

I. Raportul Științific 2023

Contract nr. 100PTE/2022; etapa nr. 2/2023;

cod proiect: PN-III-P2-2.1-PTE-2021-0150

titlu proiect: TEHNOLOGIE ACOPERIRI SUPRAFEȚE VITRATE CU STRATURI
NANOSTRUCTURATE CU PROPRIETĂȚI ANTIBACTERIENE ȘI DE
AUTOCURĂȚARE

acronim: NanoTechWin

Descrierea științifică cu punerea în evidență a rezultatelor etapei anuale și gradul de realizare a obiectivelor

Conform Planului de Realizare a Proiectului, în etapa 2 (2023) sunt prevăzute 7 activități, dintre care activitățile A2.1 ÷ A 2.6 sunt de tip A2 (A) (cercetare industrială în colaborare efectivă sau cu diseminarea rezultatelor), iar A2.7 este de tip D2 (Activități suport – Diseminare și participare la manifestări tehnico-științifice). Data de finalizare a etapei este 31/12/2020.

Activitatea A2.1 Studiu privind tehnologiile de acoperire și optimizarea pentru scalare depuneri straturilor de TiO₂ pe arii mari (format A4 / A3 /A2) pentru obținerea sticlei (suprafețe vitrate) cu proprietăți de autocurățare și antibacteriene - Partea 2

Activitatea a fost desfășurată de CO (OPTOEL) în parteneriat cu P1 (INCDFM) și P2 (OPTOEL).

Aspecte relevante ale cercetării științifice, precum și rezultatele obținute sunt prezentate în cele ce urmează.

Straturile ultrasubțiri de aproximativ 400 nm grosime au fost obținute prin pulverizarea pneumatică a unei suspensii de nanocristale de TiO₂. Morfologia stratului se caracterizează prin aspectul reticulat cu cratere cu diametre cuprinse între 1,9 și 37 μm și adâncimi de 0,2 până la 1,3 μm (vezi figura 1). Profilul liniar al craterului este marcat cu albastru.

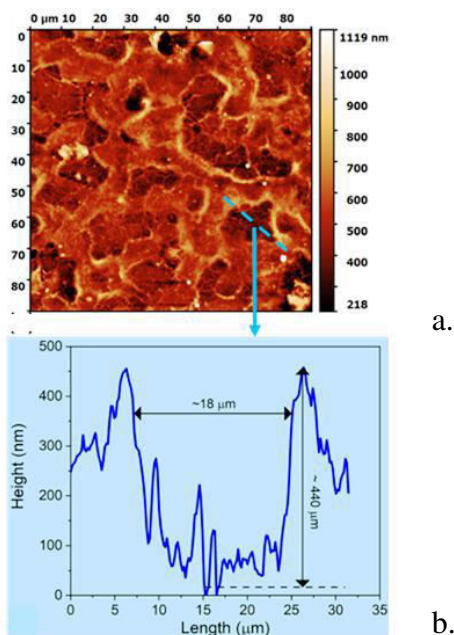


Fig. 1 Imagine AFM (Atomic Force Microscopy) pentru straturile nanocristaline de TiO₂ suprafață scanată, de dimensiuni 90 μm x 90 μm; linia punctată (albastru) indică valorile înălțimii, în nm (a); profilul liniar al unui crater marcat este evidențiat prin linia albastră (b).

Tehnologie 1 (T1) - pe dispozitive și echipamente de laborator - v. Fig. 2



Fig. 2 Faze tehnologii de depunere a nanostraturilor de TiO₂ mezoporos pe sticlă A4 - în laborator

Tehnologie 2 (T2) - pe dispozitive și echipament de depunere (printare) - v. Fig. 3

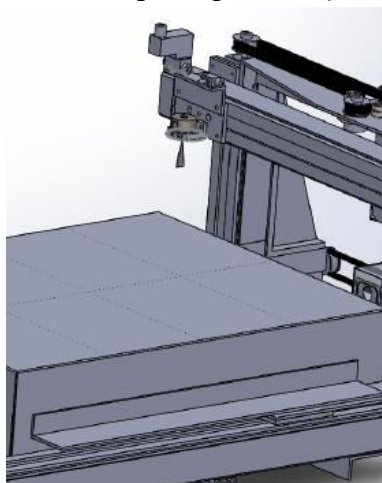


Fig. 3 Faze tehnologii de depunere a nanostraturilor de TiO₂ mezoporos pe sticlă A4 - echipament de depunere (printare)

Se poate observa (v. Fig 4) că durata procesului tehnologic 2 este mai mic cu aproximativ 48% față de primul proces

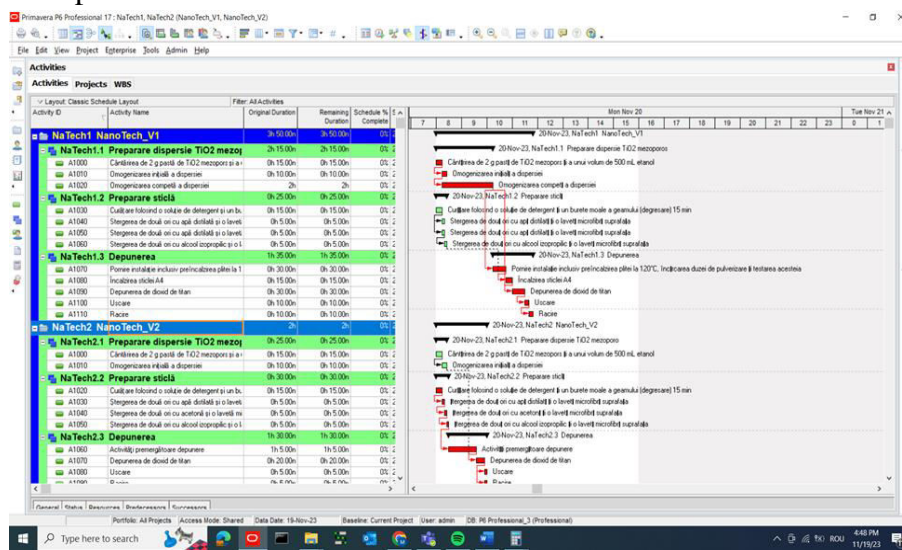


Fig. 4 Studiu asupra timpului de producție pentru tehnologiile T1 și T2

Proprietatea de autocurățare a straturilor de TiO_2 a fost evaluată conform standardului ISO EN 1096-5:2016, “Metodă de încercare și clasificare a performanțelor de autocurățare a suprafețelor de sticlă peliculizată”.

Transmisia optică în domeniul vizibil a fost evaluate înainte și după murdărire.

Probele astfel preparate au fost expuse la lumină UV și apoi puse sub flux de apă; ulterior, transmisia optică a fost reevaluată după un timp fixat (3h, 15h, etc.). Câteva dintre rezultatele obținute sunt evidențiate în Fig. 5.

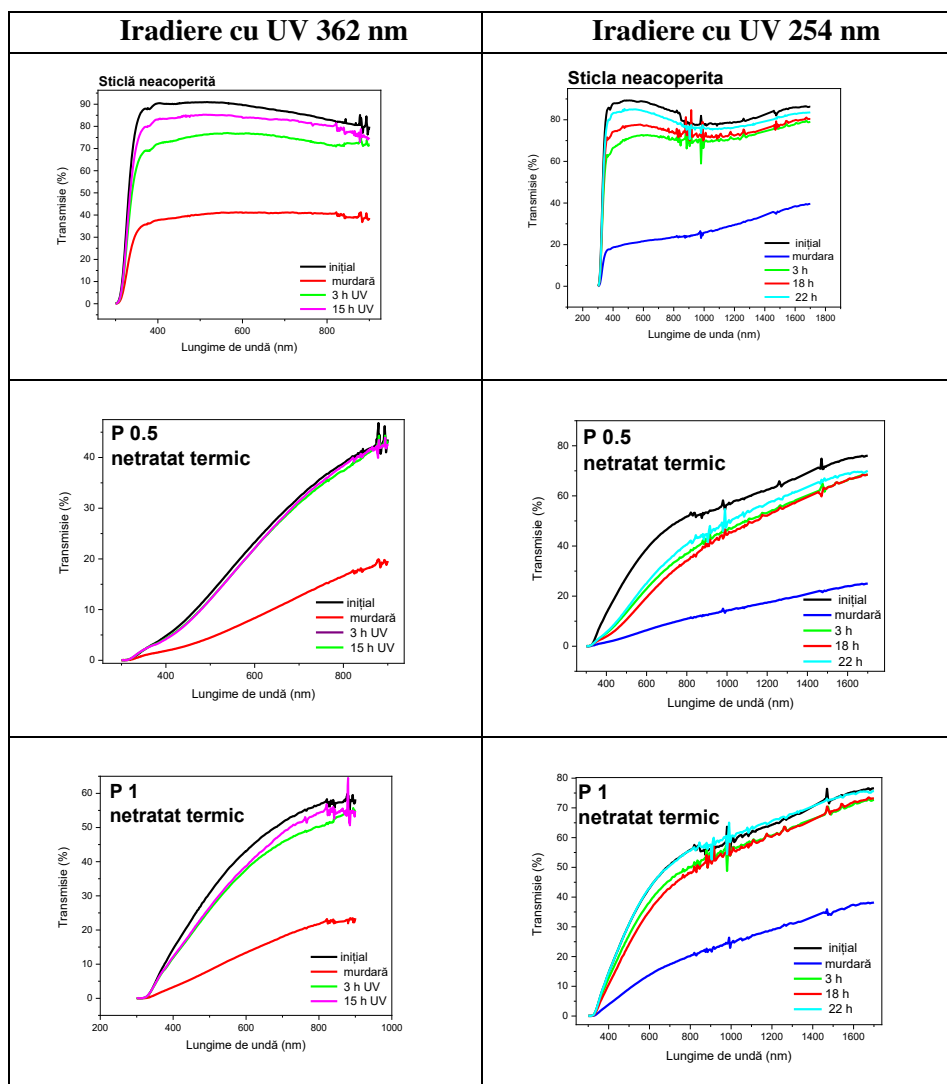


Fig. 5 Spectre de transmisie pentru sticla neacoperită și acoperită cu TiO_2 la diverse presiuni, înainte și după murdărire, înainte și după expunerea la UV 254 nm și 362 nm

Activitatea antimicrobiană a suprafețelor funcționalizate cu TiO_2 a fost evaluată prin metoda diluțiilor. Dintre concluziile acestei cercetări, se menționează următoarele.

