

# SISTEM LASER PENTRU APRINDEREA AMESTECURILOR COMBUSTIBILE

PAVEL Nicolaie, GRIGORE Oana-Valeria, CROITORU Gabriela

Cerere de brevet de invenție înregistrată la OSIM, România, cu numărul A/00314 din 21.06.2023

Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Fizica Laserilor, Plamei și Radiației  
Laboratorul de Electronica Cuantică a Solidului, Măgurele 077125, Ilfov, România

## 1. DOMENIUL TEHNIC

Invenția este în legătură cu **aprinderea amestecurilor combustibile** care au nevoie de o sursă externă de energie pentru a fi aprinse, fiind de interes pentru diferite **echipamente termice** (camere de aprindere cu volum constant, **centrale termice** sau **cazane cu aburi**) sau pentru diferite **motoare cu ardere internă** (motoare de **automobil**, motoare pentru **rachete** sau **turbo-reactoare** pentru **avioane** și **elicoptere**, motoare pentru **vapoare** sau unități de **generare a energiei electrice**). Metoda implică utilizarea unui **laser cu corp solid**, pompat cu diode laser, cu **emisie pulsată în regim comutat**, care furnizează **mai multe fascicule**, astfel încât **aprinderea** se face **într-un punct sau simultan în mai multe puncte**. Pentru un eveniment de aprindere, **fiecare fascicul laser** poate să conțină **câte un puls laser** sau **trenuri de pulsuri laser**, astfel încât aprinderea să fie obținută pentru amestecuri combustibile cu diferite concentrații. Metoda **asigură aprinderea eficientă a amestecurilor combustibile stoichiometrice** (cu raport relativ combustibil/aer,  $\lambda = 1$ ) și permite **aprinderea amestecurilor sărace / diluate** în combustibil (cu  $\lambda > 1$ ), conducând la economii de combustibil.

## 3. DESCRIEREA INVENȚIEI

Problema obținerii unui **laser compact cu mai multe fascicule**, fiecare fascicul conținând un **puls sau trenuri de pulsuri**, fiecare puls cu putere de vârf suficient de ridicată pentru a iniția aprinderea unor amestecuri combustibile, **este rezolvată prin faptul că: rezonatorul laser este de tip monolitic** și conține un **mediu activ laser de tip compozit în formă tubulară** (cilindru găurit); **că pompajul mediului activ laser se face cu diode laser** cuplate la **fibre optice**; **că un sistem optic transportă și introduce radiația de pompaj** în mediul activ laser astfel încât **direcția de propagare a radiației de pompaj este paralelă cu axa sistemului laser** (Fig. 1); **că prin modificarea duratei pulsului de pompaj** livrat de o diodă laser, un fascicul laser emis de mediul activ conține **un singur puls sau trenuri de pulsuri laser** (Fig. 2); **că focalizarea fiecărui fascicul laser se face cu o singură lentilă astfel încât este obținut fenomenul de aprindere** (Fig. 3).

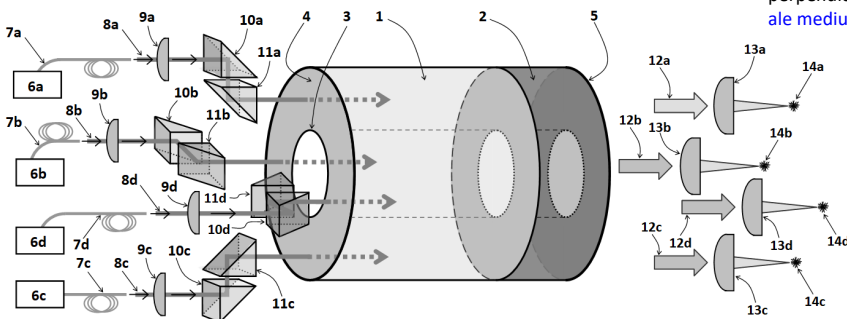


Fig. 1. Vedere generală a sistemului laser. 1: Mediul activ laser; 2: Mediul comutator; 3: Orificiu cilindric; 4, 5: Oglinzi rezonator optice; 6: Diode laser; 7: Fibre optice; 8: Fascicule laser pentru pompaj optic; 9: Lentile; 10, 11: Prisme; 12: Fascicule laser; 13: Lentile de focalizare; 14: Fenomen de "air breakdown".

