

RECEPȚIONAT

Agenția Națională pentru

Cercetare și Dezvoltare \_\_\_\_\_

” ” \_\_\_\_\_ 2025

AVIZAT

Secția AȘM \_\_\_\_\_

” ” \_\_\_\_\_ 2025

## RAPORT ȘTIINȚIFIC ANUAL

(pentru etapa 2025)

privind implementarea proiectului din cadrul concursului  
„Stimularea excelenței cercetărilor științifice 2025-2026”

Proiectul \_\_\_\_\_ „Dinamica laserelor cu semiconductoare prin prisma  
\_\_\_\_\_ metodelor de învățare automată”  
\_\_\_\_\_ (titlul proiectului)

Cifrul proiectului \_\_\_\_\_ 25.80012.5007.86SE

Prioritatea Strategică \_\_\_\_\_ V „Tehnologii inovative, energie sustenabilă, digitalizare”

Rector U.T.M.

dr. hab. Viorel BOSTAN

(numele, prenumele)

(semnătura)

Președintele

Consiliului științific UTM

dr. hab. Vasile TRONCIU

(numele, prenumele)

(semnătura)

Conducătorul proiectului

dr. hab. Vasile TRONCIU

(numele, prenumele)

(semnătura)

L.Ș.

Chișinău, 2025

## CUPRINS:

|                                                                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Scopul etapei 2025 conform proiectului depus la concurs.....                                                         | 3  |
| 2. Obiectivele etapei 2025.....                                                                                         | 3  |
| 3. Acțiunile planificate pentru realizarea scopului și obiectivelor etapei 2025.....                                    | 3  |
| 4. Acțiunile realizate pentru atingerea scopului și obiectivelor etapei 2025.....                                       | 3  |
| 5. Rezultatele obținute .....                                                                                           | 4  |
| 6. Diseminarea rezultatelor la foruri științifice.....                                                                  | 8  |
| 7. Impactul științific, social și/sau economic al rezultatelor științifice obținute în cadrul proiectului 2025.....     | 9  |
| 8. Colaborare la nivel național în cadrul implementării proiectului 2025.....                                           | 9  |
| 9. Colaborare la nivel internațional în cadrul implementării proiectului 2025.....                                      | 9  |
| 10. Dificultăți în realizarea proiectului: financiare, organizatorice, legate de resursele umane                        | 9  |
| 11. Recomandări, propuneri.....                                                                                         | 9  |
| 12. Lista lucrărilor științifice, publicate în anul 2025 (Anexa 2).....                                                 | 12 |
| 13. Rezumatul activității și a rezultatelor obținute în proiect 2025 în limba română și în limba engleză (Anexa 1)..... | 10 |
| 14. Executarea devizului de cheltuieli din contractul de finanțare pentru anul 2025 (Anexa 3).....                      | 14 |
| 15. Componența echipei conform contractului de finanțare pentru anul 2025 (Anexa 4).....                                | 15 |

**1. Scopul etapei 2025 conform proiectului depus la concurs (obligatoriu).**

Scopul central al investigațiilor propuse este de a sprijini eforturile internaționale de dezvoltare a tehnologiei informației prin extinderea și aplicarea rezultatelor noastre recente în generarea de impulsuri ultracurte cu ajutorul laserelor semiconductoare îmbinate cu machine learning (ML). În special, pentru această etapă 1 august – 31 decembrie 2025 s-a planificat de a dezvolta metode de calcul aplicate laserelor semiconductoare cu structuri diferite fie de tipul DFB, sau Fabry-Perot și de a efectua calcule numerice pentru pregătirea setului de date pentru metode de învățare automată (eng. Machine Learning ML).

**2. Obiectivele etapei 2025 (obligatoriu).**

Obiectivele și activitățile asociate proiectului pot fi rezumate după cum urmează: a) Investigații prin calcule numerice ale proprietăților impulsurilor cu durate de sub-picosecunde. Elaborare unui pachet software pentru simulare numerică. b) Luarea în considerare a variației diferitelor parametri geometrici și de material pentru generarea impulsurilor scurte cu proprietăți fiabile. c) Efectuarea calculelor numerice pentru diferite scenarii de obținere a impulsurilor scurte. d) Construirea setului de date pentru antrenarea modelelor bazate pe ML având ca bază rezultatele simulării numerice care au fost obținute variind parametri laserului. Aceste date vor servi ca intrare în modelarea procesului cu ajutorul metodelor ML în anul 2026.

**3. Acțiunile planificate pentru realizarea scopului și obiectivelor etapei 2025 (obligatoriu)**

Activitatea 1. Ajustarea modelului undelor progresive pentru investigarea generării de impulsuri scurte într-un laser DFB prin comutarea câștigului.

Activitatea 2. Ajustarea modelului ecuațiilor ratelor pentru investigarea generării de impulsuri scurte într-un laser de tipul InGaN prin Q-comutare.

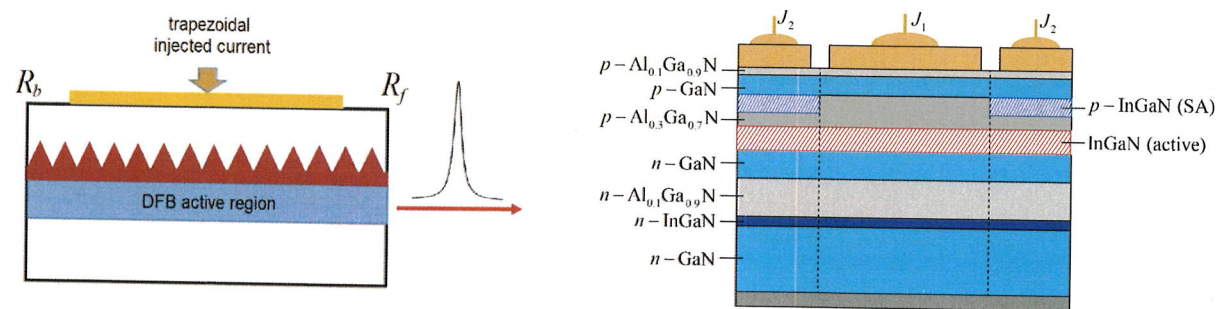
Activitatea 3. Efectuarea de calcule numerice pentru ambele modele. Evaluarea rezultatelor obținute.

