



(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2016 00353**

(22) Data de depozit: **18/05/2016**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **30/06/2020** BOPI nr. **6/2020**

(41) Data publicării cererii:
29/11/2017 BOPI nr. **11/2017**

(73) Titular:
• **RENAULT S.A.S.**, 13-15 QUAI ALPHONSE
LE GALLO, BOULOGNE-BILLANCOURT,
FR

(72) Inventatori:
• **BIRTAS ADRIAN**, INTRAREA ARMAȘULUI
NR.7, SECTOR 1, BUCUREȘTI, B, RO;
• **BOICEA NICULAE**,
STRADA DRUMUL MORII, NR.4G,
SAT VALEA MARE-PODGORIA,
ȘTEFĂNEȘTI, AG, RO;
• **DASCĂLU TRAIAN**, STR. AVIONULUI
NR.11, BL.6C, SC.1, AP.3, SECTOR 1,
BUCUREȘTI, B, RO;

• **PAVEL NICOLAIE**, STR. BUJORILOR
NR.5, BL. B21, SC. B, AP. 17, MĂGURELE,
IF, RO;
• **SALAMU GABRIELA**, STR.SECUIILOR
NR.11, BL.18, SC.3, AP.78, SECTOR 4,
BUCUREȘTI, B, RO;
• **GRIGORE OANA-VALERIA**,
ALEEA CÂMPULUI NR.10, URZICENI, IL,
RO

(74) Mandatar:
ROMINVENT S.A.,
STR. ERMIL PANGRATTI NR.35,
SECTOR 1, BUCUREȘTI

(56) Documente din stadiul tehnicii:
RO 126373 B1; US 20100031909 A1

(54) **BUJIE CU LASER, PENTRU UN MOTOR CU ARDERE**



RO 132267 B1

1 Invenția se referă la o bujie cu laser, proiectată pentru a fi utilizată ca un sistem de
aprinde pentru motoarele cu ardere internă sau echipamentele termice care funcționează cu
3 orice tip de amestec inflamabil care trebuie să fie aprins de o sursă externă de energie. Mai
precis, invenția se referă la lasere cu semiconductoare.

5 Bujia cu laser conține: un mediu activ laser compozit; fibre optice care livrează fascicu-
lele de pompaj de la diodele laser (aceste diode fiind alimentate de la o sursă de energie),
7 furnizând astfel pompaj optic în diverse regiuni diferite ale mediului activ; prisme optice pentru
cuplarea fasciculelor de pompaj în mediul activ; rezonatoare optice obținute prin depunerea de
9 straturi dielectrice subțiri direct pe suprafața de intrare a mediului activ și pe suprafața de ieșire
a unui cristal cu absorbție saturabilă care acționează ca un comutator Q; lentile pentru focaliza-
11 rea fasciculelor laser.

O problemă principală a laserelor cu semiconductoare care sunt proiectate pentru aprin-
13 derea motoarelor este fiabilitatea acestora, reproductibilitatea aprinderii sau rezistența cu îmbă-
trânirea în condiții de particule de radiație ionizantă. Va fi făcută o analiză a diverselor brevete
15 care au fost propuse pentru aprindere cu laser în mai multe puncte a motoarelor cu ardere
internă.

17 Documentul **JP 2006242038 A** dezvăluie modificarea caracteristicilor unei lentile de
focalizare de către un element piezoelectric. În acest fel, un fascicul laser este focalizat în
19 diverse puncte în cilindrul motorului.

Documentul **JP 2007291965 A** descrie un sistem în care sunt obținute mai multe puncte
21 de aprindere în camera de ardere, prin focalizarea unui singur fascicul laser care se reflectă pe
peretele curbat al cilindrului. O asemenea soluție nu este viabilă deoarece peretele cilindrului
23 nu este suficient de curat în timpul funcționării motorului.

Documentul **JP 2008002278 A** dezvăluie introducerea în camera de ardere a unei
25 oglinzi care colectează fasciculul laser și îl focalizează în mai multe puncte.

Documentul **US 20080257294 A1** dezvăluie un nou model de motor, în care camera de
27 ardere este echipată cu un sistem de injecție special, și mai multe dispozitive cu laser pentru
aprinde, dar soluția este destul de scumpă.

29 Documentul **US 8863495 B2** descrie o metodă care utilizează un fascicul laser, precum
și microunde pentru aprindere; această soluție este complicată, și procesul de aprindere nu
31 prezintă o bună fiabilitate.

Documentul **US 6802290 B1** expune o combinație de lasere microdisc și amplificatoare
33 cu fibre optice. Deși laserul poate funcționa la temperaturi ridicate, și are rezistență la vibrații,
eficiența dispozitivului este redusă, în timp ce întregul sistem este complicat și scump.

35 Documentul **RO 126373 B1** dezvăluie un sistem laser pentru igniția motoarelor cu
ardere internă, destinat să funcționeze ca sistem de aprindere a amestecului aer-combustibil
37 în camera de ardere a motorului, la care între suprafața liberă a mediului activ și suprafața liberă
a mediului comutator se formează un rezonator optic necesar emisiei laser, iar o prismă optică,
39 prin intermediul fibrei optice, permite introducerea radiației de pompaj în mediul laser compozit.