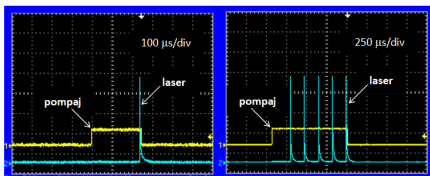


Fig. 2. Laserul poate emite un puls (stânga), precum și trenuri de câte cinci pulsuri laser (dreapta) pentru fiecare puls de pompaj.

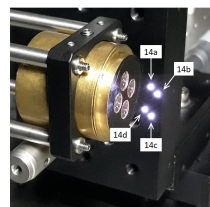


Fig. 3. Este ilustrat fenomenul de "air breakdown" (spargere a aerului) pentru cele patru fascicule ale laserului.

## 5. REALIZARE TEHNICĂ - EXPERIMENTE

5a. În experimente preliminare efectuate de autori, a fost utilizat un **mediu laser compozit tubular Nd:YAG/Cr<sup>4+</sup>:YAG ceramic**. În cazul în care fiecare diodă de pompaj a livrat radiația de pompaj sub forma unui puls dreptunghiular cu durata de 250 μs la lungimea de undă de 807 nm, **mediul compozit Nd:YAG/Cr<sup>4+</sup>:YAG a emis patru fascicule laser** la lungimea de undă de 1.06 μm, fiecare fascicul conținând **câte un puls laser** cu energia de 3.5 mJ și durata de ~1 ns (putere de vârf de 3.5 MW). Pentru un pompaj optic cu pulsuri dreptunghiulare având durata de 950 μs, **mediul Nd:YAG/Cr<sup>4+</sup>:YAG a emis patru fascicule laser**, fiecare **fascicul având cinci pulsuri laser** pentru un singur puls de pompaj.

5b. S-a efectuat **aprinderea cu laser a amestecurilor CH<sub>4</sub>/aer și H<sub>2</sub>/aer într-o cameră statică** folosind diferite configurații de aprindere (Fig. 4). S-a arătat că **aprinderea în mai multe puncte**, cu un singur puls laser sau cu trenuri de pulsuri laser, **crește eficiența aprinderii și extinde limitele de aprindere ale amestecurilor combustibile** în comparație cu aprinderea într-un singur punct cu un singur puls laser, respectiv cu aprinderea în patru puncte cu câte un singur puls laser. **Rezultatele sunt disponibile în lucrările publicate în Opt. & Laser Techn. 141, 107169 (2021) și Results Phys. 42, 105958 (2022).**

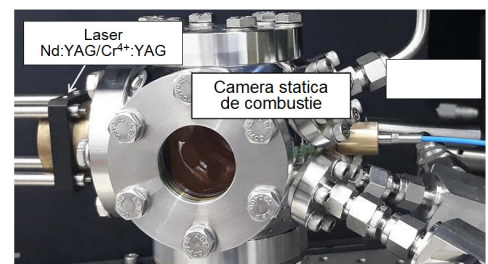


Fig. 4. Laserul Nd:YAG/Cr<sup>4+</sup>:YAG cu patru fascicule montat pe o cameră statică de combustie, în timpul experimentelor.