- Fata de microorganismul *S. aureus* după funcționalizarea cu lumina UV-C (după timp de contact minim 15 minute) și lumina UV-B probele prezintă activitate antimicrobiană puternică, în timp ce după funcționalizarea cu lumina UV-C la timp de contact de 5 minute și lumina UV-A se remarcă o activitate moderată a probelor;
- Fata de microorganismul *Escherichia coli* probele prezintă o activitate antimicrobiană puternică numai după funcționalizarea cu lumina UV-C la timp de contact minim 15 minute,

in timp ce la celelalte lungimi de unda si timp de contact 5 minute prezinta o activitate moderata.

În vederea optimizării parametrilor de depunere s-au realizat experimente cu diferite valori ale parametrilor specifici depunerii de straturi TiO₂ nano-cristalin pe suporturi de sticlă silico-calco-solidică standard de geam (cu o grosime de 4 mm).

Pe suportii de sticlă curați s-a depus un strat reticulat de TiO₂ mezoporos prin pulverizare - v. exemplu, Fig 6.

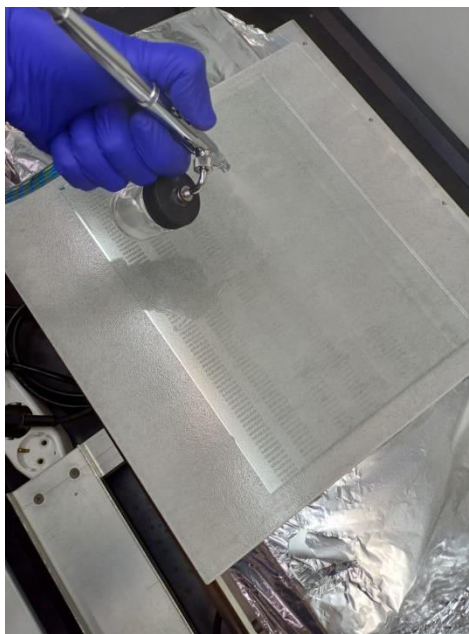


Fig. 6 Depunerea nanostraturilor de TiO₂ mezoporos pe sticlă A4

A fost variată presiunea gazului purtător (între 0,5 și 3 kgf/cm²) iar numărul de pulverizări a fost 30 - pe suporturi preîncălzite și menținute la 100°C urmate de un tratament post-depunere la 100°C timp de 10 minute pentru a se asigura evaporarea completă a alcoolului rezidual din film.

Preliminar, a fost variat numărul de pulverizări, între 10 și 40 și s-a remarcat faptul că acoperirea completă și stabilă (rezilientă) a sticlei, fără încărcare în exces, se obține în jurul valorilor de 28 - 34 pulverizări. Ca urmare, s-a convenit valoare optimă de 30 pulverizări pe suprafața curată a sticlei de geam.

Activitatea A2.2 Elaborare documentație model funcțional sticlă (suprafață vitrată cu straturi nanostructurate), cu proprietăți antibacteriene și de autocurățare - Partea 2

Activitatea a fost desfășurată de CO (OPTOEL) în parteneriat cu P1 (INCDFM). Aspecte relevante ale cercetării științifice, precum și rezultatele obținute sunt prezentate în cele ce urmează.

Tehnologia de depunere a straturilor nanostructurate de TiO₂ mezoporos pe sticlă (v. fig. 7) include faze specifice, și anume:

- F1. Preparare dispersie TiO₂ mezoporos;
- F2. Preparare sticlă;
- F3. Depunere.



Fig. 7 Depunere straturi nanostructurate de TiO_2 mezoporos pe sticlă

Necesarul de materiale (identificat prin experimentări repetate) pentru depunere pe suporturi de sticlă A4 este:

- 1 L apă distilată;
- 5 mL acetonă ;
- 5 mL alcool izopropilic;
- 2 g pastă TiO_2 mezoporos;
- 500 ml etanol.

Pentru tehnologia de depunere și arhitectura stratului cu nano-particule de TiO_2 depus, se identifică elementele caracteristice următoare:

- suporturi de sticlă silico-calco-soldică standard de geam (cu o grosime de 4 mm);
- procedeu de spălare cu apă și detergent urmat de ultrasonări repetate, de 15 minute, în apă distilată, acetonă și alcool izopropilic;
- tratament în plasmă de O_2 timp de 15 minute a pentru o curățare cât mai amănunțită a suporturilor;
- depunere strat reticulat de TiO_2 mezoporos prin pulverizare,
- presiune gazului purtător (azot 5.0) cu valori între 0,5 și 3 kgf/cm^2 ;
- 30 de pulverizări pe suporturi preîncălzite și menținute la 100°C ;
- tratament post-depunere la 100°C timp de 10 minute;
- distanță de 15 cm între duza de pulverizare și față de suprafața suportului de sticlă;
- viteza de deplasare a duzei (pe direcție transversală a suportului) de 50 mm/s

Activitatea A2.3 Elaborare documentație model funcțional echipament de depunere (printare) straturi nanostructurate (TiO_2) pe suport de sticlă cu suprafață, cel puțin echivalentă cu format A2 - Partea 2

Activitatea a fost desfășurată de CO (OPTOEL) în parteneriat cu P2 (OPTOEL). Aspecte relevante ale cercetării științifice, precum și rezultatele obținute sunt prezentate în cele ce urmează.

Structura modulară a echipamentului, și anume (v. figura 8):

- modul structură cadru - portal;
- modul sistem de pulverizare (cap depunere);
- modul sistem de acționare - comandă și control;
- modul încălzire.

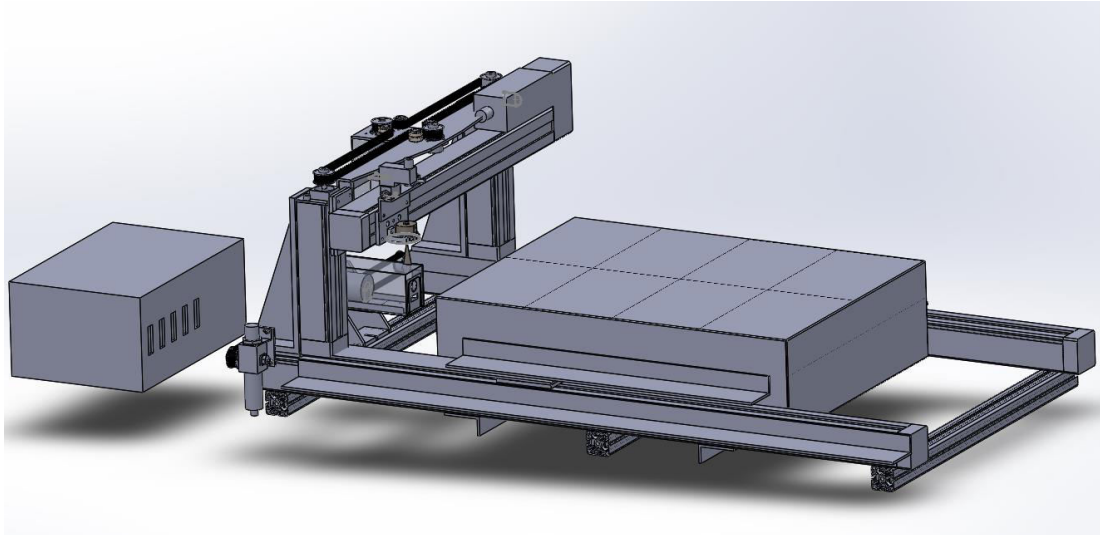
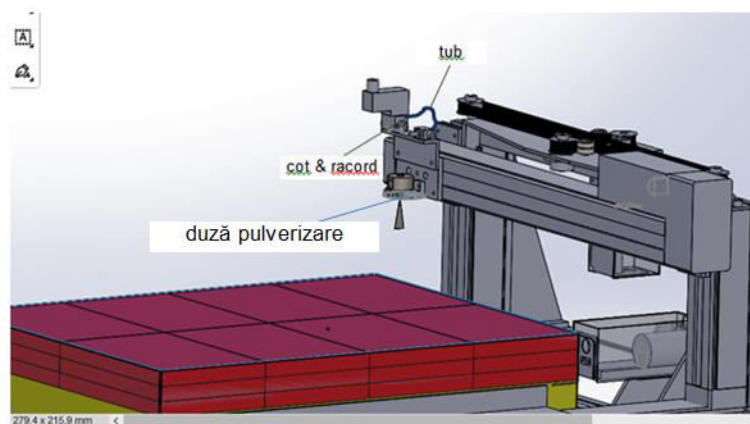


Fig. 8 Model echipament de depunere (printare) straturi nano-materiale (TiO₂);

