip pentru demonstrarea funcționalității acestuia;
- Validare prototip de tehnologie de fabricație în mediu industrial;
- Brevetare;
- Diseminare.

În activitatea de experimentare și testare prototip, s-a utilizat prototipul dezvoltat anterior în etapa a doua. Astfel, s-au efectuat experimentări pe elementele componente ale etichetei multistrat în vederea caracterizării acestora. Utilizând echipamente performante de verificare din dotarea IMT-București, s-au efectuat experimente pe matrita dezvoltată, matrita de nichel și matrita de nichel după recombinație. S-au efectuat de asemenea caracterizări dimensionale, ca de exemplu: grosime de strat din eticheta și dimensiunea antenei RFID. Pentru demonstrarea funcționalității prototipului s-au efectuat verificări ca de exemplu: verificarea detectării etichetei de la distanță în hala de producție a Optoelectronica 2001 S.A. și s-a constatat că distanța maximă de detecție este 10 m. Rezultatele obținute au permis să se continue etapa cu activitatea de validarea prototipului de tehnologie de fabricație

a etichetelor holografice inteligente multistrat. Astfel, s-a omologat intern produsul. In cadrul evenimentului care are loc la fiecare 2 ani, din domeniul securitatii, BSDA 2022, Optoelectronica 2001 SA a diseminat rezultatelor obtinute in urma implementarii acestui proiect. Astfel, au fost prezentate etichetele holografice inteligente multistrat potentialilor consumatori in vederea valorificarii ulterioare pe piata.

Cele doua entitati, una de cercetare dezvoltare IMT-Bucuresti si alta economica, Optoelectronica 2001 SA au decis sa isi protejeze drepturile de proprietate intelectuala prin semnarea unui acord care prevede modul de impartire a acestora. Ulterior semnarii acordului, s-a depus la OSIM o cerere de brevet de inventie cu numarul A/00264 din 13.05.2022 si care are titlul: „Procedeu de realizare a etichetelor cu holograme inteligente multistrat cu grad ridicat de siguranta”. Tot in cadrul acestei etape a fost realizata o actualizare a paginii web <https://tecomholisig.optoel.ro> cu rezultatele finale obtinute prin implementarea acestui proiect.

Pentru efectuarea activitatilor prevazute in planul de realizare, cei doi parteneri au alocat resurse umane, financiare si materiale. Acestea se regasesc descrise detaliat in platforma de raportare. Prototipul obtinut in cadrul derularii proiectului este o eticheta holografica inteligenta multistrat cu grad de siguranta care este prezentat in figura .....



*Figura 5. Prototipul dezvoltat in cadrul proiectului*

Rezultatele obtinute in urma implementarii acestui proiect au fost diseminate astfel:

#### **Articole publicate in reviste indexate ISI:**

- [1] Roxana Tomescu, Catalin Parvulescu, Dana Cristea, Brandus Comanescu, Mihaela Pelteacu, Low cost technology for the fabrication of anti-counterfeiting metal microtaggants, Journal of Micromechanics and Microengineering, Volume 31, Number 3, (2021), DOI: [10.1088/1361-6439/abdb76](https://doi.org/10.1088/1361-6439/abdb76)
- [2] M. Aldrigo *et al.*, "Tunable 24-GHz Antenna Arrays Based on Nanocrystalline Graphite," in *IEEE Access*, vol. 9, pp. 122443-122456, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3109420.

#### **Articole publicate in reviste BDI:**

- [1] B. Comanescu, P. Schiopu, M. Vladescu, M. Iliescu, "Adaptable Fiber Laser Control Unit", The Eurasia Proceedings of Science, Technology, Engineering & Mathematics (EPSTEM), Vol. 16, pp. 87-97, ISSN: 2602-3199, 2021