Documentul **US 20100031909 A1** dezvăluie o bujie pentru un motor cu combustie
41 internă ce are un dispozitiv de ghidare luminoasă pentru alimentarea bujiei cu putere radiantă
optică, un senzor este cel puțin parțial integrat în bujie, dar dispus în afara dispozitivului de ghi-
43 dare a luminii, și este realizat pentru obținerea datelor de funcționare a bujiei și/sau a unei
camere de combustie asociată bujiei.

45 În consecință, obiectivul prezentei invenții este acela de a furniza un dispozitiv care să
fie simplu, eficient, și care să nu permită modificări ale transmisiei inițiale a mediului absor-
47 bant-saturabil de către fasciculul de pompaj rezidual, care este rezolvat prin faptul că mediul
compozit este proiectat în așa fel încât fasciculele de pompaj pot fi introduse în mediul activ

RO 132267 B1

utilizând mai multe fibre optice; prin aceea că întregul ansamblu este fabricat cu articole cu reglare minimă sau fără reglare, ce se pot deteriora atunci când sistemul funcționează în condiții termice și tensiuni induse de condiții de vibrații ale motoarelor sau altor echipamente termice care au fost menționate în această invenție; prin aceea că există două oglinzi care formează mai multe rezonatoare optice care generează un număr adecvat de fascicule laser.

Un obiectiv al prezentei invenții este acela de a furniza o bujie cu laser pentru un motor cu ardere.

Bujia cu laser cuprinde un mediu activ laser cilindric, într-o parte, o primă oglindă dielectrică, și în cealaltă parte, destinată să fie în camera de ardere, un material cilindric ce acționează ca un comutator Q pasiv, și o a doua oglindă dielectrică având transmisie parțială la lungimea de undă a laserului.

Bujia cu laser cuprinde niște diode laser conectate la fibre optice, niște prime lentile conectate la fibre optice și prisme triunghiulare, fasciculele de pompaj fiind introduse în mediul activ laser prin intermediul prismelor triunghiulare. Fasciculele de pompaj sunt perpendiculare pe oglinda dielectrică, și sunt absorbite în zone diferite ale mediului activ laser.

Bujia cu laser se termină, pe partea destinată camerei de ardere, cu cel puțin o lentilă secundară **10** pentru focalizarea fasciculelor laser.

Alte aspecte ale invenției pot fi:

- prismele sunt plasate în contact cu mediul activ laser;
- bujia cu laser cuprinde un număr de lentile secundare egale cu fasciculele laser;
- suprafețele lentilelor secundare sunt tăiate la un unghi;
- lentilele secundare sunt plasate la distanțe diferite de mediul laser compozit;
- lentilele secundare au lungimi focale diferite.

Alte obiective și avantaje ale prezentei invenții vor deveni evidente din următoarea descriere, atunci când sunt luate împreună cu desenele însoțitoare, ce reprezintă:

- fig. 1 - o bujie cu laser conform invenției;
- fig. 2 - o variantă de realizare specifică a fasciculelor de pompaj;
- fig. 3 - o vedere laterală a unei variante de realizare a invenției;
- fig. 4 - un exemplu conform invenției al focalizării punctului de aprindere;
- fig. 5 - o primă variantă de realizare a mai multor puncte de aprindere;
- fig. 6 - o a doua variantă de realizare a mai multor puncte de aprindere;
- fig. 7 - niște exemple de variante de realizare conform invenției.

În descrierea următoare, componentele identice sau similare sunt indicate cu aceleași referințe.

Următoarea descriere se referă la o bujie cu laser destinată să fie montată în carcasa unui motor cu ardere (care nu este reprezentată). În mod obișnuit, o bujie sau o bujie cu laser cuprinde o parte destinată să fie în camera de ardere pentru aprinderea amestecului inflamabil, și o altă parte, opusă, cu conexiuni electronice. Scânteia de plasmă sau scânteia de aprindere este produsă la punctul focal al fasciculelor de lumină laser, în camera de ardere.

Fig.1a este o vedere a unui ansamblu de bujie cu laser. Bujia cu laser cuprinde un mediu activ laser cilindric **1**. Mediul activ laser cilindric **1** este dopat cu ioni care absorb radiația de pompaj care este introdusă în acesta. Pe partea destinată să fie în camera de ardere este atașat un material cilindric **2** care acționează ca un comutator Q pasiv. În acest fel, se obține o structură mediu activ laser compozit - mediu comutator Q pasiv. Mediul activ laser **1** poate fi Nd:YAG, Yb:YAG sau Nd:YV04, și mediul comutator Q poate fi Cr⁴⁺:YAG (un material ce are absorbție saturabilă la lungimea de undă a laserului).

RO 132267 B1

1 Bujia cu laser cuprinde, pe o parte, o primă oglindă dielectrică **3** ce prezintă o transmisie
ridicată (mai mare de 95%) la lungimea de undă a pompajului, precum și o reflectivitate ridicată
3 (peste 99,9%) la lungimea de undă a laserului. La partea opusă, partea destinată să fie în
camera de ardere, bujia cu laser cuprinde o oglindă dielectrică secundară **4** cu transmisie
5 parțială la lungimea de undă a laserului.