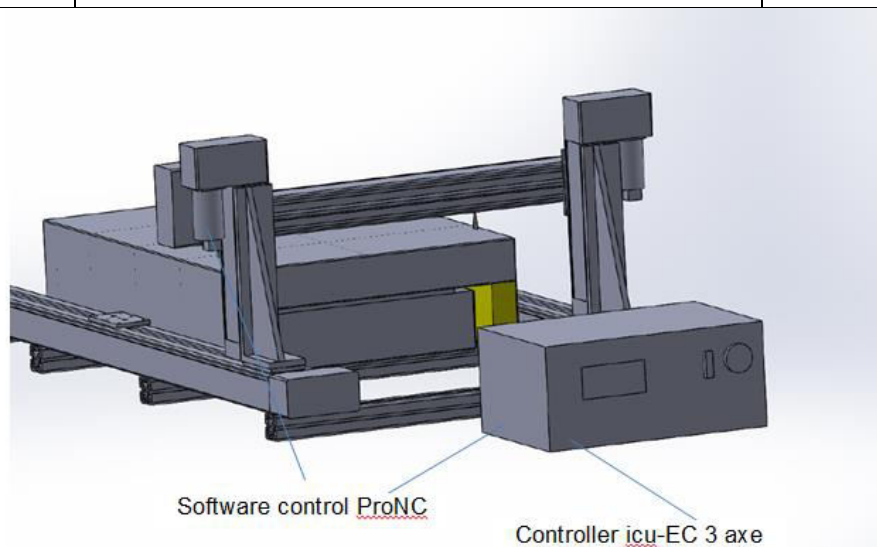
Documentația pentru sistemul de pulverizare este:

COD	DESCRIERE PRODUS	Nr. buc.
3175 06 13	Racord $\Phi 6-1/4$	5
3109 06 13	Cot $\Phi 6-1/4$	2
3106 06 00	Racord $\Phi 6$	4
1025U06 04	Tub albastru $\Phi 6$	6
136.115.1Y.A2.00	Duze de pulv. pneum. jet plin	1



Documentația pentru sistem de acționare, sistemul de comandă și control, platforma virtuală integrabilă Industrie 4.0

COD	DESCRIERE PRODUS	Nr. buc.
396421 2060	Modul servomotor EC 200W, 48V pt. LES4-LES6 montare in lateral (poz. 8 - Desen ansamblu, Anexa 1)	1
Z11- 333500	Software control ProNC	1
354012 2030	Controller icu-EC 3 axe imd20	1



Activitatea A2.4 Proiectare și realizare model funcțional sticlă (suprafață vitrată cu straturi nanostructurate) cu proprietăți antibacteriene și de autocurățare.

Activitatea a fost desfășurată de CO (OPTOEL) în parteneriat cu P1 (INCDFM). Aspecte relevante ale cercetării științifice, precum și rezultatele obținute sunt prezentate în cele ce urmează.



Fig. 9 Model funcțional de sticla (suprafata vitrata) cu straturi nanostructurate

Obținerea modelului funcțional sticlă NanoWin (v. figura 9) se realizează conform cu fazele și parametrii caracteristici de mai jos:

- debitarea la dimensiune a suprafeței de sticlă silico-calco-sodica cu grosimea de 4 mm;
- spălarea recipientului pentru dispersie TiO_2 mezoporos cu detergent și apă caldă;
- spălarea / degresarea sticlei silico-calco-sodica cu apă și detergent urmat de ultrasonări repetate, de 15 minute, în apă distilată, acetonă și alcool izopropilic;
- tratament în plasmă de O_2 timp de 15 minute a sticlei (suprafață vitrată);
- setarea parametrilor de pulverizare - la echipamentul de depunere (printare), la valorile necesare procesului:
 - ◆ viteza de pulverizare cu valori în intervalul $[25 \div 75]$ mm/s
 - ◆ presiunea gazului purtător cu valori în intervalul $[0,5 \div 3]$ kgf/cm^2
 - ◆ distanța dintre duza de pulverizare și suprafața de depunere cu valori în intervalul $[10 \div 20]$ cm;
 - ◆ numărul de pulverizări cu valori în intervalul $[10 \div 40]$;
 - ◆ temperatura pentru tratamentul termic post-depunere cu valori în intervalul $[100 - 300]^\circ\text{C}$;
 - ◆ timpul de menținere post-depunere cu valori în intervalul $[10 - 30]$ min.

Caracterizarea straturilor nanostructurate a fost realizată din mai multe puncte de vedere, câteva dintre acestea fiind prezentate în continuare - v. figurile 10 ÷ 12.

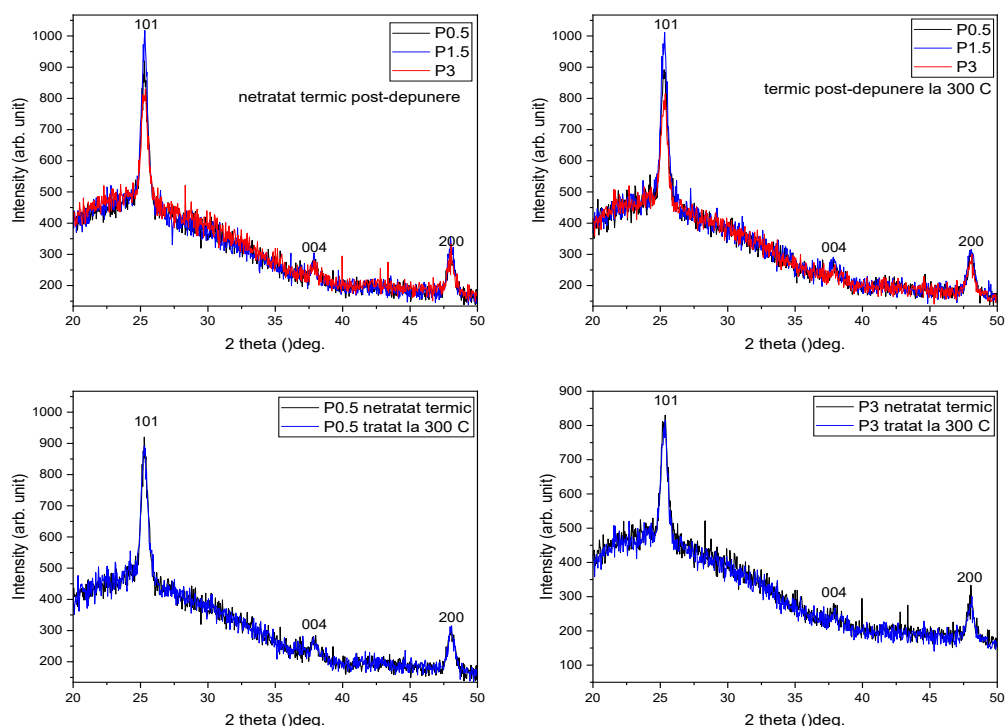


Fig. 10 Difractograme de raze X pentru straturile de TiO_2 depuse la presiunile de $0,5 \text{ kgf/cm}^2$, $1,5 \text{ kgf/cm}^2$ și 3 kgf/cm^2 înainte și după tratamentul termic post-depunere la 300°C .

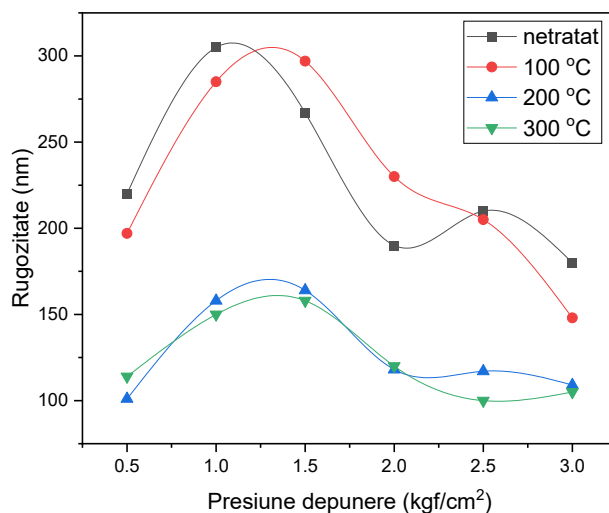


Fig. 11 Rugozitatea de suprafață vs. Presiunea de depunere

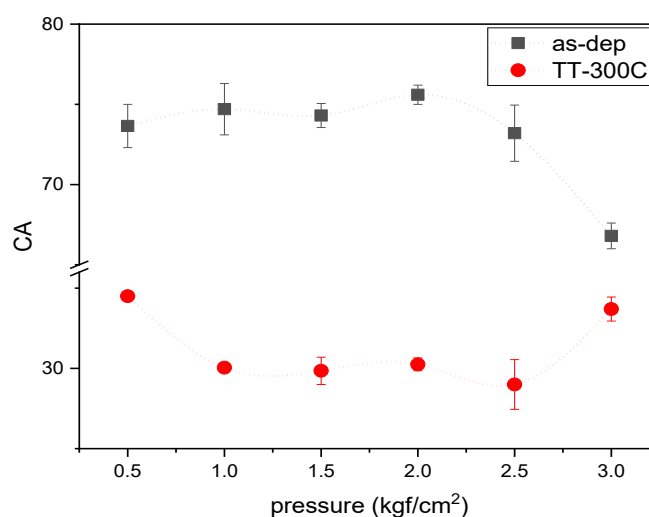


Fig. 12 Graficul de variație a unghiului de contact, CA, funcție de presiunea de depunere pentru TiO₂ înainte și după tratamentul termic post-depunere

Activitatea A2.5 Proiectare și realizare model funcțional echipament de depunere (printare) straturi nanostructurate (TiO₂) pe suport de sticlă cu suprafață, cel puțin echivalentă cu format A2 Activitatea a fost desfășurată de CO (OPTOEL) în parteneriat cu P2 (OPTOEL). Aspecte relevante ale cercetării științifice, precum și rezultatele obținute sunt prezentate în cele ce urmează.

