



(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2010 01326**

(22) Data de depozit: **13/12/2010**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **30/08/2018** BOPI nr. **8/2018**

(41) Data publicării cererii:
30/06/2011 BOPI nr. **6/2011**

(73) Titular:
• **INSTITUTUL NAȚIONAL DE FIZICA
LASERILOR, PLASMEI ȘI RADIAȚIILOR,
STR. ATOMIȘTILOR NR. 409, MĂGURELE,
IF, RO**

(72) Inventatori:
• **DASCĂLU TRAIAN, STR. AVIONULUI
NR. 11, BL.6C, SC.1, AP.3, SECTOR 1,
BUCUREȘTI, B, RO;**
• **OANA SANDU, STR. TINERETULUI NR. 6,
BL. E2, AP. 15, URZICENI, IL, RO;**
• **VOICU FLAVIUS, STR. SOCULUI NR. 5,
DAENI, TL, RO;**

• **PAVEL NICOLAIE,
STR. LACUL PLOPULUI NR. 3, BL. P64,
SC. 1, AP. 21, SECTOR 5, BUCUREȘTI, B,
RO;**
• **SALAMU GABRIELA,
ALEEA CRICOVUL DULCE, NR. 7, BL. 17,
SC. 1, AP. 1, SECTOR 4, BUCUREȘTI, B,
RO;**
• **DINCĂ MIHAI, STR. POMÂRLA, NR. 3,
BL. B21, SC. 2, AP. 49, SECTOR 4,
BUCUREȘTI, B, RO**

(56) Documente din stadiul tehnicii:
**WO 2005066488 A1; US 7661401 B2;
US 6802290 B1**

(54) **SISTEM LASER PENTRU IGNIȚIA MOTOARELOR
CU ARDERE INTERNĂ**



RO 126373 B1

1 Inventția se referă la un sistem pentru igniția motoarelor cu ardere internă, prevăzut
cu un dispozitiv laser destinat să funcționeze ca sistem de aprindere în motoarele cu ardere
3 internă ce utilizează un amestec inflamabil, acest sistem având nevoie de o sursă externă
de energie pentru a se aprinde.

5 Principalele probleme ale laserelor cu corp solid, preconizate a fi folosite în sistemele
de aprindere a motoarelor cu ardere internă, constau în menținerea proprietăților pulsului
7 laser (în principal a energiei de pompaj, a energiei pe puls și a calității fasciculului) în
condițiile funcționării laserului pe un domeniu larg de temperaturi, și în regimuri de vibrații
9 specifice motorului, menținerea simplității de realizare pentru ca prețul de fabricație să fie
competitiv, obținerea de emisie laser cu eficiență ridicată.

11 Este cunoscut documentul **WO 2005066488 A1**, ce dezvăluie un dispozitiv de aprin-
dere a combustibilului dintr-un motor cu ardere internă, prin intermediul unui laser de aprin-
13 dere, pompat optic de la o sursă laser prin intermediul unei legături din fibră optică, format
dintr-o sursă laser, o legătură de transmisie din fibră optică, o oglindă de cuplare și una de
15 ieșire, o lentilă de cuplare, o tijă cu laser și laserul de aprindere ce generează fasciculul laser
de aprindere a combustibilului.

17 În documentul **US 7661401 B2** mediul laser (Nd:YAG) este pus în contact cu mediul
comutator pasiv (Cr^{4+} :YAG), iar pompajul optic se face dinspre suprafața liberă a Nd:YAG.
19 Acest aranjament permite absorbția radiației de pompaj nu numai în mediul activ Nd:YAG,
ci și în mediul comutator Cr^{4+} :YAG, influențând astfel caracteristicile pulsului laser.

21 Documentul **US 6950449 B2** utilizează un mediu activ Nd:YAG și separat un mediu
comutator Cr^{4+} :YAG, iar creșterea puterii de vârf a pulsului laser se obține prin lărgirea dia-
23 metrului fasciculului de pompaj. În acest scop se folosesc două lentile prin care radiația de
pompaj este introdusă în mediul Nd:YAG, însă acest montaj optic crește complexitatea
25 dispozitivului laser, reduce fiabilitatea și crește prețul acestuia.