### **Prezentari la conferinte internationale:**

- [1] C. Parvulescu, M. Aldrigo, R. Tomescu, B. Comanescu, D. Cristea, Integration of RFID with diffractive optical elements in multi-layer security labels, 13th International Conference on Physics of Advanced Materials (ICPAM-13), Sant Feliu de Guixols, Costa Brava, Spain, 2021
- [2] C. Parvulescu, R. Tomescu, B. Comanescu, D. Cristea, Secured holographic labels fabricated with low-cost technology, 18th International Conference on Nanosciences & Nanotechnologies (NN21) Thessaloniki, Greece 2021
- [3] C. Parvulescu, D. Cristea, R. Tomescu, A. Martino, B. Comanescu, M. Pelteacu, Design and Simulation of RFID Components for Integration in Intelligent Security Holographic Labels, 7th International Conference on Diffusion in Solids and Liquids (DSL-2021), 2021
- [4] B. Comanescu, P. Schiopu, M. Vladescu, M. Iliescu, "Adaptable Fiber Laser Control Unit", International Conference on Technology, Engineering and Science (IConTES) 2021, 04.11.2021 – 07.11.2021, Antalya, Turkey
- [5] T. Necsoiu, C. Parvulescu, B. Comanescu, D. Cristea, R. Tomescu, A. Enuica, "Tehnologie de realizare microparticule metalice cu fundal holografic pentru protectia la falsificare a produselor" la Eveniment de informare si publicitate si eveniment tematic cu titlu: "Realizari in domeniul „securitate” online in data de 15.12.2020

### **Cerere brevet:**

- [1]. Brandus Comanescu, Mihaela Pelteacu, Teodor Necsoiu, Dana Cristea, Roxana Tomescu, Catalin Parvulescu, „Procedeu de integrare a elementelor RFID cu rază lungă de acțiune în etichete holografice inteligente multistrat pentru creșterea gradului de securitate”, Nr. A/00264 din 13.05.2022

### **Expozitie:**

OPTOEL a participat la expozitia *Black Sea Defense & Aerospace International Exhibition and Conference 2022 – BSDA*, in perioada 18 – 20 mai 2022 la Complexul ROMAERO Bucuresti

Rezultatele estimate pe fiecare etapa din cadrul proiectului au fost atinse cu succes.

***Obiectivele specifice dar si cel general au fost finalizate in totalitate. In final a fost obtinut un produs si o noua tehnologie imbunatatita.***

## ***2. Prezentare si argumentare nivelului de maturitate tehnologica (TRL) la finalul proiectului.***

Nivelul atins dupa implementarea proiectului este TRL6 definit ca tehnologie demonstrata in mediul industrial prin obtinerea unui prototip de eticheta holografica prin noua tehnologie de integrare a elementelor de securitate (efecte optice si nanotext), structurii RFID si imbunatatirea proprietatilor functionale (optice) si morfologice prin caracterizari complexe intermediare/finale.

In procesele intermediare de trecere de la TRL4 la TRL6, s-a tinut cont de urmatoarele:

- in structurile holografice pe care le-a produs OPTOEL a fost integrat un nou element de securitate de tip structura nanotext, ceea ce a implicat stabilirea etapei de fabricatie in care sa fie introdus acesta;
- noul element de securitate a presupus modificari ale proceselor intermediare (originare, procese chimice, depuneri electrochimice, embosare etc.);
- noul element de securitate a presupus introducerea unor proceduri de caracterizare intermediar/final pentru stabilirea fisei tehnice a produsului obtinut;
- introducerea structurii de RFID si gasirea unei metode de integrare a acesteia.

In acest context, s-a imbinat experienta IMT si cea a OPTOEL din domeniul realizarii si replicarii elementelor optice difractive, pe diferite tipuri de suporturi, cu detalii micronice si submicronice si implementarea acestora in procesul de fabricatie a structurilor holografice.

In cadrul acestui proiect tehnologia a fost optimizata si aplicata la realizarea prototipului de tehnologie pentru fabricarea etichetelor holografice inteligente multistrat ce contin elemente optice difractive, nanotext si element RFID UHF. In urma realizarii prototipului de tehnologie a fost realizat transferul tehnologic catre OPTOEL si validarea acestuia in mediul industrial (TRL 6). Astfel, s-au obtinut:

- Prototip de eticheta holografica inteligenta cu elemente de securitate nou integrate;
- Prototip validat in mediul industrial in hala de productie OPTOEL;
- Documentatie tehnica de realizare pentru etichetele holografice inteligente multistrat;
- Mijloace si metode de caracterizare specifice domeniului.