Desenul de ansamblu pentru structura cadru - portal este redat în figura 13, iar desenul de ansamblu pentru modul echipament de depunere (printare) se prezintă în figura 14. În fiecare dintre aceste desen de ansamblu este indicat tabelul de componență (tipul și numărul elementelor componente, codificarea etc.).

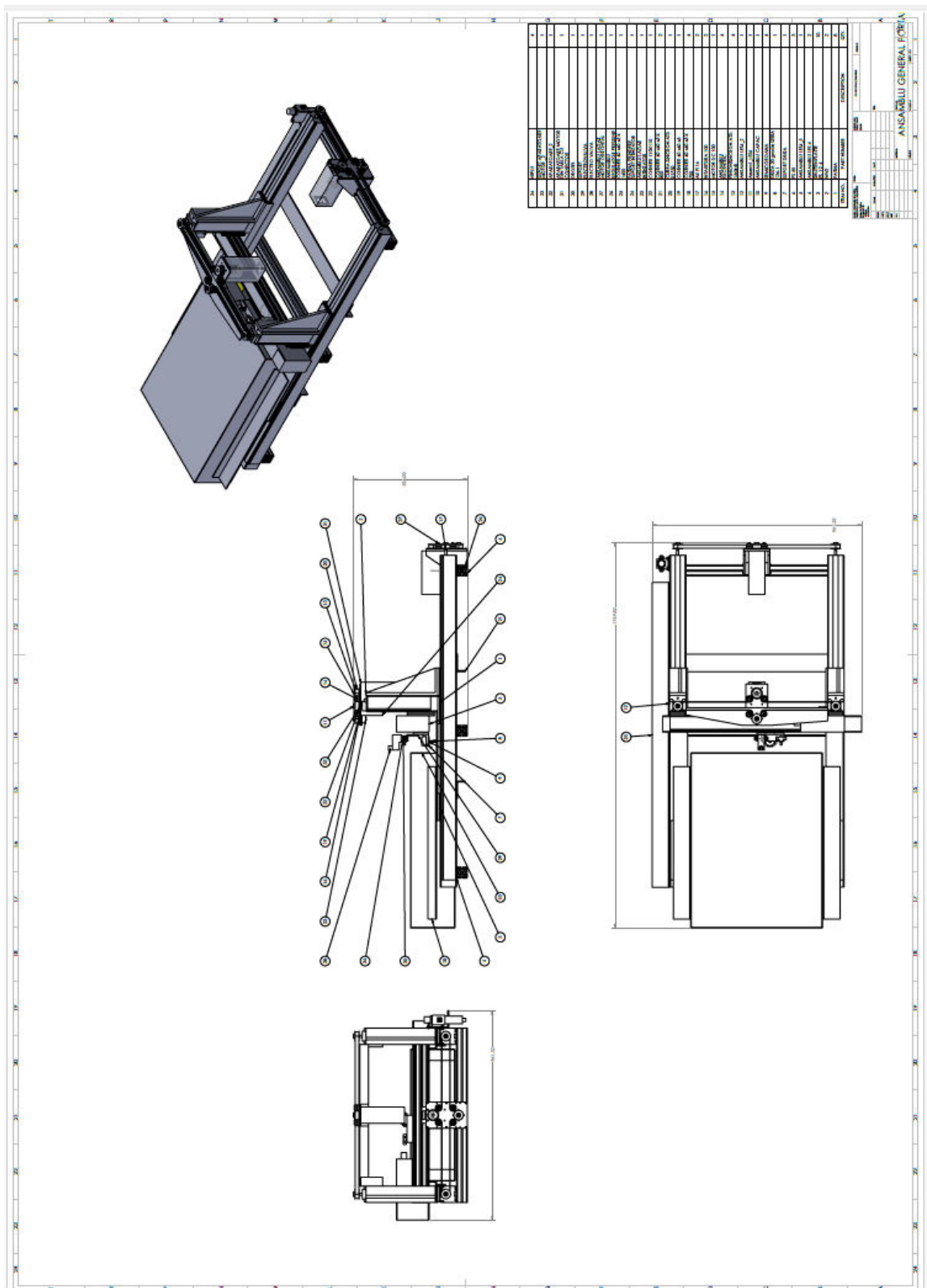


Fig. 13 Desen ansamblu structura cadru - portal

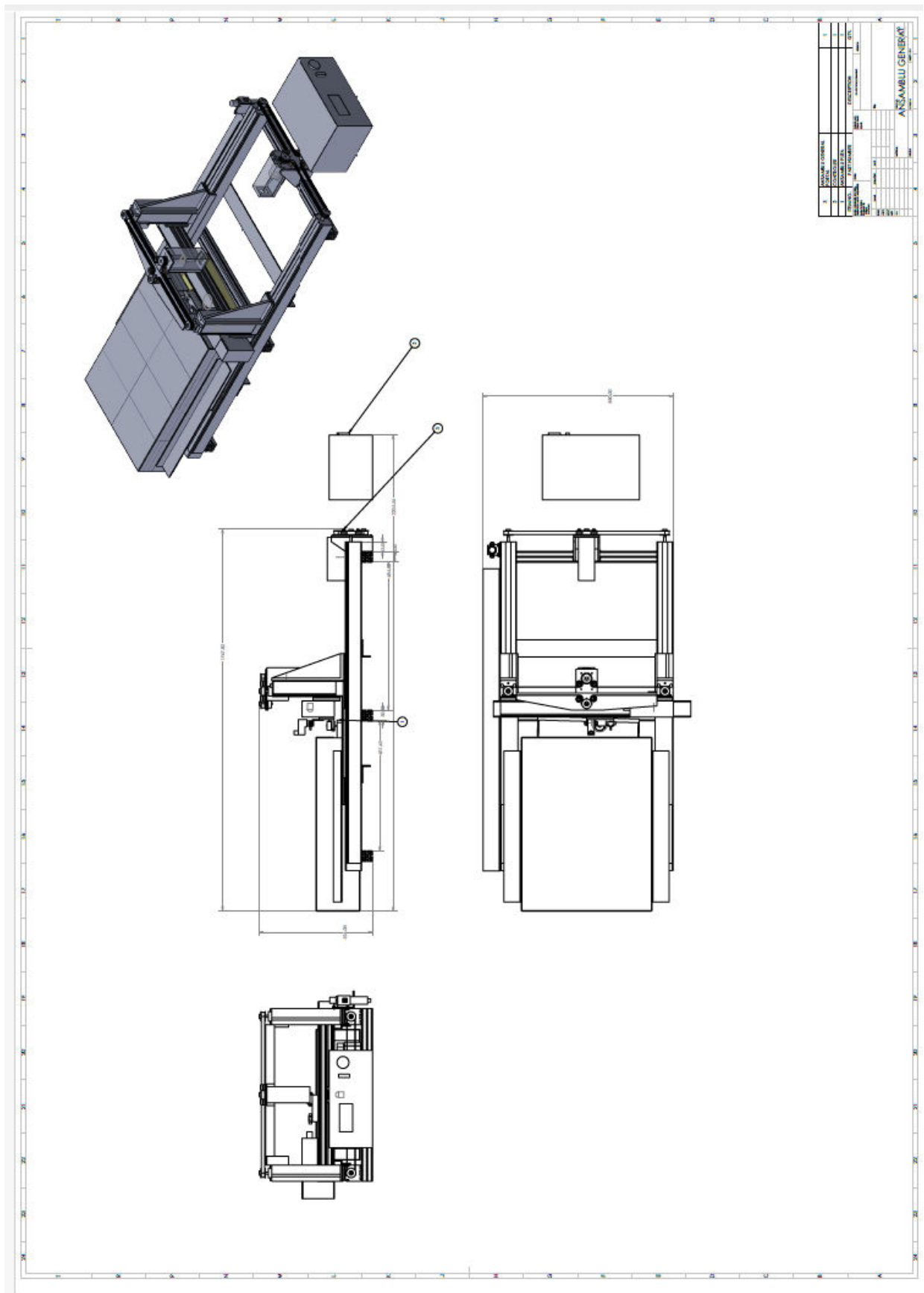
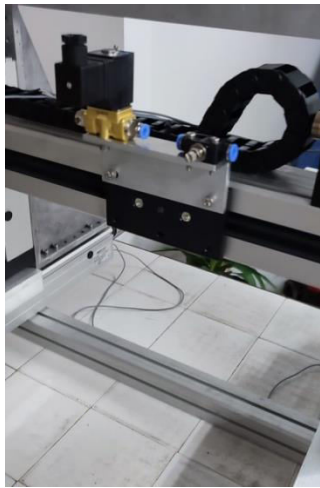


Fig. 14 Desen ansamblu echipament de depunere (printare)

Imagini din timpul procesului de realizare a echipamentului de printare sunt redade în figura 15.



asamblare LES 4 - servomotor EC 200 W



asamblare modul sistem de pulverizare



suport sticlă înainte de depunere straturi nanostructurate TiO₂

Fig. 15 Realizare model funcțional echipament de depunere (printare) - continuare

Activitatea A2.6 Experimentare și demonstrare funcționalitate modele

Activitatea a fost desfășurată de CO (OPTOEL) în parteneriat cu P1 (INCDFM) și P2 (OPTOEL). Aspecte relevante ale cercetării științifice, precum și rezultatele obținute sunt prezentate în cele ce urmează.