**4. Acțiunile realizate pentru atingerea scopului și obiectivelor etapei 2025**

Modelul undelor progresive a fost ajustat pentru un laser de tipul DFB care include un curent injectat de tip trapezoidal. Adicional au fost pregătite programe care estimează aria impulsului adică energia lui, precum și lungimea și maximum impulsului. S-a utilizat modelul ratelor pentru un laser de tip InGaN la care procesul de generare a impulsului are loc prin comutarea Q. Au fost efectuate pentru ambele structuri câte 16000 de calcule numerice (în total 32 000) în care au fost determinați următorii parametri: puterea maximă a impulsului, durata impulsului, energia impulsului (puterea maximă x durata impulsului), energia totală a semnalului de ieșire, raportul energiei impulsului către energia totală. Pentru fiecare tip de lasere au fost variați câte 5 parametri din multitudinea de parametri care le descriu.

## 5. Rezultatele obținute (descriere narativă 3-5 pagini) (obligatoriu)

Studiul sistemelor laser cu semiconductori rămâne unul dintre domeniile fundamentale ale optoelectronicii moderne, fiind esențial pentru dezvoltarea tehnologiilor de comunicații rapide, pentru instrumente de metrologie de înaltă precizie și pentru aplicații biomedicale care necesită surse de lumină controlabile, eficiente și stabile. În ultimii ani, strategiile de modelare a acestor sisteme s-au transformat considerabil prin integrarea inteligenței artificiale în procesul de proiectare, deoarece complexitatea fenomenelor fizice care controlează procesul de generare a impulsurilor optice nu mai poate fi abordată eficient numai prin metode analitice sau simulări brute. Acest salt metodologic a apărut în mod firesc odată cu cerințele industriale tot mai mari de miniaturizare, fiabilitate și eficiență energetică. Astfel, dispozitive precum laserele cu feedback distribuit (DFB) (figura de mai jos stânga), operate în regim de comutare în câștig, și cele de tipul InGaN cu absorbant de saturație (figura de mai jos dreapta) au devenit un obiect de studiu intens datorită capacității lor de a genera impulsuri optice ultrascurte, în intervalul de câteva picosecunde.

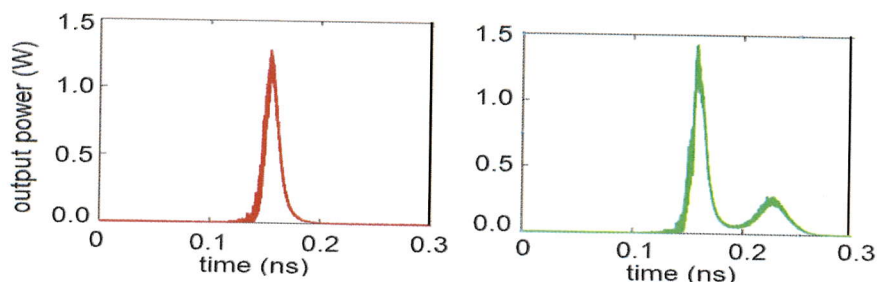


Laserele DFB se bazează pe o structură în care feedback-ul optic este distribuit de-a lungul cavității prin intermediul unei grile Bragg. Aceasta înlocuiește reflexiile discrete ale fețelor, asigurând o selecție modală superioară, emisii spectrale înguste și stabilitate mai mare decât laserele cu cavitate Fabry-Perot. În interiorul acestor dispozitive se află regiunea activă semiconductoare, de cele mai multe ori formată din gropi cuantice, în care purtătorii de sarcină sunt injectați prin contact electric. În regim tranzitoriu, o variație bruscă a curentului conduce la o creștere rapidă a densității de purtători, ceea ce determină atingerea pragului de transparență și declanșarea unei emisii coerente. Fenomenul este amplificat de oscilațiile de relaxare din mediul activ, care produc un vârf luminos cu durată extrem de mică. Această metodă de generare a impulsurilor, cunoscută sub denumirea de comutare în câștig, se diferențiază de blocarea modurilor prin faptul că nu necesită elemente optice suplimentare, limitându-se la controlul electric.

În laserele semiconductoare InGaN albastru-violet cu absorbant saturabil suplimentar generarea impulsurilor scurte au loc prin mecanismul de comutare-Q. O atenție specială s-a acordat studiului unei noi configurații laser în care absorbantul de saturație în regiunile exterioare. Diferența față de structurile anterioare constă în faptul că, în cazul nostru, absorbantul este situat în regiunile exterioare ale laserului și poate fi controlat printr-un curent mic injectat. Menționăm

că astfel de dispozitive ar putea fi realizate experimental. Cadrul teoretic s-a bazat pe modelul ecuației ratelor. S-au efectuat simulări numerice (15000) pentru a analiza principalele caracteristici ale impulsurilor, cum ar fi puterea maximă, durata impulsurilor, energia impulsului, energia totală a semnalului la ieșire și raportul acestor energii în funcție de patru parametri structurali și materiali, cum ar fi numărul de gropi cuantice, lungimea absorbantului de saturație, pierderile în dispozitivul complet și reflectivitatea fațetei posterioare. Aceste rezultate vor servi ca baza pentru investigările ulterioare cu ajutorul ML.