### **3. Modul de atribuire si exploatare de catre parteneri a drepturilor de proprietate (intelectuala, de productie, difuzare, comercializare etc.) asupra rezultatelor proiectului.**

In privinta drepturilor de proprietate intelectuala, exploatare si diseminare a rezultatelor proiectului, au fost respectate prevederile legale in vigoare. Orice publicatie sau orice rezultat aparut si raportat in urma cercetarii finantate de la bugetul de stat prin Autoritatea Contractanta are mentionat numele Programului prin care este finantat si numarul de contract.

Dotarile achizitionate pe parcursul derularii proiectului din budgetul alocat apartin unitatilor care le-au efectuat, corespunzator planului de realizare. Prototipul realizat in cadrul proiectului apartine OPTOEL, unitate coordonatoare a proiectului.

Membrii consorțiului au semnat un acord total de parteneriat cu privire la proprietatea intelectuala, stabilind ca rezultatele finale ale proiectului sa fie valorificate prin participari la conferinte nationale si internationale (5), elaborandu-se si publicandu-se totodata articol in reviste de specialitate (2 indexate ISI, 1 – BDI) si o propunere de brevet de inventie.

Drepturile de proprietate sunt impartite in mod egal intre cei 2 parteneri: IMT si OPTOEL.

#### ***4. Prezentarea realizărilor economice și/sau tehnologice obținute la finalul proiectului comparativ cu obiectivele propuse în planul de afaceri.***

Proiectul a avut ca obiectiv principal dezvoltarea unei tehnologii de fabricație a etichetelor inteligente multistrat cu grad ridicat de siguranță care a fost atins. Tehnologia de fabricație dezvoltată este nouă, permite fabricația de etichete inteligente multistrat cu grad de siguranță ridicat. Etichetele au avantajul că nu permit contrafacerea produsului pe care se aplică și se pot citi de la distanță. Citirea de la distanță permite o mai bună gestiune logistică a produsului pe care se aplică pe ciclul de viață de la producător la consumator. Produsul se poate staționa în depozite mari care permit instalarea de cititoare RFID de distanță mare. Rezultatul aplicării tehnologiei este o nouă produs, o etichetă inteligentă multistrat cu grad ridicat de siguranță. Eticheta se poate aplica în diferite domenii: logistic, producție de componente auto, producție de componente aeronautice, producție de medicamente, producție de produse de lux, alte produse care necesită protecție și control. Eticheta se poate proiecta și realiza conform cerințelor beneficiarului. Eticheta realizată are următoarele specificații tehnice principale: grad de siguranță ridicat, citirea RFID-ului de la distanță ridicată -aprox 10m, etc.

Proiectul a consolidat un parteneriat între o organizație de cercetare dezvoltare, Institutul Național de Cercetare Dezvoltare în Microtehnologii IMT București și un partener industrial, Optoelectronica 2001 S.A. Cei doi parteneri au realizat o sinergie a colaborărilor și sunt capabili ca împreună să dezvolte și valorifice pe piața proiecte care sunt cerute de beneficiari. Partenerul Optoelectronica 2001 SA a beneficiat de un transfer de cunoștințe de la partenerul de cercetare, salariații acestuia s-au perfecționat în domeniul tehnologiilor optice.

#### ***5. Impactul rezultatelor obținute, cu sublinierea celui mai semnificativ rezultat obținut.***

Proiectul a avut un impact pozitiv pe mai multe planuri pentru ambii parteneri.

Astfel pentru **IMT București** impactul a constat în:

- valorificarea capacității tehnico -științifice ridicate în domeniul microtehnologiilor
- valorificarea și utilizarea la un nivel performant corespunzător a dotării cu echipamente de cercetare dezvoltare
- elaborarea de articole de înalt nivel științific
- stabilirea unui parteneriat de cercetare dezvoltare inovare și producție
- participarea la efortul de valorificare pe piața de tehnologii și produse inovative

Pentru **Optoelectronica 2001 SA** impactul a însemnat:

- pregătirea personalului în urma transferului de cunoștințe
- dezvoltarea unei tehnologii noi performante de fabricație etichete holografice inteligente multistrat și posibilitatea punerii pe piața de etichete holografice inteligente multistrat

- dezvoltarea portofoliului de produse in domeniul securitatii prin adaugarea de etichete holografice inteligente multistrat
- consolidarea unui parteneriat in domeniul microtehnologiilor care este capabil sa dezvolte produse inovative
- participarea la evenimente internationale in domeniul securitatii cu un produs inovativ cu mare deschidere de piata

Cel mai important impact este acela ca Optoelectronica 2001 SA a obtinut o tehnologie de fabricatie cu ajutorul careia poate sa puna pe piata etichete holografice inteligente multistrat (vezi figura 5). Eticheta rezultata este securizata, impiedica contrafacerea si poate fi citita de la distanta ridicata ceea ce ii creste potentialul de utilizare.