Eficiența fotocatalitică a straturilor obținute a fost testată prin evaluarea descompunerii rodaminei sub iradiere UV (254 nm și 362 nm). Soluția de rodamină a fost preparată cu o concentrație de 0.01 mM (10⁻⁵M) în apă (C₀).

Rezultate obținute prin metoda spectrofotometrică, iradiere la 254 nm sunt prezentate în figura 16.

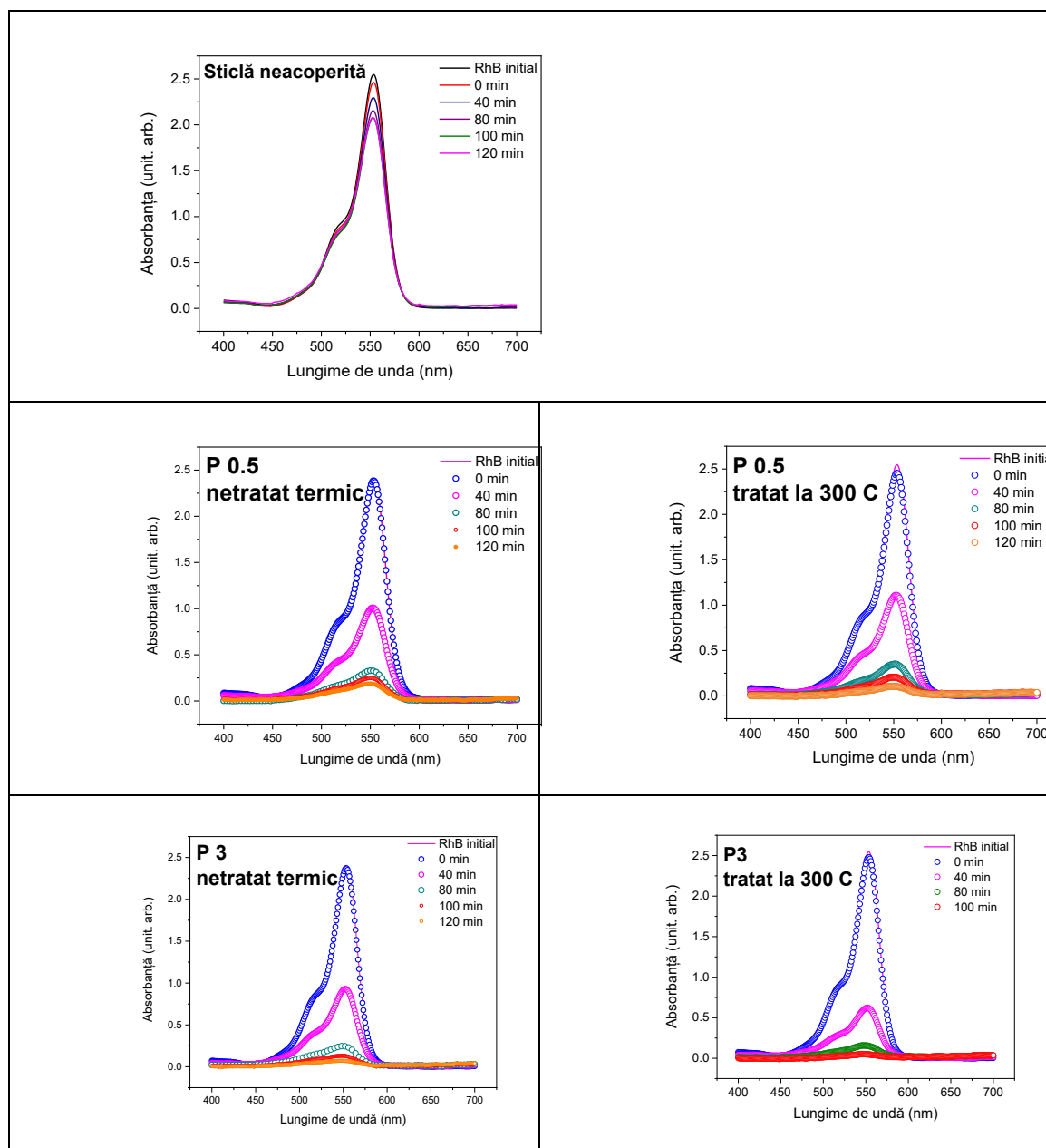


Fig. 16 Spectrele de absorbție pentru soluțiile de rodamină expusă la lumină UV 254 nm în prezența substratului de sticlă neacoperit și acoperit cu TiO₂ după diverse presiuni, netratat și tratat termic la 300 °C.

Proprietatea de autocurățare a straturilor de TiO_2 a fost evaluată conform standardului ISO EN 1096-5:2016, “Metodă de încercare și clasificare a performanțelor de autocurățare a suprafețelor de sticlă peliculizată”.

După ce au fost tratate termic, la $300\text{ }^\circ\text{C}$, straturile de TiO_2 devin mai eficiente în procesul de autocurățare, acestea ajungând la transparența dinainte de a fi murdărite după mai puțin de 3 ore (Fig. 17). Acest timp este cu mult îmbunătățit în comparație cu cel corespunzător straturilor netratate, de până la 22 ore

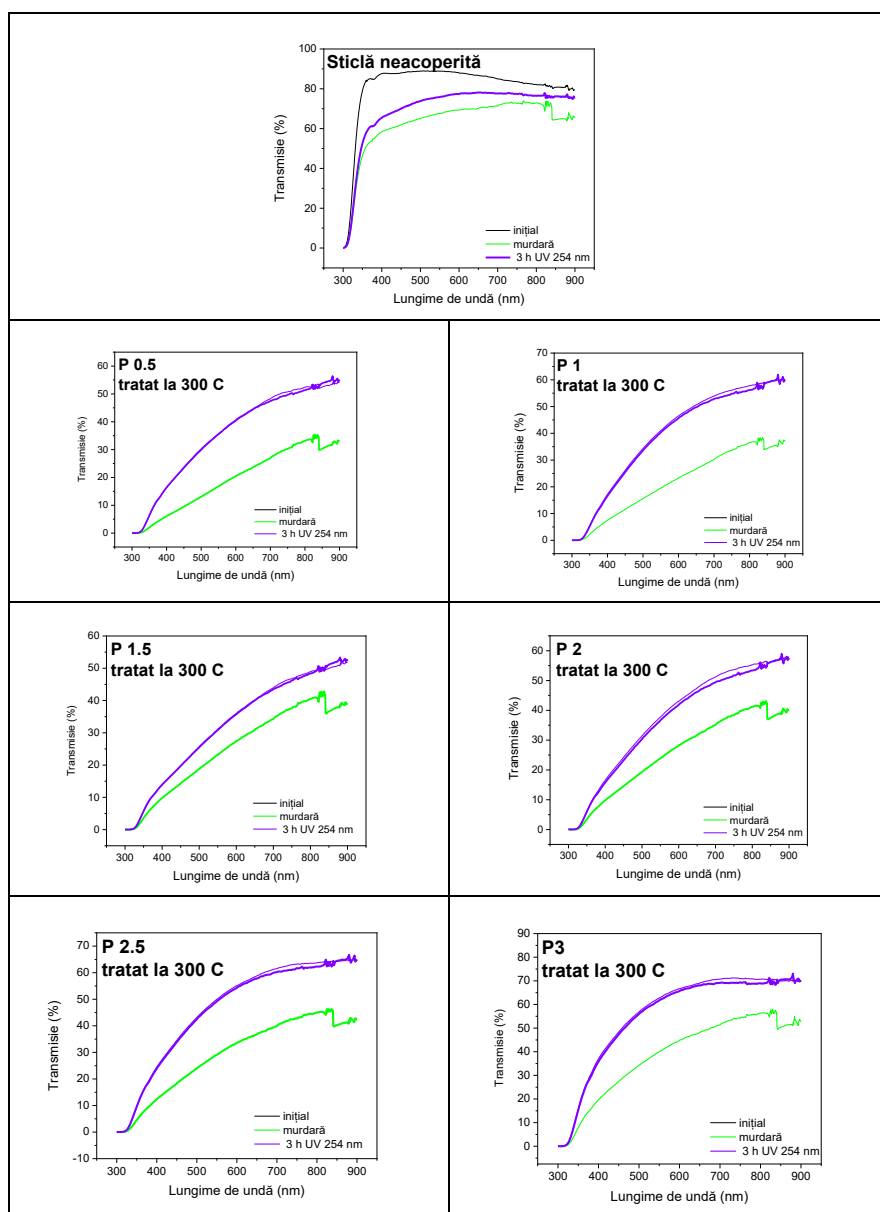


Fig. 17 Spectre de transmisie pentru sticla neacoperită și acoperită cu TiO_2 la diverse presiuni tratate post-depunere la $300\text{ }^\circ\text{C}$, înainte și după murdărire, înainte și după expunerea la UV 254.

Au fost realizate teste de *rezistență la zgâriere* atât pe acoperirile netratate termic cât și pe cele tratate post-depunere la $300\text{ }^\circ\text{C}$.