Deși principiul pare simplu, obținerea unui impuls unic, puternic și stabil ridică dificultăți considerabile. Pentru Dacă excitarea electrică este prea scurtă, energia nu se acumulează suficient pentru a genera un impuls optic de putere ridicată, iar dacă este prea lungă, mediul activ continuă să fie repopulat cu purtători, ceea ce determină apariția unor impulsuri secundare nedorite. Aceste emisii adiționale pot afecta serios performanțele sistemelor fotonice care depind de precizia temporală și de unicitatea evenimentului optic, precum transmisiile optice cu modulație avansată sau tehnicile de măsură bazate pe corelare temporală. Din acest motiv, durata optimă a injecției electrice este un parametru critic. Controlul ei este îngreunat de interacțiile neliniare dintre câștigul optic, pierderile interne, compresia câștigului, variația indicelui de refracție în funcție de densitatea purtătorilor și lărgimea spectrală produsă în timpul emisiei. Pentru a distinge aceste fenomene, modelarea numerică reprezintă instrumentul fundamental. Simulările realizate în această etapă se bazează pe ecuații de undă cu propagare bidirecțională pentru câmpurile optice și pe ecuații de rată pentru densitatea purtătorilor. Aceste ecuații sunt dependente de timp și de poziția în cavitate, ceea ce le conferă capacitatea de a descrie fidel modul în care câmpul electromagnetic interacționează cu materialul activ în prezența retroacțiunii distribuite a rețelei Bragg. În plus, în cadrul modelului sunt incluse efecte precum compresia câștigului optic, dispersia acestuia, variația indicelui de refracție produsă de variația densității purtătorilor și saturația câștigului la intensități ridicate. Astfel, simulările pot reda forma impulsurilor, pot determina energia totală emisă și pot estima contribuția oscilațiilor de relaxare la formarea emisiilor nedorite. Rezultatele obținute arată că, pentru anumite durate ale curentului de injecție, laserul produce un impuls unic (figura de mai jos – stânga), simetric, cu lățime temporală redusă, tipic în intervalul zece–douăsprezece picosecunde, și cu o putere maximă cuprinsă între unu și doi Wați. În aceste condiții, energia impulsului este concentrată aproape integral în prima oscilație, ceea ce indică o utilizare eficientă a purtătorilor de sarcină și o disipare minimă a energiei în oscilații ulterioare. Atunci când durata curentului crește peste o anumită limită, mediul activ nu are timp să se descarce complet după primul impuls, iar oscilațiile de relaxare se amplifică, generând maximuri secundare în urma impulsului principal (figura de mai jos – dreapta).



Această evoluție reduce raportul dintre energia primului impuls și energia totală, ceea ce demonstrează degradarea calității impulsului. Fenomenul poate fi interpretat fizic ca o repopulare parțială a purtătorilor în timpul relaxării câștigului, proces ce devine suficient de puternic pentru a induce o nouă emisie coerentă. Pe lângă influența curentului electric, parametrii structurali au un rol determinant. Numărul de gropi cuantice controlează densitatea maximă de purtători ce pot fi stocați în mediul activ, iar creșterea lui poate mări puterea de vârf a impulsului. Factorul de confinare optic determină cât de bine este ghidat câmpul electromagnetic în regiunea activă. Dacă este prea mic, câștigul efectiv scade, iar dacă este prea mare, apare compresia câștigului și crește distorsiunea neliniară. Coeficientul de cuplaj al grilei Bragg definește eficiența feedback-ului optic. Un coeficient prea mic duce la emisii instabile, iar unul prea mare sporește pierderile interne și lărgirea spectrală. De asemenea, lungimea cavității influențează timpul de interacție dintre câmp și material. Cavitățile mai lungi pot favoriza puteri mai mari, dar pot introduce oscilații suplimentare care afectează unicitatea impulsului.

După cum s-a menționat mai sus, a fost construită o bază extinsă de date sintetice, folosind aproximativ cincisprezece mii de simulări pentru fiecare structură. Aceasta a permis studierea sistematică a variabilității impulsurilor în funcție de parametri electrici, structurali și optici. O astfel de bază de date reprezintă o resursă rară, deoarece generarea ei implică timp de calcul ridicat și modelare avansată. Fiecare element (eșantion) din setul de date a avut următoarele caracteristici asociate: coeficienți Gamma – factorul de confiment (parametru continuu), kappa – parametrul de cuplare (parametru categoric), NQW – numărul de gropi cuantice (parametru categoric) și intensitatea curentului injectat I (parametru continuu). Pornind de la acest set de date, ne-am concentrat pe construirea unui model de regresie separat pentru fiecare dintre următoarele variabile ținte : (1) putere de vârf  $P_{max}$ , (2) lățime completă la jumătate amplitudinii maxime, (3) energie totală  $E_{total}$  și (4) energie impuls Epulse.

