

RAPORTARE ȘTIINȚIFICĂ

În proiectul “*Spectroscopie ultra-rapida rezolvata temporal pentru caracterizarea filmelor subtiri perovskitice*” (UTRSCofPTF) este propusă o nouă abordare care oferă posibilitatea caracterizării proprietăților filmelor subțiri din materiale oxidice perovskitice prin metoda spectroscopiei ultra-rapide rezolvate temporal, folosind pulsuri laser ultra-scurte într-o configurație de tip „pump-probe”. Această metodă combină două domenii importante ale cercetării, și anume: ingineria laserilor cu pulsuri ultra-scurte și caracterizarea proprietăților filmelor subțiri. Această abordare oferă o perspectivă unică asupra proceselor dinamice rapide, cu durate în domeniul fs-ps, ca urmare a imbinării rezultatelor spectroscopiei optice cu imagistica spațio-temporală obținută cu ajutorul pulsurilor laser ultra-scurte, făcând din această metodă o modalitate de diagnostică a varietate de fenomene asociate cu dinamica de transport și relaxare a purtătorilor de sarcină din structura nanomaterialelor. Scopul acestui proiect este de a dezvolta pentru prima dată în România, în cadrul Institutului Național de Fizica Laserilor, Plasmei și Radiației (INFLPR) un montaj experimental de spectroscopie optică rezolvată temporal, cu rezoluție temporală mai mică de 100fs, bazat pe utilizarea pulsurilor laser ultracurte generate de două sisteme laser. Cele două sisteme laser prezintă o tehnologie de amplificare a pulsurilor laser cu derivă de frecvență (CPA), și anume: sistemul laser TEWALAS (http://cetal.inflpr.ro/newsite/tewalas_system), a cărui putere maximă este mai mare de 15 TW și etajul de amplificare incipient al sistemului laser CETAL-PW (http://cetal.inflpr.ro/newsite/pw_facility). În cadrul proiectului propus se urmărește caracterizarea absorbției tranzitorii a filmelor oxidice perovskitice cu diferite grade de deformare structurală, obținute prin tehnici de depunere asistată cu laserul, ceea ce va oferi informații importante asupra modificării proprietăților optice în domeniul temporal fs-ps, ca urmare a excitării optice.

- Descrierea științifică și tehnică

În prima fază a proiectului a fost dezvoltat montajul experimental, prezentat în Fig.1, necesar pentru a putea realiza experimente de *spectroscopie ultra-rapidă rezolvată temporal pentru caracterizarea filmelor subțiri perovskitice*.

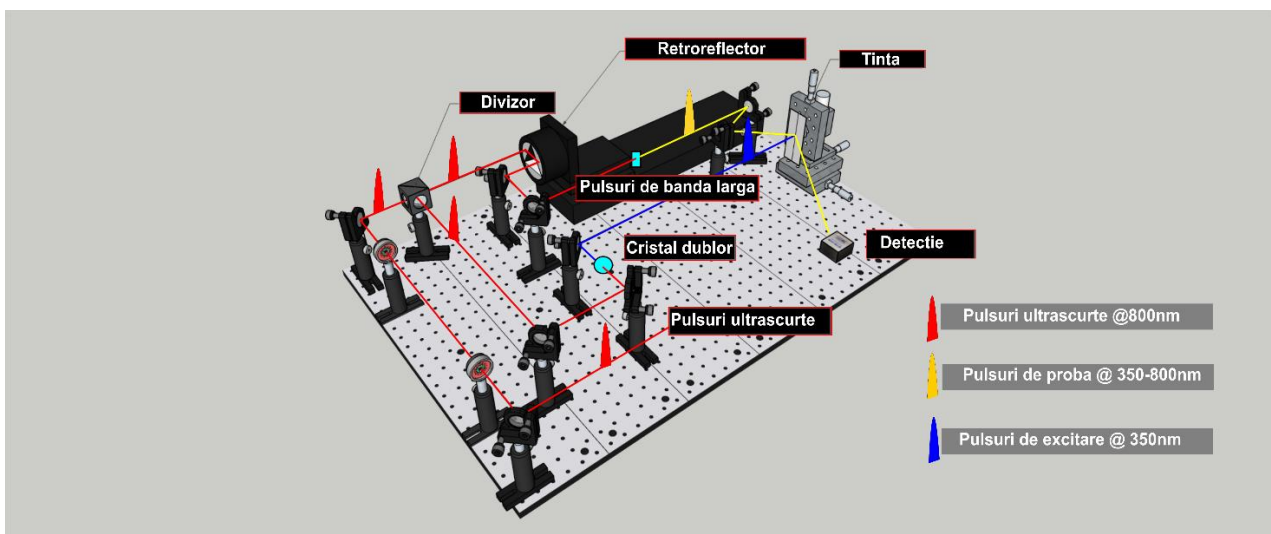


Fig.1 Montajul experimental propus pentru experimentele de spectroscopie ultra-rapidă rezolvată temporal.