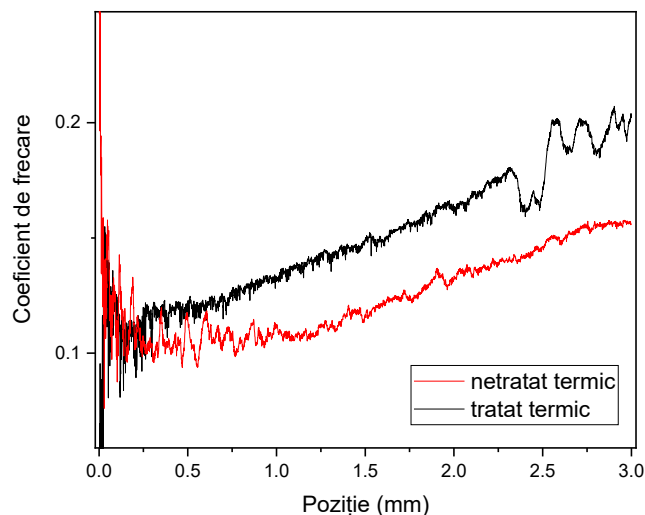


Fig. 18 Coeficientul de frecare pentru stratul de TiO₂ netratat și tratat termic post-depunere la 300 °C.

Analizele mecanice au indicat că rezistența la frecare este ușor deteriorată după aplicarea tratamentului termic post-depunere (v. figura 18). Este important de menționat că valoarea coeficientului de frecare (COF) în ambele cazuri este la limita inferioară, materialele cu COF mai mic de 0.1 sunt considerate materiale lubrifiante, COF luând valori între 0 și 1.

A fost evaluată (v. figura 19) activitatea antimicrobiana a suprafețelor functionalizate (prin nanostruturi de TiO₂) asupra:

- celulelor microbiene vegetative aflate in suspensie;
- capacitatii de a inhiba formarea biofilmelor microbiene;
- capacitatii de a destructura un biofilm microbial matur.



S. aureus – incubare in intuneric

S. aureus – incubare in prezenta luminii

Fig. 19 Efectul antibacterian al sticlei tratate asupra microorganismelor *S. aureus* și *E. coli*.

In cadrul metodei dilutiilor se remarca urmatoarele:

- Fata de microorganismul *Escherichia coli* probele prezinta o activitate antimicrobiana puternica numai dupa functionalizarea cu lumina UV-C la timp de contact minim 15 minute, in timp ce la celelalte lungimi de unda si timp de contact 5 minute prezinta o activitate moderata.

- Activitatea antibacteriana a nanoparticulelor variaza in functie de tipul lor: nanoparticule precum TiO_2 afecteaza celulele bacteriene in principal prin legarea celulelor bacteriene si generarea de specii reactive de oxigen (ROS). Raspunsul bacterian la activitatea exercitata de nanoparticule este, de asemenea, influentat de o serie de factori precum numarul, forma, sarcina, dimensiunea si modul lor de actiune.

Pentru simularea comportamentului sistemului de depunere în diferite scenarii s-a utilizat modelul virtual al ansamblului dezvoltat pentru ROS (Robot Operating System) si Gazebo. Sistemul are trei grade de libertate - doua grade de libertate în plan (pe x si pe y) și un grad de libertate pe axa z. In fig.20 se poate vizualiza, în Solidworks, varianta actuală a ansamblului general al sistemului.

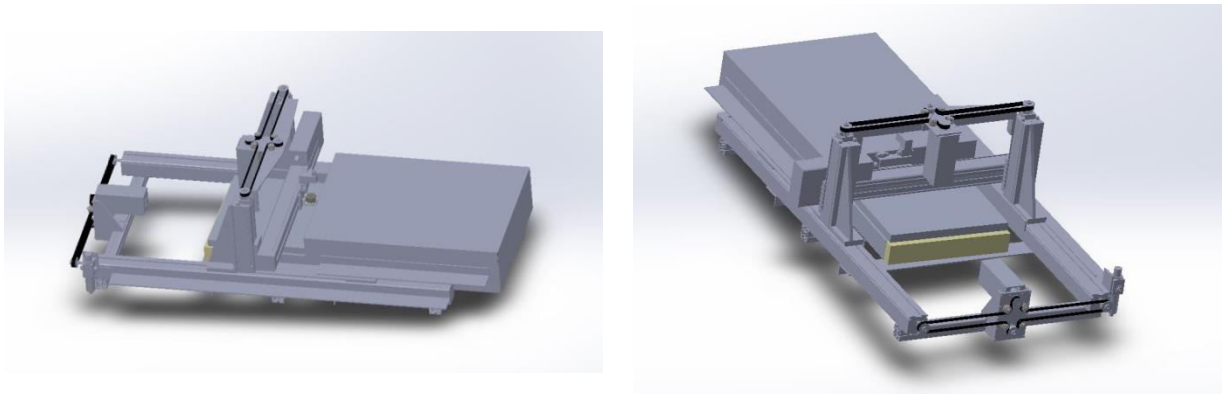


Fig.20 Ansamblu general al sistemului xyz de depunere

Pentru simularea mișcărilor unui astfel de sistem în mediul virtual s-a realizat migrarea dintr-un mediu de dezvoltare CAD într-unul de simulare, pentru a putea genera automat traiectorii de mișcare pe fiecare grad de libertate.

Pentru a testa limitele sistemului s-a realizat deplasarea combiunată pe axele OX și OY (fig. 21), componentele asociate suportului duzei și cele ale duzei fiind deplasate în vederea monitorizării în raport cu coliziunile dintre diferite componente sau coliziunii dintre componente și mediu; respectarea limitelor constructive și respectarea traiectoriei generată manual.

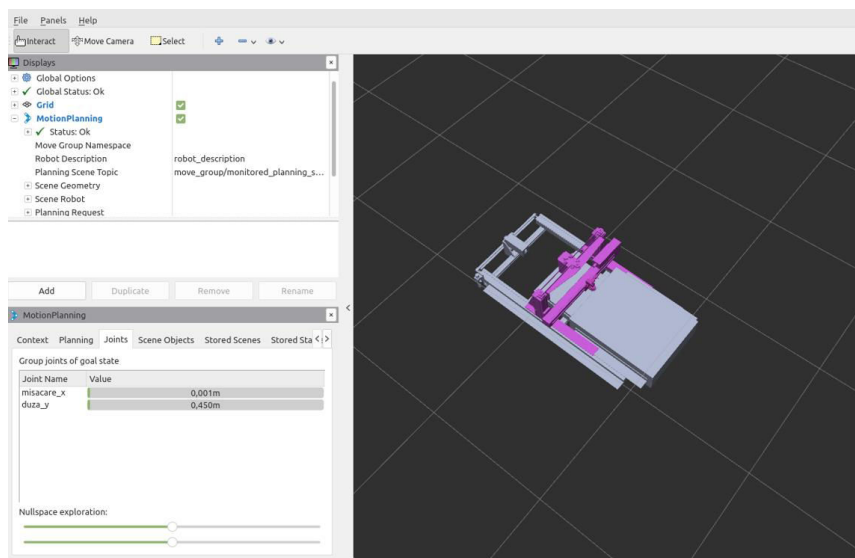


Fig.21 Deplasare ansablu suport duză și duză

Pentru tehnologia de depunere a straturilor nanostructurate de TiO_2 s-a realizat simularea în mediul virtual, prin intermediul platformei versatilă inteligentă VIPRO, a funcționării echipamentului de depunere (printare) - v. figura 22.

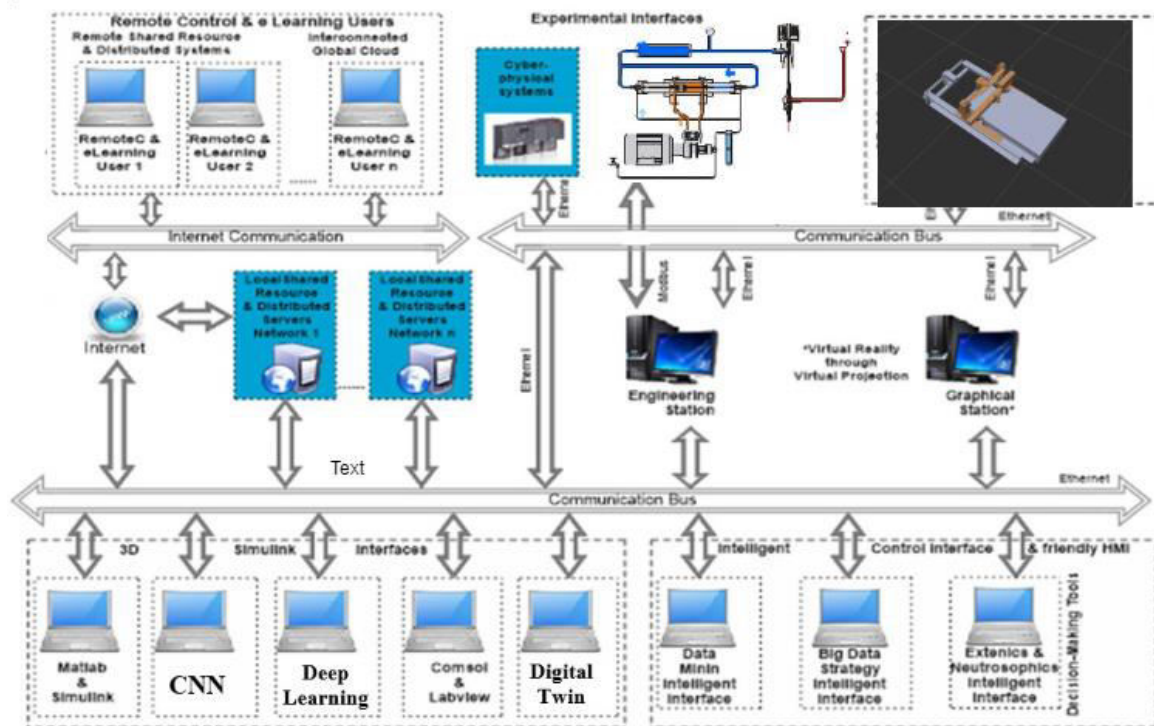


Fig. 22 Platforma VIPRO - pentru depunere de straturi nanostructurate pe suprafețe vitrate (NanoTechWin)

Activitatea A2.7 Diseminare rezultate

Activitatea a fost desfășurată de CO (OPTOEL) în parteneriat cu P1 (INCDFM) și P2 (OPTOEL).