Problemele care implică date tabulare sunt de obicei tratate cu modele (algoritmi) din familia de arbori de decizie cu gradient amplificat / ansambluri de arbori de decizie. În acest context, având în vedere cantitatea de date disponibile, au fost explorate patru modele : Linear Regression, XGBoost, Random Forest și Tabular Prior-data Fitted Network. Primele trei dintre ele au fost folosite în calitate de puncte de referință pentru comparație. Trebuie menționat că, spre deosebire de primele trei modele, TabPFN este un model bazat pe Deep Learning care prezintă performanțe excelente pe date tabelare. Are performanțe remarcabile, în special pentru seturi de date a căror dimensiune (de nivel mediu) se încadrează în mii de elemente. TabPFN utilizează arhitectura avansată de tip transformer, lansată inițial pentru Prelucrarea Limbajului Natural, iar elementul său central este mecanismul de autoatenție : fiecare caracteristică este analizată în raport cu celelalte, iar modelul decide care caracteristici sunt cele mai importante pentru predicție. Este pre-antrenat pe milioane de sarcini generate artificial, cum ar fi regresia și clasificarea, ceea ce i-a permis să acumuleze o bază generală de „cunoștințe statistice”. TabPFN utilizează mecanismul de învățare în context (ICL), care este prezent și în Modelele de Limbaj Mari. Se știe că arhitecturile de tip transformer sunt capabile să învețe o gamă largă de algoritmi prin ICL, inclusiv regresia logistică, chiar și pentru cazurile pentru care nu există o soluție închisă. S-a demonstrat că TabPFN depășește toate metodele anterioare pe seturi de date care cuprind până la 10.000 de eșantioane și 500 de caracteristici și necesită mult mai puțin timp de antrenament.

În cadrul acestor cercetări, menționăm încă o dată, preliminar, a fost evaluată performanța modelelor analizate de ML. Astfel, au fost obținute valorile scorului  $R^2$ , în procente, pentru fiecare model, respectiv pentru fiecare dintre cele 4 variabile țintă. După cum se cunoaște, valoarea scorului  $R^2$  măsoară cât de bine se potrivește modelul cu datele, procentele mai mari însemnând o performanță mai bună, în sensul că modelul explică o mai mare parte din variația variabilei țintă, care reprezintă o variabilă dependentă. Conform rezultatelor evaluării, realizate prin validare încrucișată în 4 etape, TabPFN2 produce cele mai bune modele pentru fiecare țintă. De exemplu, pentru variabila țintă Pmax scorul  $R^2$  obținut a fost în intervalul (96.56 - 97.37%), rezultând o medie de 96.97%.

Integrarea acestor rezultate într-un cadru unitar de optimizare demonstrează că îmbinarea modelării numerice cu inteligența artificială poate transforma modul în care sunt proiectate sursele laser cu semiconductori. În locul explorării manuale costisitoare sau al simulărilor exhaustive, viitoarele sisteme pot fi proiectate utilizând algoritmi de predicție, limitați doar de validarea finală pe prototipuri experimentale. Astfel de abordări pot accelera dezvoltarea dispozitivelor fotonice dedicate telecomunicațiilor terahertz, microscopiei de mare viteză, imagisticii biomedicale sau instrumentelor de spectroscopie ultrarapidă. Ceea ce până de curând reprezenta o provocare numerică dificilă devine acum o soluție optimizabilă automat și scalabilă industrial.

În perspectivă, direcția deschisă de acest proiect poate redefini complet procesul de proiectare fonică. Validarea experimentală a modelelor dezvoltate va permite trecerea de la o etapă predominant teoretică la una aplicativă, în care dispozitivele vor fi create în mod inteligent, cu verificarea finală pe platforme optice. Prin extinderea metodei către alte tipuri de lasere și dispozitive optoelectronice, se creează premisa unei noi generații de tehnologii fotonice, proiectate nu prin încercare și eroare, ci prin inteligență computațională capabilă să anticipeze comportamentul real. Această viziune reprezintă un pas către viitorul în care ingineria optică devine în același timp știință, model matematic și algoritm inteligent.

Concluziile generale ale studiului evidențiază faptul că generarea impulsurilor optice ultracurte prin comutare în câștig în laserele DFB și cele de tipul InGaN nu poate fi optimizată eficient doar prin abordări tradiționale bazate pe modelare fizică și explorare numerică directă. Dinamica purtătorilor de sarcină, interacțiunile neliniare ale câștigului optic, variația indicelui de refracție în funcție de densitate și influența retroacțiunii distribuite a grilei Bragg creează un sistem în care modificări aparent minore ale parametrilor conduc la schimbări majore ale formei impulsului, duratei și distribuției energetice. Simulările au demonstrat că un impuls unic de calitate înaltă este posibil numai într-o regiune îngustă a duratelor de excitație și a parametrilor structurali, iar depășirea acestor limite conduce inevitabil la apariția impulsurilor secundare, care degradează performanța sistemului. Astfel, optimizarea experimentală sau numerică exclusivă ar necesita timp și resurse considerabile, ceea ce face ca metodele brute de explorare să fie ineficiente pe scară largă.

Introducerea inteligenței artificiale în procesul de proiectare a demonstrat că modelele de învățare automată pot prelua complexitatea fenomenelor fotonice și o pot transforma într-un

mecanism predictiv simplificat, capabil să anticipeze rezultatele fără rularea simulărilor exhaustive. Prin învățarea relațiilor ascunse din date, aceste modele oferă nu doar predicții, ci și o formă implicită de analiză fizică, în care comportamentul sistemului este înțeles prin corelații statistice avansate. Metoda reduce semnificativ costurile computaționale și timpul de proiectare, permițând ca optimizarea laserelor să devină o problemă de inferență, nu de calcul repetitiv. De aceea, se poate afirma că inteligența artificială nu reprezintă o metodă auxiliară, ci un instrument viitor central în ingineria sistemelor laser.

În ansamblu, cercetarea demonstrează că viitorul proiectării fotonice va aparține abordărilor hibride, în care modelele fizico-matematice își păstrează rolul de fundament științific, dar sunt completate și accelerate de algoritmi capabili să reproducă consecințele fenomenelor fără a reconstitui explicit toate procesele care le produc. Această sinteză metodologică oferă nu doar precizie și eficiență, ci și o nouă perspectivă asupra modului în care cunoașterea fizică poate fi exploatată. Validarea experimentală a direcției propuse va consolida această paradigmă și va permite crearea unor lasere cu performanțe controlate inteligent, construite nu prin încercări succesive, ci prin învățare informată. Aceasta marchează tranziția de la tehnologiile proiectate mecanic spre tehnologiile proiectate cognitiv, în care dispozitivul nu este doar construit, ci este mai întâi înțeles și optimizat prin mecanisme predictive.