Aranjamentul descris în documentul **US 6802290 B1** oferă ca soluție plasarea
27 laserului în afara motorului, iar transportul la motor a radiației laser folosită pentru aprinderea
cilindrilor motorului se face prin fibre optice. Eficiența unui astfel de sistem este redusă,
29 sistemul este complicat și scump, iar în prezent nu sunt disponibile fibre optice care să
reziste la intensitățile de putere necesare pentru aprinderea motorului.

31 Documentul **US 7040270 B2** propune folosirea unui laser pentru aprinderea într-un
motor Otto a amestecurilor aer-combustibil cu diferite concentrații, însă nu oferă detalii
33 despre laserul care poate fi utilizat.

Documentul **US 7114858 B2** propune aprinderea amestecului de gaz într-un motor
35 staționar care generează energie, iar fasciculele laser sunt livrate de un sistem laser extern
de mare putere.

37 Documentul **US 7231897 B2** consideră aprinderea prin concentrarea unui fascicul
laser în mai multe puncte din același cilindru, fasciculul laser fiind furnizat de o sursă plasată
39 în afara motorului.

Problema tehnică pe care își propune să o rezolve invenția este ca pompajul optic
41 al mediului activ laser să nu influențeze proprietățile mediului comutator, în condițiile unei
construcții simple și compacte.

43 Sistemul laser pentru igniția motoarelor cu ardere internă comutat pasiv, conform
invenției, este constituit dintr-o diodă laser și o fibră optică pentru introducerea radiației de
45 pompaj, un mediu laser compozit, format dintr-un mediu activ laser sub formă de paraleli-
piped cu secțiune pătrată, lipit prin metode specifice la un mediu comutator de formă parale-
47 lipipedică, având depuse pe suprafața liberă a mediului activ laser straturi dielectrice cu
transmisie determinată la lungimea de undă laser, și cu reflectivitate ridicată la lungimea de

RO 126373 B1

undă de pompaj, iar pe suprafața liberă a mediului comutator având depuse straturi dielectrice cu reflectivitate ridicată la lungimea de undă laser, iar între suprafața liberă a mediului activ și suprafața liberă a mediului comutator se formează rezonatorul optic necesar emisiei laser, iar o prismă optică, prin intermediul fibrei optice, permite introducerea radiației de pompaj în mediul laser compozit de la dioda laser, prisma având tăiată suprafața mare la un unghi care permite propagarea radiației de pompaj în mediul activ laser prin reflexie totală internă, iar radiația de pompaj atinge suprafața liberă a mediului activ laser, și este trimisă înapoi în mediul activ laser, mediul activ laser asigurând absorbția în totalitate a radiației de pompaj și, în acest fel, caracteristicile mediului comutator nu sunt influențate de radiația de pompaj.

Sistemul laser emite un fascicul laser care este focalizat cu ajutorul unei lentile, care în punctul de focalizare generează plasmă astfel încât permite inițierea aprinderii amestecului inflamabil din camera/cilindrul motorului, dispozitivul laser având o funcționare stabilă până la temperaturi înalte, de ordinul 150°C , fără a fi sensibil la vibrații mecanice.

Scopul invenției este de a propune un dispozitiv laser în care pompajul optic al mediului activ laser (pompaj care se face la o anumită lungime de undă, numită lungime de undă de pompaj) nu influențează proprietățile mediului comutator (acesta având absorbție saturabilă atât la lungimea de undă a emisiei laser, cât și la lungimea de undă de pompaj). În plus, dispozitivul laser trebuie să fie simplu și compact, astfel încât diferiți factori care îi pot influența parametrii în timpul funcționării (cum ar fi variațiile de temperatură sau vibrații cu intensitate ridicată) să nu introducă efecte (supraîncălzire, dilatare și stres sau dezaliniere) care ar putea limita utilizarea lui în aprinderea amestecului inflamabil din motoarele cu ardere internă.