Ședința de proiect s-au desfășurat la sediul OPTOEL (str. Lacului 35, Măgurele), pe 15 februarie, 2023.



ședință proiect - februarie, 2023

Workshop la care au participat specialiști și eventuali beneficiari s-au desfășurat la sediul OPTOEL (str. Lacului 35, Măgurele) pe noiembrie, 2023.



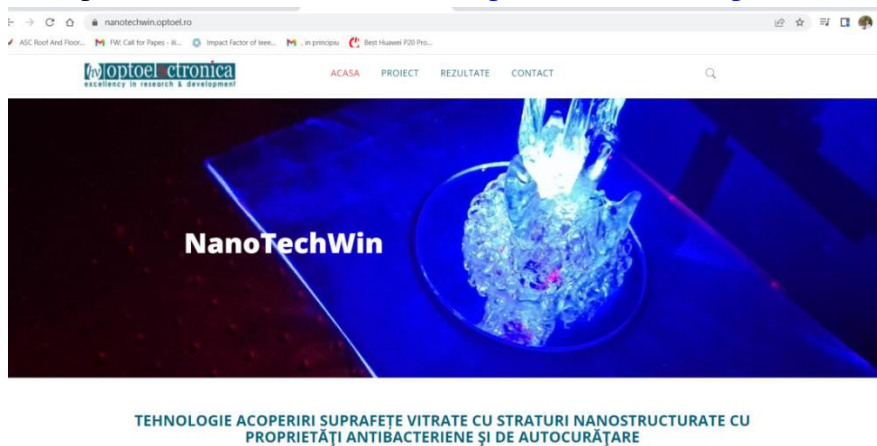
workshop proiect - noiembrie, 2023

În octombrie, a avut loc Conferința internațională 27th Edition of INNOVATIVE MANUFACTURING ENGINEERING & ENERGY, IManEE 2023 (v. figura 2).

Membrii echipei de proiect au prezentat lucrarea de cercetare științifică:

Iliescu M., Beșleagă C., Nițu C., Tomulescu A., Pintilie I, Melinte O. and Roșu M, NANOSTRUCTURED LAYERS DEPOSITION FOR SELF-CLEANING GLASS, 27th Edition of INNOVATIVE MANUFACTURING ENGINEERING & ENERGY CONFERENCE, IManEE 2023, October 12-14, 2023, Chisinau, Republic of Moldova.

Pagina web a proiectului, actualizată este: <https://nanotechwin.optoel.ro/>.



Un sumar al progresului (livrabile realizate, indicatori de rezultat, diseminarea rezultatelor, justificare diferențe, dacă e cazul)

Etapa II (2023) a proiectului, este intitulată: *Modele funcționale – Partea 2* și are prevăzute 6 activități, după cum urmează.

Activitatea A2.1 Studiu privind tehnologii de acoperire și optimizarea pentru scalare depuneri straturilor de TiO₂ pe arii mari (format A4 / A3 /A2) pentru obținerea sticlei (suprafețe vitrate) cu proprietăți de autocurățare și antibacteriene - Partea 2

În cadrul acestei activități s-a realizat studiu privind sticlă (suprafețe vitrate) cu proprietăți de autocurățare și antibacteriene, focalizat pe:

- analiză tehnologii de acoperire cu straturi nanostructurate;
- verificarea proprietăților de autocurățare conform normativei europene BS EN 1096-5:2016 (“Glass in building. Coated glass Test method and classification for the self-cleaning performances of coated glass surfaces”);
- testarea proprietăților antibacteriene conform ISO 22196:2011 “Measurement of antibacterial activity on plastics and other non-porous surfaces”
- studiu optimizare parametri de depunere pentru obținerea straturilor de TiO₂ nano-cristalin cu proprietăți de autocurățare și antibacterian pe suprafețe cu dimensiunea A4 (210 x 297, mm x mm).

Livrabil: Raport sinteză -Tehnologii de acoperire și optimizarea pentru scalare depuneri straturilor de TiO₂ pe arii mari (format A4 / A3 /A2) pentru obținerea sticlei (suprafețe vitrate) cu proprietăți de autocurățare și antibacteriene - Final

Activitatea A2.2 Elaborare documentație model funcțional sticlă (suprafață vitrată cu straturi nanostructurate), cu proprietăți antibacteriene și de autocurățare - Partea 2

În cadrul acestei activități focalizarea a fost pe:

- elaborare documentație pentru model sticlă (suprafață vitrată) cu straturi nanostructurate;
- elaborare documentație pentru modele arhitectură stratului cu nano-particule de TiO₂ cu proprietăți de autocurățare / antibacterian de pe substrat de sticlă.

Livrabil: Documentație model funcțional sticlă (suprafață vitrată cu straturi nanostructurate) cu proprietăți antibacteriene și de autocurățare - Final

Activitatea A2.3 Elaborare documentație model funcțional echipament de depunere (printare) straturi nanostructurate (TiO₂) pe suport de sticlă cu suprafață, cel puțin echivalentă cu format A2 - Partea 2

În cadrul acestei activități focalizarea a fost pe:

- elaborare documentație pentru modul echipament de depunere (printare) straturi ultrasubțiri de nano-materiale (TiO₂);
- elaborare documentație pentru componente: structură cadru, cap depunere (printare spray coating pulverizare);
- elaborare documentație pentru sistem de acționare, sistemul de comandă și control, platforma virtuală integrabilă Industrie 4.0

Livrabil: Documentație model funcțional echipament de depunere (printare) straturi nanostructurate (TiO₂) pe suport de sticlă cu suprafață, cel puțin echivalentă cu format A2 - Final

Activitatea A2.4 Proiectare și realizare model funcțional sticlă (suprafață vitrată cu straturi nanostructurate) cu proprietăți antibacteriene și de autocurățare.

În cadrul acestei activități focalizarea a fost pe:

- elaborare proiect model funcțional sticlă cu straturi ultrasubțiri nano-cristaline cu proprietăți de autocurățare / antibacteriene
- realizare fabricarea straturi nanostructurate prin tehnici de printare, dimensiuni de depunere A2
- realizare caracterizarea de straturi de TiO₂ autocurățare / antibacterian obținute prin tehnici de imprimare, pe suprafețe de dimensiuni A2.

Livrabil: Model funcțional sticlă (suprafață vitrată cu straturi nanostructurate) cu proprietăți antibacteriene și de autocurățare, NanoWin

Activitatea A2.5 Proiectare și realizare model funcțional echipament de depunere (printare) straturi nanostructurate (TiO₂) pe suport de sticlă cu suprafață, cel puțin echivalentă cu format A2

- elaborare proiect model funcțional modul echipament de depunere (printare) straturi nanostructurate
- realizare fabricarea componentelor individualizate (nu se pot achiziționa de pe piață), se montează și assemblează elementele componente
- fabricare modelul funcțional echipament de depunere straturi nanostructurate (TiO₂).

Livrabil: Model funcțional modul echipament de depunere (printare)

Activitatea A2.6 Experimentare și demonstrare funcționalitate modele

În cadrul acestei activități focalizarea a fost pe:

- experimentare depuneri straturi nanostructurate (TiO₂) cu grosimi (controlabile);
- experimentare precizie și repetabilitate deplasări subanambului;
- optimizare funcționalitatea;
- caracterizare straturile depuse cu grosimi (controlabile) între 100 și 800 nm, în vederea validării;
- experimentare sistemul de comandă și control al mișcărilor, sistem de pulverizare;
- experimentare funcționarea platformei virtuale integrabilă Industrie 4.0

Livrabil: Raport experimentare modele funcționale

Activitatea A2.7 Diseminare rezultate

În cadrul acestei activități focalizarea a fost pe:

- organizare demonstrații pentru specialiști și eventuali beneficiari
- actualizare pagina web a proiectului.
- publicare articole la conferințe / reviste.

Livrabil: Raport diseminare

Un rezumat executiv al activităților realizate în perioada de implementare

Etapa II (2023) a proiectului, este intitulată: *Modele funcționale – Partea 2* și are prevăzute 7 activități, dintre care A2.1 ÷ A2.6 sunt de tip A2 (A), iar A2.7 este de tip D2, după cum urmează.

Activitatea A2.1 Studiu privind tehnologii de acoperire și optimizarea pentru scalare depuneri straturilor de TiO₂ pe arii mari (format A4 / A3 /A2) pentru obținerea sticlei (suprafețe vitrate) cu proprietăți de autocurățare și antibacteriene - Partea 2

Activitatea A2.2 Elaborare documentație model funcțional sticlă (suprafață vitrată cu straturi nanostructurate), cu proprietăți antibacteriene și de autocurățare - Partea 2

Activitatea A2.3 Elaborare documentație model funcțional echipament de depunere (printare) straturi nanostructurate (TiO₂) pe suport de sticlă cu suprafață, cel puțin echivalentă cu format A2 - Partea 2

Activitatea A2.4 Proiectare și realizare model funcțional sticlă (suprafață vitrată cu straturi nanostructurate) cu proprietăți antibacteriene și de autocurățare.