- 6. Diseminarea rezultatelor** obținute în proiect în formă de publicații (obligatoriu) și în formă de prezentări la foruri științifice (comunicări, postere – pentru cazurile când nu au fost publicate în materialele conferințelor)

Rezultatele obținute în proiect au fost diseminate la următoarele evenimente:

- a) Conferința “The IEEE 21st International Conference on Intelligent Computer Communication and Processing (ICCP 2025), October 16-18, 2025, Cluj-Napoca, Romania”. Raport oral <https://iccp.ro/technical-program>;
- b) Seminarul din cadrul Institutului Ferdinand Braun Berlin, Germania;
- c) Salonul Internațional de Inovații și Inventica, Euro Politehnicus 2025 .

**Lista publicațiilor din anul 2025 în care se reflectă doar rezultatele obținute în proiect, perfectată conform cerințelor față de lista publicațiilor (a se vedea Anexa 2)**

- 7. Impactul științific, social și/sau economic al rezultatelor științifice obținute în cadrul proiectului (obligatoriu)**

Rezultatele obținute vor aduce cunoștințe noi mai profunde în domenii precum generarea de impulsuri sub-picosecunde și învățare automată. Au fost propuse modele fizice pentru descrierea și înțelegerea mai bună a fenomenelor de generare a impulsurilor scurte prin 2 modalități. Ca rezultat au fost determinați parametri fiabili pentru impulsuri scurte obținute prin simulări numerice. În cadrul proiectului am stabilit cooperarea între 3 grupuri de cercetare din Moldova, Romania și Germania. Acest fapt va fi foarte benefic pentru grupul nostru de cercetare pentru a ne

încadra în Spațiu European de Cercetare.

Gubceac Natalia este în proces de finisare a tezei de doctor.

**8. Colaborare la nivel național** în cadrul implementării proiectului (obligatoriu)

La nivel național am stabilit cooperare cu cercetători de la Catedra de fiziologie și biofizica medicala, Universitatea de Medicina și Farmacie „Nicolae Testemitanu”

**9. Colaborare la nivel internațional** în cadrul implementării proiectului (obligatoriu)

În perioada de când am început realizarea proiectului am stabilit relații de cooperare cu următoarele centre de cercetare:

- a) Grupul de Sisteme Inteligente din cadrul Departamentului de Calculatoare, Facultatea de Automatică și Calculatoare a Universității Tehnice din Cluj-Napoca, Romania.
- b) Echipa de cercetare de la Institutul Ferdinand-Braun Berlin, Germania
- c) Grupul de cercetare LASER DYNAMICS de la Institutul Weierstrass din Berlin, Germania.

**10. Dificultățile în realizarea proiectului** de natură financiară, organizatorică, legate de resursele umane etc. (obligatoriu).

Nu au fost întâmpinate dificultăți în realizarea proiectului. Avem acces la serverul grupului de cercetare unde simulări numerice performante pot fi executate.

**11. Recomandări, propuneri** (opțional).

Solicităm finanțare pentru anul 2026 în vederea realizării etapei planificate pentru acest an.

Conducătorul de proiect V. J. / Tronciu Vasile

Data 3.12.2025

LȘ



## Rezumatul activității și a rezultatelor obținute în proiect în anul 2025

*Cifra proiectului 25.80012.5007.86SE*

*Denumirea Proiectului Dinamica laserelor cu semiconductoare prin prisma metodelor de învățare automată*