Conform invenției, așa cum este descrisă în continuare, aceste probleme sunt rezolvate astfel: prin faptul că mediul laser este de tip compozit, fiind compus dintr-un mediu activ laser și un mediu comutator care sunt lipite împreună; prin faptul că radiația de pompaj este introdusă în mediul activ laser direct de la fibra optică a diodei de pompaj, folosind o prismă ce se află în contact doar cu mediul activ laser; prin faptul că propagarea radiației de pompaj în mediul activ laser se face prin reflexie totală internă, având parcurs dublu, și astfel fiind absorbită în totalitate, înainte de a ajunge la mediul comutator; prin faptul că oglinzile care formează rezonatorul optic sunt depuse direct pe mediul laser compozit; prin faptul că ansamblul format din mediul laser compozit și prismă este realizat fără elemente de reglaj, fiind astfel rezistent la vibrații; prin faptul că ansamblul format din mediul laser compozit și prismă se poate introduce într-o montură metalică ce are forma unei bujii clasice; prin faptul că focalizarea fasciculului laser emis de mediul laser compozit se face cu o singură lentilă, iar în punctul de focalizare se inițializează plasma care aprinde amestecul inflamabil.

Pentru a elimina posibilitatea dezalinierei, mediul laser compozit este fabricat prin unirea a trei piese:

- i) mediul activ laser în formă de paralelipiped cu secțiune de tip pătrat;
- ii) un mediu comutator pasiv având aceeași formă ca și mediul activ laser;
- iii) o prismă din material nedopat, având același indice de refracție ca și materialul mediului activ laser, prisma fiind lipită de mediul activ laser astfel încât propagarea radiației de pompaj să se facă în direcție opusă poziției mediului comutator pasiv.

Mediul laser compozit, compus din mediul activ laser și mediul comutator pasiv, se poate realiza prin contactul optic al unor astfel de cristale, sau prin folosirea de materiale policristaline, prelucrate optic și lipite prin tehnologii specifice. Cu privire la mediul activ laser, se pot utiliza medii de tip YAG, YAP, YVO_4 sau GdVO_4 dopate cu ioni de Nd sau Yb. Mediul activ laser poate avea lungimea între aproximativ 8 mm și aproximativ 15 mm, cu secțiune pătrată între $0,8 \times 0,8 \text{ mm}^2$ și aproximativ $1,5 \times 1,5 \text{ mm}^2$. Ca mediu comutator se poate utiliza cristalul $\text{Cr}^{4+}:\text{YAG}$ cu absorbție saturabilă.

RO 126373 B1

1 Cuplarea radiației de pompaj în mediul activ laser se face printr-o prismă optică ce
este lipită la mediul activ laser; această prismă este plasată imediat după mediul comutator,
3 pe oricare dintre suprafețele mediului activ laser care sunt perpendiculare pe regiunea de
contact dintre mediul activ laser și mediul comutator pasiv. Fibra optică, prin care se livrează
5 radiația de pompaj de la dioda laser la mediul activ laser, se poziționează aproape de supra-
fața mare a prisme optice. În acest fel, radiația de pompaj este introdusă în mediul activ
7 laser, se propagă prin reflexie totală înspre suprafața liberă a mediului activ laser, unde se
reflectă și apoi parcurge un al doilea drum în mediul activ laser. În acest mod se obține o
9 excitație uniformă a mediului activ laser, iar radiația de pompaj este absorbită în totalitate,
înainte de a ajunge la mediul comutator. Radiația de pompaj este livrată prin fibră de o diodă
11 laser, iar momentul când dioda laser funcționează și livrează această radiație de pompaj este
stabilit de unitatea electronică de control a motorului. Rezonatorul optic se realizează între
13 suprafața liberă a mediului comutator (care se depune cu straturi dielectrice având reflecti-
vitate ridicată, de aproximativ 100% la lungimea de undă laser) și suprafața liberă a mediului
15 activ laser (care se depune cu straturi dielectrice având o reflectivitate definită la lungimea
de undă laser și reflectivitate ridicată la lungimea de undă de pompaj). Suprafața mare a
17 prisme optice se depune cu straturi dielectrice având transmisie ridicată, >99%, la lungimea
de undă de pompaj.