Director de proiect

Dr. Ing. Teodor Necsoiu



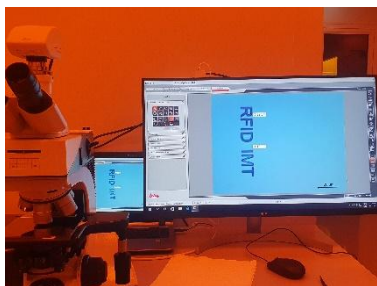
## Prezentare rezultate obtinute in cadrul proiectului

Proiectul “TEhnologii COMBinate pentru dezvoltarea de HOlograme Inteligente multistrat cu grad ridicat de SIGuranta – TECOMHOLISIG” a avut ca obiectiv dezvoltarea unei tehnologie inovative pentru fabricarea **unei etichete inteligente holografice multistrat**, alcatuita din: un fundal holografic, elemente de securitate tip nanotext, elemente de securitate holografice, structura de RFID pasiv si proprietati optice si morfologice imbunatatite datorita optimizarii proceselor pe baza caracterizarilor complexe ale componentelor produse in etapele intermediare ale procesului de fabricatie, utilizand infrastructura existenta la OPTOE. Aceasta tehnologie poate fi adaptata si pentru alte serii de etichete holografice.

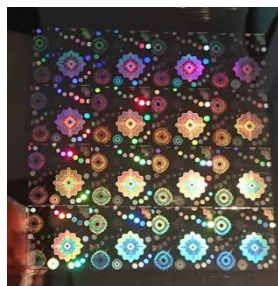
Aceasta eticheta inteligenta holografica ofera avantajul de a fi greu de falsificat prin imbinarea mai multor procese tehnologice complexe cu o structura de RFID cu cod unic de identificare, ce ii va permite cresterea gradului de securitate si controlul a produsului pe care este atasata, pe intregul lant de la producator la client.

Rezultatele proiectului au constat in prototip de tehnologie inovativa pentru fabricarea de etichete holografice inteligente multistrat si transferul tehnologic efectuat de catre IMT la OPTOEL, pentru imbunatatirea proprietatilor optice si morfologice a structurilor cu grad ridicat de siguranta si implementarii noilor elemente de securitate (micro/nanotext si RFID pasiv) impreuna cu etapele tehnologice necesare integrarii acestora pe linia de fabricatie a OPTOEL. Mai mult decat atat, s-a dezvoltat un parteneriat intre mediul privat si mediul de cercetare/dezvoltare prin asimilarea rezultatelor CDI si transferul de cunostinte al acestora catre agentul economic OPTOEL.

Eticheta holografica inteligenta multistrat obtinuta in urma implementarii prototipului de tehnologie dezvoltat are dimensiunea de 59x61 mm si o grosime de 150  $\mu\text{m}$ , fiind alcatuita din trei componente principale si trei straturi de adeziv acrilic permanent si rezistent in domeniul standard de temperature. Imaginea holografica compusa din elemente optice diffractive si elemente de Securitate au fost realizate pe folie holografica transparenta, iar antena pentru (elemental RFID) dezvoltata in cadrul proiectului este configurata pe folie de kapton. Cipul RFID de tip UHF pasiv este atasat antenei cu adeziv epoxy conductiv. Distanța maxima de citire a informatiilor stocate pe cipul integrat este de 10.2 m.



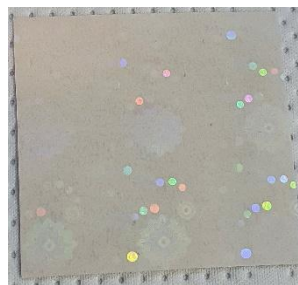
*Elemente de securitate tip nanotext vizualizat cu ajutorul microscopului optic*



*Imaginea holografica pe shimul de lucru*



*Antena si cip RFID de tip UHF pe substrat de kapton*



*Eticheta holografica inteligenta multistrat*