În acest proiect ne-am propus investigarea, modelarea și optimizarea generării impulsurilor ultracurte în două tipuri de lasere semiconductoare DFB și InGaN prin metode hibride: simulări numerice avansate și tehnici bazate pe învățare automată (ML). Întrucât sistemele fizice care descriu dinamica acestor lasere pot fi redată riguros prin ecuații diferențiale, una dintre provocările majore o constituie determinarea cu rapiditate și acuratețe a regimurilor dinamice care conduc la apariția impulsurilor cu durate mai mici de 10 ps. Prin acest proiect, se urmărește atât creșterea vitezei de predicție, cât și identificarea unor strategii de control al impulsurilor generate în diferite configurații de lasere semiconductoare. În etapa anului 2025 a acestui proiect cercetarea a fost orientată spre realizarea simulărilor numerice fără utilizarea algoritmilor de învățare automată. Activitățile se împart în două direcții majore. Prima activitate a constat în ajustarea modelelor undelor progresive pentru investigarea generării de impulsuri scurte într-un laser DFB (Distributed Feedback) prin comutarea câștigului. S-a realizat un set de 15 000 de simulări numerice bazate pe ecuații de undă cu propagare bidirecțională pentru câmpurile optice și ecuația de rată pentru densitatea purtătorilor. În cadrul modelului au fost incluse efecte precum compresia câștigului optic, dispersia acestuia, variația indicelui de refracție produsă de variația densității purtătorilor și saturația câștigului la intensități ridicate. Rezultatele obținute arată că, pentru anumite durate ale curentului de injecție, laserul produce un impuls unic, simetric, cu durată de sub 10 ps cu o putere maximă cuprinsă între unu și doi Wați. În aceste condiții, energia impulsului este concentrată aproape integral în prima oscilație care este și unica, ceea ce indică o utilizare eficientă a purtătorilor de sarcină și o disipare minimă a energiei în oscilații ulterioare. Atunci când durata curentului crește peste o anumită limită, am demonstrat mediul activ nu are timp să se descarce complet după primul impuls, iar oscilațiile de relaxare se amplifică, generând maximuri secundari în urma impulsului principal. Această evoluție reduce raportul dintre energia primului impuls și energia totală, ceea ce demonstrează degradarea calității impulsului. După cum s-a menționat mai sus, a fost construită o bază extinsă de date sintetice, folosind aproximativ cincisprezece mii de simulări pentru această structură. Aceasta a permis studierea sistematică a variabilității impulsurilor în funcție de parametri electrici, structurali și optici. O astfel de bază de date reprezintă o resursă rară, deoarece generarea ei implică timp de calcul ridicat și modelare avansată. Fiecare element (eșantion) din setul de date a avut următoarele caracteristici asociate: coeficienți Gamma – factorul de confiment (parametru continuu), kappa – parametru de cuplare (parametru categoric), NQW – numărul de gropi cuantice (parametru categoric) și intensitatea curentului injectat I (parametru continuu). A doua direcție include studiul impulsurilor scurte în laserele semiconductoare InGaN albastru-violet cu absorbant saturabil prin propunerea unei configurații noi în care absorbantul de saturație este situat în regiunile exterioare. Calcule numerice s-au bazat pe modelul ecuației ratelor. S-au efectuat simulări numerice alte 15000 pentru a analiza principalele caracteristici ale impulsurilor, cum ar fi puterea maximă, durata impulsurilor, energia impulsului, energia totală a semnalului la ieșire și raportul acestor energii în funcție de patru parametri structurali și materiali, cum ar fi numărul de gropi cuantice, lungimea absorbantului de saturație, pierderile în dispozitivul complet și reflectivitatea fațetei posterioare. Aceste rezultate vor servi ca baza pentru investigările ulterioare cu ajutorul ML.

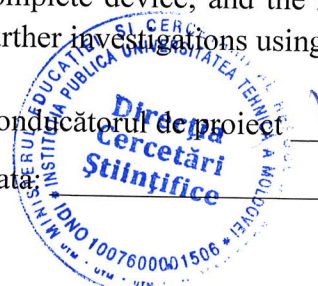
Rezumat în limba engleză pentru anul 2025 1 pagină

The aim of this project was to investigate, model and optimise the generation of ultrashort pulses in two types of semiconductor laser DFB and InGaN using hybrid methods involving advanced numerical simulations and machine learning (ML) techniques. As the physical systems that describe the dynamics of these lasers can be accurately represented by differential equations, a key challenge is determining the dynamic regimes that produce pulses with durations shorter than 10 ps rapidly and accurately. The project aimed to increase prediction speed and identify control strategies for pulses generated in different semiconductor laser configurations. At the 2025 stage of the project, research focused on performing numerical simulations without machine learning algorithms. The activities were divided into two main areas. The first activity involved adjusting travelling wave models to investigate pulse generation in a DFB (distributed feedback) laser by switching the gain. A set of 15,000 numerical simulations based on bidirectional wave equations for optical fields and a rate equation for carrier density were performed. The model included effects such as optical gain compression, dispersion and refractive index variation due to carrier density variation, as well as gain saturation at high intensities. The results show that, for certain injection current durations, the laser produces a single, symmetrical pulse with a duration of less than 10 ps and a maximum power of between one and two watts. Under these conditions, the pulse energy is almost entirely concentrated in the first oscillation, which is unique, indicating efficient charge carrier utilisation and minimal energy dissipation in subsequent oscillations. We have demonstrated that when the current duration increases beyond a certain limit, the active medium does not have time to fully discharge after the first pulse. This results in amplified relaxation oscillations and secondary maxima following the main pulse. This reduces the ratio of the energy of the first pulse to the total energy, demonstrating the degradation of pulse quality. As mentioned above, an extensive synthetic database was created using approximately fifteen thousand simulations of this structure. This enabled the systematic study of pulse variability as a function of electrical, structural, and optical parameters. Such a database is a rare resource since generating it involves significant computational time and advanced modelling. Each element (sample) in the dataset was associated with the following characteristics: the confinement factor (continuous parameter)  $\Gamma$ ; the coupling parameter (categorical parameter)  $\kappa$ ; the number of quantum wells (categorical parameter)  $N_{QW}$ ; and the intensity of the injected current (continuous parameter)  $I$ . The second direction of study involves investigating short pulses in blue-violet InGaN semiconductor lasers with a saturable absorber, proposing a new configuration in which the saturable absorber is located in the outer regions. Numerical calculations were based on the rate equation model. A further 15,000 numerical simulations were performed to analyse the main characteristics of the pulses, such as maximum power, pulse duration, pulse energy, total output signal energy and the ratio of these energies, as a function of four structural and material parameters: the number of quantum wells; the length of the saturable absorber; the losses in the complete device; and the reflectivity of the back facet. These results will serve as the basis for further investigations using machine learning.