19 Mediul laser compozit se atașează la un element mecanic, similar bujiei clasice,
acesta având și rol de răcire a laserului. Metoda de lipire a mediului laser compozit la ele-
21 mentul mecanic are o importanță crucială pentru crearea unei structuri rezistente la vibrații,
capabilă să mențină alinierea pe o plajă de temperaturi ce variază de la -50°C la +150°C, și
23 să elimine posibilitatea apariției birefringentei optice induse datorită efortului mecanic. În
cazul în care această lipire este neelastică, este necesară potrivirea coeficienților de dilatare
25 a elementelor puse în contact (mediul laser compozit și elementul de susținere mecanică).
Lipirea se poate face cu un adeziv rezistent la temperaturi și vibrații, sau prin straturi subțiri
27 metalice, care asigură și un transfer eficient de căldură de la mediul laser compozit la ele-
mentul mecanic.

29 Fasciculul emis de mediul laser compozit este focalizat în camera de ardere a moto-
rului (adică în cilindrul motorului) cu ajutorul unei lentile. Densitatea de putere în punctul de
31 focalizare este suficient de ridicată pentru a iniția ionizarea și, astfel, aprinderea amestecului
inflamabil.

33 Se dă în continuare un exemplu de realizare a invenției în legătură cu fig. 1...2, ce
reprezintă:

35 - fig. 1, schema de ansamblu a dispozitivului laser propus în această invenție;
 - fig. 2, vedere detaliată a mediului laser compozit, format din mediul activ laser și
37 mediul comutator, fiind arătat modul în care se face pompajul optic conform soluției propuse.

 Sistemul laser pentru igniția motoarelor cu ardere internă prezintă un mediu laser
39 compozit ce cuprinde un mediu activ laser (de exemplu, Nd:YAG) de formă paralelipipedică
cu secțiune de tip pătrat **1**, fig. 1, și un mediu cu absorbție saturabilă (de exemplu, Cr⁴⁺:YAG)
41 care acționează ca un comutator pasiv **2**, fig. 1. Aceste medii sunt lipite împreună prin tehnici
specifice. Pe suprafața liberă (din stânga) a mediului activ laser se depun straturi dielectrice
43 **3**, fig. 1, care au transmisie determinată la lungimea de undă laser (în general, pentru
Nd:YAG această lungime de undă este de aproximativ 1 μm) și cu reflectivitate ridicată
45 (>99%) la lungimea de undă de pompaj (în general, pentru Nd:YAG lungimea de undă a
pompajului este de 808 nm sau 885 nm). Pe suprafața liberă (din dreapta) a mediului comu-
47 tator se depun straturi dielectrice **4**, fig. 1, cu reflectivitate ridicată (de aproximativ 100%) la
lungimea de undă laser. La mediul activ laser se atașează o prismă optică **5**, fig. 1, de

RO 126373 B1

preferat din YAG sau dintr-un material cu indice de refracție apropiat YAG-ului, prisma fiind 1
situată imediat după mediul comutator. Contactul optic dintre prismă și mediul activ laser se
poate face cu un adeziv transparent la lungimea de undă de pompaj. Mediul laser compozit, 3
format din mediul activ laser, mediul comutator și prisma optică, este plasat într-o montură
metalică **6**, fig. 1, similară corpului unei bujii clasice. Fixarea acestui mediu laser compozit 5
se poate face cu un adeziv **7a**, **7b**, fig. 1, sau cu straturi metalice subțiri, de tip Au-Sn sau
Ag-In; ambele soluții trebuie să asigure rezistență la vibrații, să permită funcționarea pe un 7
domeniu larg de temperaturi (de la -50°C la 150°C) și să realizeze un transfer eficient al
căldurii între mediul laser compozit și montura metalică. O fibră optică **8**, fig. 1, plasată cât 9
mai aproape de suprafața mare a prisme optice, livrează radiația de pompaj. Radiația de
pompaj este emisă de o diodă laser, această diodă fiind comandată direct de la unitatea 11
electronică de control a motorului. Mediul laser compozit, format din mediul activ laser și
mediul comutator, emite radiație laser **9**, fig. 1. Focalizarea radiației laser în cilindrul moto- 13
rului se face cu ajutorul unei lentile **10**, fig. 1. În punctul de focalizare are loc ionizarea ames-
tecului inflamabil, rezultând un punct de inițiere a plasmei **11**, fig. 1, care conduce la aprin- 15
derea întregului amestec din cilindrul motorului.