Activitatea A2.5 Proiectare și realizare model funcțional echipament de depunere (printare) straturi nanostructurate (TiO₂) pe suport de sticlă cu suprafață, cel puțin echivalentă cu format A2

Activitatea A2.6 Experimentare și demonstrare funcționalitate modele

Activitatea A2.7 Diseminare rezultate

Toate activitățile au fost desfășurate conform planificării (Diagrama Gantt), cu respectarea sumelor și a categoriilor de cheltuieli prevăzute în Deviz Cadru.

Fiecare dintre activități s-a finalizat cu livrabil – conform celor specificate în Planul de realizare.

Director de proiect,

CS1 dr. ing. Mihaiela ILIESCU

Mihaiela
Iliescu

Semnat digital de
Mihaiela Iliescu
Data: 2023.12.07
10:29:38 +02'00'

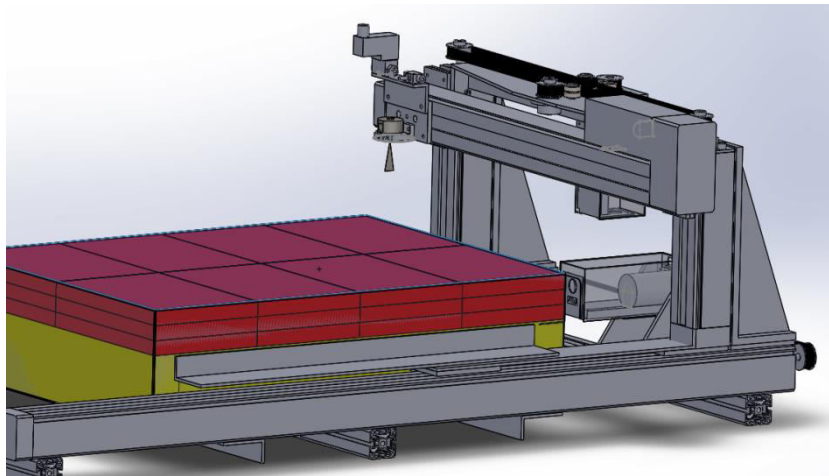
Produse

În urma celei de a doua etape de implementare a proiectului, au fost obținute 2 produse (model funcțional).

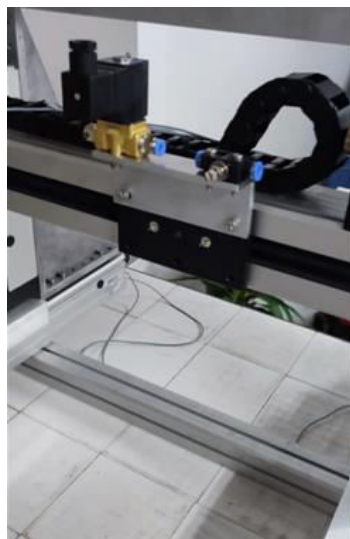
A. Echipament de depunere (printare) straturi nanostructurate (TiO₂) pe suport de sticlă - model funcțional

Structura modulară a echipamentului este (v. figura 1):

- modul structură cadru - portal;
- modul sistem de pulverizare (cap depunere);
- modul sistem de acționare - comandă și control;
- modul încălzire.



model 3D cadru portal



sistem de pulverizare



suport sticlă înainte
de depunere

Fig. 1 Echipament de depunere (printare) - model funcțional

Modelul funcțional este utilizat pentru obținerea modelului funcțional de sticlă (suprafața vitrată) cu straturi nanostructurate.

B. Sticlă (suprafața vitrată) cu straturi nanostructurate, NanoWin - model funcțional
(v. figura 2)

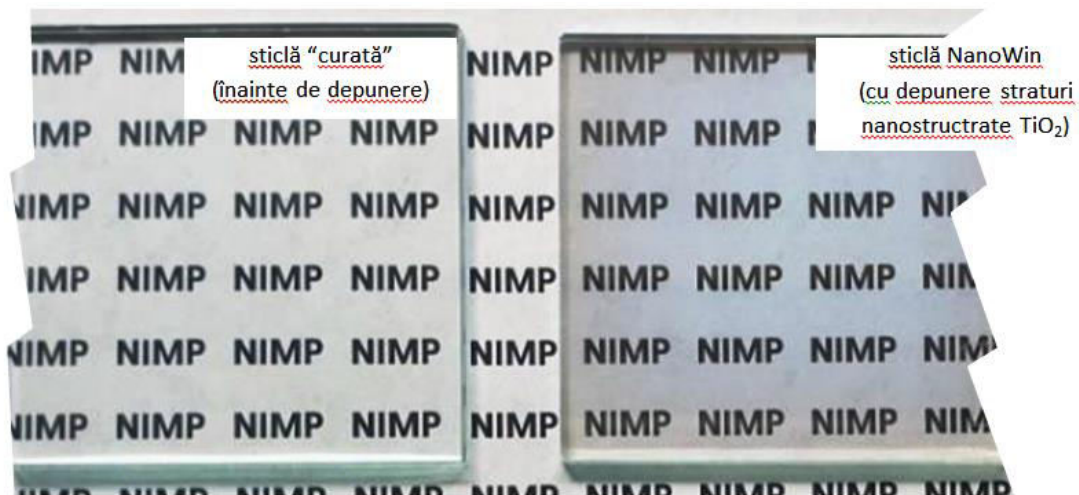


Fig. 2 Model funcțional de sticlă (suprafața vitrată) cu straturi nanostructurate

Cercetarea va continua în etapa 3 de implementare, prin activități de dezvoltare experimentală, și se vor obține : prototip tehnologie de depunere - acoperiri cu straturi nanostructurate ; prototip echipament de depunere (printare) și prototip sticlă NanoWin.

Tehnologie

În urma celei de a doua etape de implementare a proiectului, a fost obținută tehnologie de depunere suprafețe nanostructurate TiO_2 , după cum urmează.

A. Tehnologie de depunere a straturilor nanostructurate de TiO_2 mezoporos pe sticlă



Fig. 1 Tehnologie de depunere a nanostraturilor de TiO_2 mezoporos pe sticlă

Faze specifice:

- F1. Preparare dispersie TiO_2 mezoporos;
- F2. Preparare sticlă;
- F3. Depunere.

F1. Prepararea dispersie TiO_2 mezoporos - se realizează prin folosirea materiei prime sub formă de dispersie. Aceasta este preparată folosind o pastă comercială de nanoparticule de TiO_2 anatase de 15-20 nm (Solaronix T/SP) și etanol anhidru (în raport masic de 1:200) omogenizată magnetic minim 2 ore înainte de folosire.

F2. Preparare sticlă - se realizează pentru suporti de sticlă silico-calco-soldică standard de geam (cu o grosime de 4 mm).

Aceștia sunt supuși unui procedeu de spălare cu apă și detergent urmat de ultrasonări repetate, de 15 minute, în apă distilată, acetonă și alcool izopropilic. De asemenea, un tratament în plasmă de O_2 timp de 15 minute a fost realizat pentru o curățare cât mai amănunțită a suportiilor.

F3. Depunere - se realizează prin pulverizare cu duză pneumatică, cu diferite valori ale parametrilor de depunere după cum urmează:

- presiunea gazului purtător (azot 5.0) poate varia în limitele $[0,5 \div 3]$ kgf/cm²;
- numărul de pulverizări poate fi în intervalul $[10 \div 40]$;
- temperatura de preîncălzire a sticlei poate fi cuprinsă în intervalul $[100 - 150]^{\circ}\text{C}$;
- temperatura pentru tratamentul termic post-depunere poate varia între limitele $[100 - 300]^{\circ}\text{C}$, chiar poate atinge temperaturi de 500°C ;
- duza pneumatică asigură jet conic dar, se pot experimenta și duze cu profil liniar al jetului pulverizat;
- distanța dintre duza de pulverizare și suprafața de depunere poate varia în intervalul $[10 \div 20]$ cm, funcție de forma jetului pulverizat;
- viteza de pulverizare poate avea valori de $[25 \div 75]$ mm/s, funcție de omogenitatea și viscozitatea dispersie TiO₂ mezoporos.

Pentru tehnologia de depunere și arhitectura stratului cu nano-particule de TiO₂ depus, se identifică *elementele caracteristice* următoare:

- suporti de sticlă silico-calco-soldică standard de geam (cu o grosime de 4 mm);
- procedeu de spălare cu apă și detergent urmat de ultrasonări repetate, de 15 minute, în apă distilată, acetonă și alcool izopropilic;
- tratament în plasmă de O₂ timp de 15 minute a pentru o curățare cât mai amănunțită a suportilor;
- depunere strat reticulat de TiO₂ mezoporos prin pulverizare,
- presiune gazului purtător (azot 5.0) cu valori între 0,5 și 3 kgf/cm² - v. Tabelul 1;
- 30 de pulverizări pe suporturi preîncălzite și menținute la 100°C ;
- tratament post-depunere la 100°C timp de 10 minute;
- distanță de 15 cm între duza de pulverizare și față de suprafața suportului de sticlă;
- viteza de deplasare a duzei (pe direcție transversală a suportului) de 50 mm/s

Prin aplicarea tehnologiei de depunere și utilizând modelul funcțional al echipamentului de depunere (printare) a fost obținut modelul funcțional al produsului NanoWin

Cercetarea va continua în etapa 3 de implementare, prin activități de dezvoltare experimentală, și se vor obține : prototip tehnologie de depunere - acoperiri cu straturi nanostructurate ; prototip echipament de depunere (printare) și prototip sticlă NanoWin.