Conducătorul de proiect \_\_\_\_\_ / Tronciu Vasile

Data:

L§



**Lista lucrărilor științifice, științifico-metodice și didactice  
publicate în anul 2025 în cadrul proiectului**

**Dinamica laserelor cu semiconductoare prin prisma metodelor de învățare automată**

**1. Monografii** (recomandate spre editare de consiliul științific/senatul organizației din domeniile cercetării și inovării)

1.1. monografii internaționale

1.2. monografii naționale

**2. Capitle în monografii naționale/internaționale**

**3. Editor culegere de articole, materiale ale conferințelor naționale/internaționale**

**4. Articole în reviste științifice**

4.1. în reviste din bazele de date Web of Science și SCOPUS (cu indicarea factorului de impact IF)

4.2. în alte reviste din străinătate recunoscute

4.3. în reviste din Registrul Național al revistelor de profil, cu indicarea categoriei

4.4. în alte reviste naționale

**5. Articole în culegeri științifice naționale/internaționale**

5.1. culegeri de lucrări științifice editate peste hotare

5.2 culegeri de lucrări științifice editate în Republica Moldova

**6. Articole în materiale ale conferințelor științifice**

6.1. în lucrările conferințelor științifice internaționale (peste hotare)

SLAVESCU, R.R.; TRONCIU, V.; ZAPOROJAN, S.; GUBCEAC, N. *Towards Modeling Semiconductor Laser Systems via Deep Learning: A Preliminary Study*. In: Proceedings of the IEEE 21st International Conference on Intelligent Computer Communication and Processing (ICCP 2025), October 16-18, 2025, Cluj-Napoca, Romania, pp. 1-8. Copyright ©2025 by IEEE. ISBN: 979-8-3315-5895-6 ; Catalog Number: CFP2509D-USB. (to be indexed in Web Of Science & Scopus)

6.2. în lucrările conferințelor științifice internaționale (Republica Moldova)

6.3. în lucrările conferințelor științifice naționale cu participare internațională

6.4. în lucrările conferințelor științifice naționale

## **7. Teze ale conferințelor științifice**

7.1. în lucrările conferințelor științifice internaționale (peste hotare)

SLAVESCU, R.R.; TRONCIU, V.; ZAPOROJAN, S.; GUBCEAC, N. Towards Modeling Semiconductor Laser Systems via Deep Learning: A Preliminary Study. In: Book of Abstracts of the IEEE 21st International Conference on Intelligent Computer Communication and Processing (ICCP 2025), October 16-18, 2025, Cluj-Napoca, Romania, p.39.

7.2. în lucrările conferințelor științifice internaționale (Republica Moldova)

7.3. în lucrările conferințelor științifice naționale cu participare internațională

7.4. în lucrările conferințelor științifice naționale

*Notă: vor fi considerate teze și nu articole materialele care au un volum de până la 0,25 c.a.*

## **8. Alte lucrări științifice** (recomandate spre editare de o instituție acreditată în domeniu)

8.1. cărți (cu caracter informativ)

8.2. enciclopedii, dicționare

8.3. atlase, hărți, albume, cataloage, tabele etc. (ca produse ale cercetării științifice)

## **9. Brevete de invenții și alte obiecte de proprietate intelectuală, materiale la saloanele de invenții**

1. Gubeac Natalia, Munteanu Ion, Ciobanu Nelly, „Sistem inovativ PureMed UV-Smart de sterilizare continuă a aerului și decontaminare simultană a obiectelor cu suprafețe neregulate”, Salonul Internațional de inovatie și inventica, Euro Politehnicus 2025, Editia a doua, Bucuresti Romania.

Premiul special (cupa) din partea Universității Politehnica Timisoara,

Medalia de Aur din partea Asociației CorneliuGroup cercetare – inovare,

Medalia de Aur din partea Universitatea Politehnica Bucuresti.

## **10. Lucrări științifico-metodice și didactice**

10.1. manuale pentru învățământul preuniversitar (aprobate de ministerul de resort)

10.2. manuale pentru învățământul universitar (aprobate de consiliul științific /senatul instituției)

10.3. alte lucrări științifico-metodice și didactice

## **11. Recomandări, propuneri.**

**Executarea devizului de cheltuieli,**  
**conform anexei nr. 2.3 din contractul de finanțare pentru anul 2025**  
**Cifrul proiectului     25.80012.5007.86SE**

| Cheltuieli, lei                                                                                                   |             |                  |                  |                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|------------------|------------------|------------------|
| Denumirea                                                                                                         | Cod         |                  | Anul de gestiune |                  |
|                                                                                                                   | Eco<br>(k6) | Aprobat          | Modificat<br>+/- | Precizat         |
| Deplasări de serviciu în interiorul țării                                                                         | 222710      |                  |                  |                  |
| Deplasări de serviciu peste hotare                                                                                | 222720      |                  | +39 482,07       | <b>39 482,07</b> |
| Servicii medicale                                                                                                 | 222810      |                  |                  |                  |
| Servicii de editare                                                                                               | 222910      |                  |                  |                  |
| Servicii de protocol                                                                                              | 222920      |                  |                  |                  |
| Servicii de cercetări științifice contractate<br>(salarizarea membrilor echipei - 80%)                            | 222930      | <b>237 931,0</b> |                  | <b>237 931,0</b> |
| Servicii neatribuite altor aliniate<br>(publicarea articolelor științifice / servicii laborator)                  | 222999      | <b>47 189,0</b>  | -47 189,0        |                  |
| Servicii neatribuite altor aliniate<br>(salarizarea personalului din afara instituției)                           | 222999      |                  |                  |                  |
| Servicii neatribuite altor aliniate<br>(salarizarea personalului administrativ - 5%)                              | 222999      | <b>14 880,0</b>  |                  | <b>14 880,0</b>  |
| Alte cheltuieli în bază de contracte cu persoane fizice                                                           | 281600      |                  | +1 963,79        | <b>1 963,79</b>  |
| Cheltuieli curente neatribuite la alte categorii<br>(taxele de participare la forumuri și evenimente științifice) | 281900      |                  |                  |                  |
| Procurarea mașinilor și utilajelor                                                                                | 314110      |                  |                  |                  |
| Procurarea activelor nemateriale                                                                                  | 317110      |                  |                  |                  |
| Procurarea combustibilului, carburanților și lubrifianților                                                       | 331110      |                  |                  |                  |
| Procurarea produselor alimentare                                                                                  | 333110      |                  |                  |                  |
| Procurarea materialelor pentru scopuri didactice, științifice și alte scopuri                                     | 335110      |                  |                  |                  |
| Procurarea materialelor de uz gospodăresc și rechizite de birou                                                   | 336110      |                  | +3 983,14        | <b>3 983,14</b>  |
| Procurarea altor materiale                                                                                        | 339110      |                  | +1 760,0         | <b>1 760,0</b>   |
| <b>TOTAL</b>                                                                                                      |             | <b>300 000,0</b> |                  | <b>300 000,0</b> |

Notă: În tabel se prezintă doar categoriile de cheltuieli din contracte care sunt în execuție și modificările aprobate (după caz)

Rector U.T.M.