La mediul activ laser **1**, fig. 2, se atașează o prismă **5**, fig. 2, iar fibra optică **8**, fig. 2, 17
care livrează radiația de pompaj, se poziționează cât mai aproape de suprafața mare a
prisme. Prisma este tăiată la un unghi corespunzător, astfel încât în interiorul mediului activ 19
laser radiația de pompaj **12a**, fig. 2, se propagă prin reflexie internă totală. După un parcurs
în mediul activ laser, radiația de pompaj se reflectă pe suprafața liberă a mediului activ laser 21
care este depusă cu straturi dielectrice **3**, fig. 2. Astfel, se obține un al doilea parcurs al
radiației de pompaj în mediul activ laser **12b**, fig. 2, rezultând o distribuție uniformă a radiației 23
de pompaj absorbite în mediul activ laser. Lungimea mediului activ laser este aleasă astfel
încât după cel de-al doilea parcurs radiația de pompaj să fie absorbită în totalitate. În acest 25
fel proprietățile mediului comutator **2**, fig. 2, nu vor fi influențate de pompaj, acesta fiind un
avantaj al dispozitivului laser propus în acest brevet. În condițiile de saturare a mediului 27
comutator, se emite fasciculul laser **9**, fig. 2.

În testele făcute de autori s-a obținut inițierea de plasmă și s-a aprins amestec de 29
metan într-o cameră statică, folosind pulsuri laser cu energia de 3 mJ și durata de 1 ns. În
plus, cu o cameră ultrarapidă s-a înregistrat propagarea frontului de ardere pentru aprinderea 31
cu o bujie clasică și pentru aprinderea cu fascicul laser. În cazul aprinderii cu fascicul laser,
arderea amestecului inflamabil s-a făcut mai rapid, fapt ce conduce (în comparație cu 33
aprinderea cu bujia clasică) la îmbunătățirea eficienței arderii și la scăderea anumitor noxe
rezultate în procesul de ardere. 35

RO 126373 B1

Revendicări

1

3

1. Sistem laser pentru igniția motoarelor cu ardere internă comutat pasiv, constituit dintr-o diodă laser și o fibră optică (8) pentru introducerea radiației de pompaj, un mediu laser compozit, format dintr-un mediu activ laser, sub formă de paralelipiped cu secțiune pătrată (1), lipit prin metode specifice la un mediu comutator de formă paralelipipedică (2), având depuse pe suprafața liberă a mediului activ laser (3) straturi dielectrice cu transmisie determinată în funcție de lungimea de undă laser, și cu reflectivitate ridicată la lungimea de undă de pompaj, iar pe suprafața liberă a mediului comutator (4) având depuse straturi dielectrice cu reflectivitate ridicată la lungimea de undă laser, **caracterizat prin aceea că** între suprafața liberă a mediului activ (3) și suprafața liberă a mediului comutator (4) se formează rezonatorul optic necesar emisiei laser, iar o prismă optică (5), prin intermediul fibrei optice (8), permite introducerea radiației de pompaj în mediul laser compozit de la dioda laser, prisma (5) având tăiată suprafața mare la un unghi care permite propagarea radiației de pompaj în mediul activ laser prin reflexie totală internă (12a), iar radiația de pompaj atinge suprafața liberă a mediului activ laser, și este trimisă înapoi în mediul activ laser (12b), mediul activ laser asigurând absorbția în totalitate a radiației de pompaj astfel încât caracteristicile mediului comutator (2) nu sunt influențate de radiația de pompaj.