## 2. PROBLEMA TEHNICĂ PE CARE O REZOLVĂ INVENȚIA

În cazul aprinderii amestecurilor combustibile se dorește obținerea de timpi de ardere cât mai rapizi și de presiuni ridicate, o îmbunătățire a eficienței procesului de ardere, precum și extinderea limitelor amestecurilor combustibile care pot fi aprinse, în principal a amestecurilor diluate a căror utilizare poate conduce la economii de combustibil. **Problema tehnică** pe care o rezolvă această invenție este **de a realiza un laser compact pompat cu diode laser**, care să **funcționeze în condiții de vibrații și temperaturi ridicate**, care să livreze **mai multe fascicule** ce pot fi focalizate într-un volum stabilit al amestecului combustibil, care să permită **aprinderea într-un punct sau simultan în mai multe puncte** iar pentru fiecare eveniment de aprindere să fie **utilizat un puls laser sau un tren de pulsuri laser**, soluții ce permit creșterea eficienței de aprindere și extinderea limitelor de aprindere ale amestecurilor combustibile.

## 4. REVENDICĂRI

1. Un dispozitiv laser pentru aprinderea amestecurilor combustibile **caracterizat prin aceea că conține un mediu activ compozit cilindric** compus dintr-un **mediu activ laser cilindric (1)** și un **mediu comutator pasiv cilindric (2)** acestea fiind lipite între ele prin metode optice iar mediul compozit este tubular cu o gaură cilindrică centrală (3) pentru răcire în timpul funcționării; **că rezonatorul optic este de tip monolitic** având **oglinzile (4)** cu **reflectivitate de 100%** la lungimea de undă laser și cu **transmisie ridicată** la lungimea de undă de pompaj **depusă pe suprafața liberă a mediului activ laser** iar **oglinzile (5)** de extracție a radiației laser este **depusă pe suprafața liberă a mediului comutator pasiv**; **că diodele laser (6a, 6b, 6c, 6d) cuplate la fibre optice (7a, 7b, 7c, 7d) livrează radiație (8a, 8b, 8c, 8d) la lungimea de undă de pompaj**, direcția de propagare fiind în lungul axei dispozitivului laser; **că un set de lentile (9a, 9b, 9c, 9d) focalizează fiecare radiație de pompaj**; **că un sistem de prisme triunghiulare (10a, 10b, 10c, 10d) schimbă cu 90° direcția de propagare a radiației de pompaj** urmat de un alt sistem de prisme triunghiulare (11a, 11b, 11c, 11d) care **schimbă din nou cu 90° direcția de propagare a radiației laser**, astfel încât fiecare radiație de pompaj este perpendiculară pe oglinda dielectrică (4) și **este introdusă și absorbită în zone determinate ale mediului activ laser (1)**.

2. Un dispozitiv laser pentru aprinderea amestecurilor combustibile, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că ghidarea radiației de pompaj în mediul activ laser (1)** se face cu **prisme trapezoidale aflate în contact cu oglinda dielectrică (4)**.

3. Un dispozitiv laser pentru aprinderea amestecurilor combustibile, conform revendicării 1 și revendicării 2, **caracterizat prin aceea că diodele laser (6a, 6b, 6c, 6d) cuplate la fibre optice (7a, 7b, 7c, 7d) livrează radiație de pompaj (8a, 8b, 8c, 8d) sub formă de pulsuri dreptunghiulare cu durată ajustabilă** astfel încât **mediul compozit laser emite fascicule laser (12a, 12b, 12c, 12d) care conțin un singur puls laser** pentru un singur puls de pompaj sau **conțin trenuri de pulsuri laser** pentru un singur puls de pompaj.

4. Un dispozitiv laser pentru aprinderea amestecurilor combustibile, conform revendicării 3, **caracterizat prin aceea că lentile identice (13a, 13b, 13c, 13d) sunt plasate la aceeași distanță de mediul compozit laser și focalizează fasciculele laser** pentru a iniția **puncte de aprindere (14a, 14b, 14c, 14d)** situate în lungul axei sistemului la distanțe egale de lentile.

5. Un dispozitiv laser, conform revendicării 3, **caracterizat prin aceea că la distanță egală de mediul compozit laser sunt plasate lentile având distanță focală diferită și care focalizează fasciculele laser** pentru a induce **puncte de aprindere situate la distanțe diferite de lentile** pentru **aprinderea într-un volum mare a amestecurilor combustibile**.