  
 (semnătură)

dr. hab. Viorel BOSTAN

(numele, prenumele)

Contabil (economist)

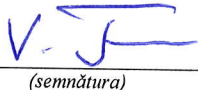
  
 (semnătură)

Victoria IOVU

(numele, prenumele)

Conducătorul de proiect

  
 Direcția Cercetări Științifice

  
 (semnătură)

dr. hab. Vasile TRONCIU

(numele, prenumele)

Data:

Lș

## Componența echipei conform contractului de finanțare 2025

Cifrul proiectului 25.80012.5007.86SE

| Echipa proiectului conform contractului de finanțare (la semnarea contractului) pentru 2025 |                                                      |               |                   |                                                    |                |                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|---------------|-------------------|----------------------------------------------------|----------------|-----------------|
| Nr                                                                                          | Nume, prenume<br>(conform contractului de finanțare) | Anul nașterii | Titlul științific | Norma de muncă sau nr. de ore conform contractului | Data angajării | Data eliberării |
| 1.                                                                                          | Tronciu Vasile                                       | 1965          | dr. hab.          | 31.2                                               | 01.08.2025     | 31.12.2025      |
| 2.                                                                                          | Zaporojan Sergiu                                     | 1961          | dr.               | 31.2                                               | 01.08.2025     | 31.12.2025      |
| 3.                                                                                          | Gubceac Natalia                                      | 1987          | f-grad            | 31.2                                               | 01.08.2025     | 31.12.2025      |

| Modificări în componența echipei pe parcursul anului 2025 |               |               |                   |                                                    |                |
|-----------------------------------------------------------|---------------|---------------|-------------------|----------------------------------------------------|----------------|
| Nr                                                        | Nume, prenume | Anul nașterii | Titlul științific | Norma de muncă sau nr. de ore conform contractului | Data angajării |
| 1.                                                        |               |               |                   |                                                    |                |
| 2.                                                        |               |               |                   |                                                    |                |
| 3.                                                        |               |               |                   |                                                    |                |

Rector U.T.M.

(semnătura)

dr. hab. Viorel BOSTAN

(numele, prenumele)

Contabil (economist)

(semnătura)

Victoria IOVU

(numele, prenumele)

Conducătorul de proiect

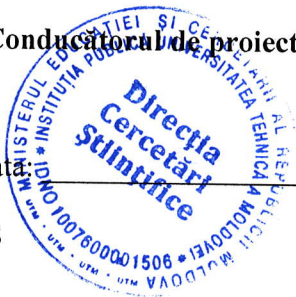
(semnătura)

dr. hab. Vasile TRONCIU

(numele, prenumele)

Data

LȘ





**EXTRAS**  
**din Procesul Verbal**  
**al ședinței Consiliului Științific UTM**  
**din 02 decembrie 2025**

Prezenți: 14 membri ai Consiliului științific al UTM – Vasile Tronciu, *Prorector pentru cercetare, prof. univ., dr. hab.*; Bostan Ion, *Academician AȘM, prof. univ., dr. hab.*; Bostan Viorel, *Rector UTM, prof. univ., dr. hab.*; Siminiuc Rodica, *Directoare a ȘD UTM, conf. univ, dr.*; Sturza Rodica, *Membbru cor. AȘM, prof. univ., dr. hab.*; Ghendov-Moșanu Aliona, *conf. univ., dr. hab.*; Caisîn Larisa, *prof. univ., dr. hab.*; Cepoi Liliana, *Director, Institutul de Microbiologie și Biotehnologie al UTM, conf.univ., dr.*; Gheorghică Maria, *prof. univ., dr.*; Monaico Eduard; *dr., conf. cercet.*; Țurcanu Dinu, *dr., conf. univ.*; Țîrșu Mihai; *Director Institutul de Energetică UTM, conf. univ., dr.*; Popovici Mihail, *conf. univ., dr.*; Muntean Viorel, *Doctorand UTM*

**S-A DISCUTAT:** audierea rezultatelor științifice obținute pe parcursul anului 2025 al proiectului din cadrul Concursului de proiecte „Stimularea excelenței cercetărilor științifice” pentru anii 2025-2026: **25.80012.5007.86SE „Dinamica laserelor cu semiconductoare prin prisma metodelor de învățare automată”**, Conducător de proiect: *dr. hab. Vasile TRONCIU*.

**S-A DECIS:** aprobarea rezultatelor științifice obținute pe parcursul anului 2025 al proiectului din cadrul Concursului de proiecte „Stimularea excelenței cercetărilor științifice” pentru anii 2025-2026: **25.80012.5007.86SE „Dinamica laserelor cu semiconductoare prin prisma metodelor de învățare automată”**, Conducător de proiect: *dr. hab. Vasile TRONCIU*.



Președinte al CȘ UTM,  
Vasile TRONCIU, dr. hab., prof. univ.

Secretar al CȘ UTM,  
Liliana CEPOI, dr. hab.