5

7

9

11

13

15

17

19

21

23

2. Sistem laser conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** prezintă o lentilă (10) care focalizează fasciculul laser, iar în punctul de focalizare este generată plasmă (11) astfel încât permite inițierea aprinderii amestecului inflamabil din camera/cilindrul motorului, dispozitivul laser având o funcționare stabilă până la temperaturi înalte, de ordinul 150°C, fără sensibilitate la vibrațiile mecanice.

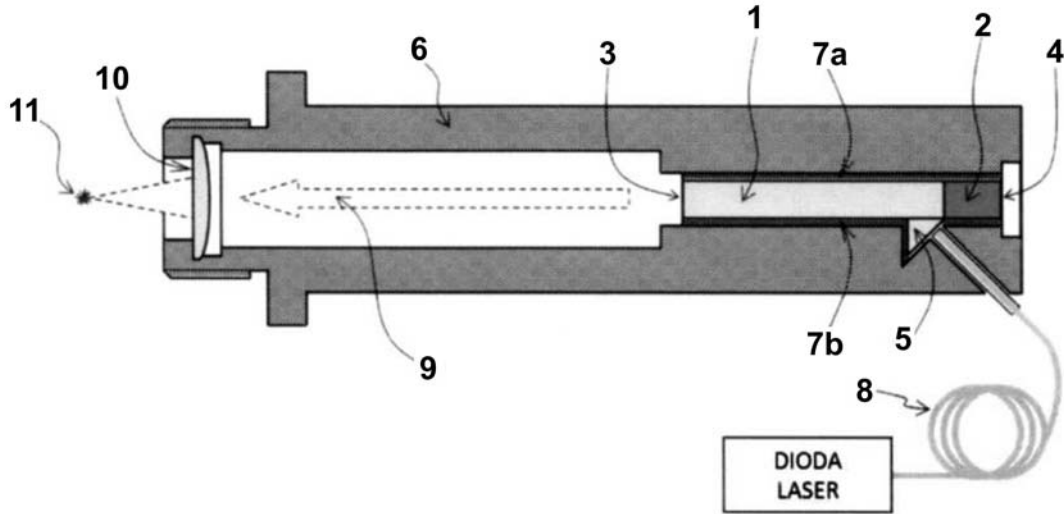


Fig. 1

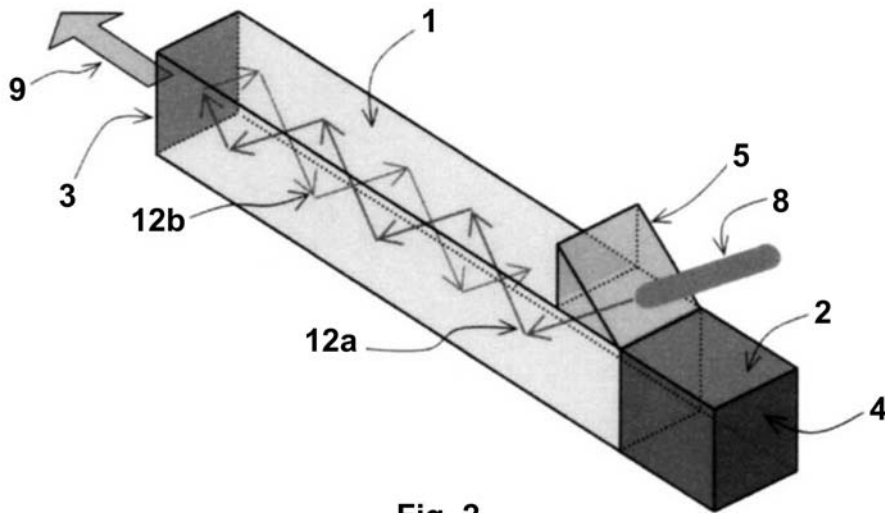


Fig. 2