Așa cum este prezentat în Fig.1 pulsurile laser ultra-scurte (aproximativ 50 fs figurate cu roșu) generate de sistemele laser vor fi împărțite în două; ulterior, un puls va fi utilizat pentru generarea unui puls de bandă largă (figurat cu galben) al cărui spectru este cuprins în intervalul (450-750nm) și acesta va fi folosit ca fascicul de probă, în timp ce al doilea puls (figurat cu albastru) va fi utilizat pentru excitarea optică a filmelor subțiri perovskitice în curs de investigare. Fasciculul utilizat pentru excitarea optică trebuie să prezinte o intensitate mai mare, la nivelul țintei, decât fasciculul de probă deoarece produce modificări în structura filmelor subțiri de perovskit. Pulsul de probă are rolul de a pune în evidență modificările generate de fasciculul de excitare optică și nu trebuie să influențeze proprietățile probei investigate.

Pentru pulsul de excitare optică este prevăzută utilizarea a două lungimi de undă diferite și anume: lungimea de undă fundamentală a sistemului laser CPA la 800 nm și armonica a doua la o lungime de undă de 400 nm. În Fig. 2 este prezentat spectrul unui puls de bandă largă (supercontinuu) obținut prin focalizarea unui puls laser ultra-scurt, generat de sistemul laser de 15TW TEWALAS, într-o probă de sticlă de siliciu. Lățimea de bandă spectrală a fasciculului de bandă largă poate fi variată prin utilizarea de materiale cu indici de refracție neliniari diferiți. Pentru a obține pulsuri de bandă largă cu spectre diferite în cadrul proiectului au fost achiziționate materiale cu indici de refracție diferiți. Materialele achiziționate sunt din Safir și CaF₂.

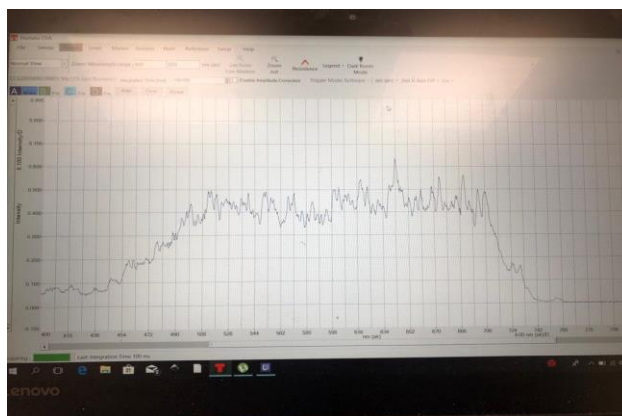


Fig.2 Spectru de bandă largă obținut la facilitatea laser TEWALAS

Întârzierea temporală dintre cele două pulsuri va fi controlată cu ajutorul unei linii de întârziere optică motorizată pe care este amplasat un retroreflector. Suprapunerea temporală a pulsurilor laser ultra-scurte va fi obținută într-un cristal dublor (BBO) amplasat în zona de interacție a pulsurilor la nivelul țintei așa cum este prezentat în Fig.3. Semnalul celei de-a doua armonici ce poate fi observat în mijlocul celor două pulsuri fundamentale, generate de sistemul laser TEWALAS, reprezintă o suprapunere temporală a pulsurilor cu o rezoluție mai mică decât durata pulsurilor ultracurte (50fs) utilizate.

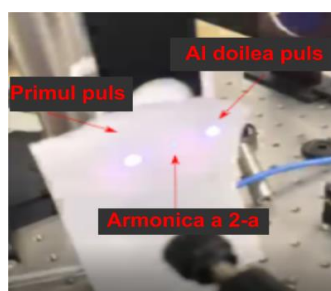


Fig.3. Sincronizarea temporală a pulsurilor ultra-scurte

Filmele subțiri din material perovskit sunt excitate optic cu un puls ultra-scurt și modificările obținute în urma excitării optice sunt investigate, la intervale scurte de timp (fs-ps), cu ajutorul unui puls ultra-scurt de bandă largă. După interacția pulsului de pompaj cu filmul subțire, se măsoară intensitatea pulsului de probă. Conform legii absorbției, intensitatea pulsului de proba obținuta pe ținta excitată este:

$$I_{exc} = I_0 * 10^{-A_{exc}} \quad (1)$$

I_0 reprezintă intensitatea pulsului incident folosit pentru excitarea optică a probei și A_{exc} reprezintă absorbția probei excitate.

În mod analog, când pulsul nu este excitat

$$I_{noexc} = I_0 * 10^{-A_{noexc}} \quad (2).$$

Împărțind ecuația (2) la (1) și prin logaritmare ambelor părți ale ecuației, este obținută relația:

$$\Delta A \equiv A_{exc} - A_{noexc} = \lg \frac{I_{noexc}}{I_{exc}} \quad (3)$$

Conform relației (3) pentru a înregistra modificările în absorbție induse de pulsul de excitație optică, nu este nevoie să măsurăm intensitatea pulsului incident I_0 . Intensitatea pulsurilor de proba va fi măsurată folosind sisteme de detecție adecvate astfel încât întregul spectru poate fi înregistrat simultan. Semnalul ce pune în evidență absorbția tranzitorie a probei ca rezultat al excitației optice este în funcție de timpul de întârziere dintre cele două pulsuri și lățimea de bandă spectrală a pulsului de probă.

$$\Delta A = \Delta A(t, \lambda) \quad (4)$$

În această fază a proiectului au fost realizate în proporție de 100% cele două activități propuse în cadrul proiectului și anume:

- Proiectarea și implementarea montajului experimental utilizat pentru spectroscopie ultra-rapidă;
- Generarea și caracterizarea pulsurilor de bandă largă utilizate ca pulsuri de probă;

Director Proiect,
Dr. Cojocaru Victor Gabriel