Bujia cu laser cuprinde diode laser (care nu sunt reprezentate) conectate la fibre optice
7 **5a, 5b, 5c, 5d**. Energia necesară producerii inversiunii de populație în mediul activ laser este
generată de diode laser și apoi livrată de fibre optice **5a, 5b, 5c, 5d**.

9 Bujia cu laser cuprinde niște prime lentile **6a, 6b, 6c, 6d** conectate la fibre optice **5a, 5b,**
5c, 5d dintr-o parte, și prisme triunghiulare **7a, 7b, 7c, 7d** din cealaltă parte. Prismele
11 triunghiulare **7a, 7b, 7c, 7d** sunt realizate din material nedopat.

Focalizarea fasciculelor de pompaj este realizată de primele lentile **6a, 6b, 6c, 6d**, și
13 fasciculele de pompaj sunt introduse în mediul activ laser **1** prin intermediul prismelor triunghi-
ulare **7a, 7b, 7c, 7d**. Aceste prisme **7a, 7b, 7c, 7d** sunt poziționate la o anumită distanță de
15 mediul activ laser **1**, și permit modificarea fiecărei direcții a fascicului de pompaj cu 90°, com-
parativ cu fibrele optice **5a, 5b, 5c, 5d**. În plus, prismele **7a, 7b, 7c, 7d** sunt poziționate simetric
17 în jurul axei mediului activ laser **1**. În această variantă de realizare și ca exemplu, prismele **7a,**
7b, 7c, 7d sunt poziționate simetric în și la o distanță pe cât de mică posibil de axa mediului
19 activ laser **1**.

Bujia cu laser cuprinde, în continuarea prismelor **7a, 7b, 7c, 7d**, fasciculele **8a, 8b, 8c,**
21 **8d**, utilizate pentru pompaj. Aceste fascicule **8a, 8b, 8c, 8d** sunt perpendiculare pe mediul activ
laser **1** și pe oglinda dielectrică **3**, fiind absorbite în zone diferite ale mediului activ laser **1**.
23 Oglinzile dielectrice **3, 4** formează două suprafețe paralele care permit realizarea inversiunii de
populație în volume diferite ale mediului activ laser **1**, volume care corespund pieselor mediului
25 activ laser **1** care sunt pompate.

După depășirea nivelului de prag necesar emisiei laser, saturația mediului comutator Q
27 în regiunile care corespund volumelor pompate permite emisia fasciculelor laser în impulsuri
9a, 9b, 9c, 9d cu putere de vârf ridicată. Bujia cu laser generează, în această variantă de
29 realizare, o multitudine de fascicule laser **9a, 9b, 9c, 9d**, dintre care doar patru sunt descrise.

Schema de pompaj final (sau tehnică de pompaj longitudinal) care este propusă în
31 această invenție permite introducerea fasciculelor laser **9a, 9b, 9c, 9d** simultan în diverse părți
ale mediului activ laser **1**, într-un mod simplu și fără pierderi.

33 Cuplearea fascicului de pompaj în mediul activ laser **1** poate fi realizată în diferite feluri.
Totuși, este foarte avantajos să se ghideze fiecare fascicul de pompaj cu prisme **7a, 7b, 7c, 7d**,
35 în așa fel încât să existe o bună suprapunere între volumul de mediu activ laser **1** care este
pompat și fasciculul laser.

37 Un avantaj al utilizării unui mediu compozit furnizează un sistem laser simplu și stabil,
care livrează mai multe fascicule laser **9a, 9b, 9c, 9d**. Mai mult, deoarece pompajul este realizat
39 cu mai multe diode laser, fasciculele laser **9a, 9b, 9c, 9d** pot fi emise într-un cadru de timp care
poate fi controlat (de exemplu, în domeniul 100 ns - 100 ms). Acest mod de funcționare este
41 obținut pur și simplu prin creșterea energiei de pompaj.

Fig. 1b reprezintă o vedere laterală a bujiei cu laser de la sistemul optic utilizat pentru
43 pompaj. Se poate vedea amplasarea fibrelor optice **5a, 5b, 5c, 5d**, a primelor lentile **6a, 6b, 6c,**
6d, și a prismelor **7a, 7b, 7c, 7d**, care ghidează fiecare fascicul de pompaj **8a, 8b, 8c, 8d** către
45 oglinda dielectrică **3**, care este depusă pe suprafața mediului activ laser **1**.

RO 132267 B1

Fig. 2 reprezintă o variantă de realizare în care prismele **7a, 7b, 7c, 7d** sunt plasate în contact cu mediul activ laser **1**. Această dispunere conduce la o bujie cu laser mai compactă decât cea arătată în fig. 1a.

Fig. 3 reprezintă o vedere laterală a bujiei cu laser, de la sistemul optic utilizat pentru pompaj. În această variantă de realizare, fibrele optice **5a, 5b, 5c, 5d**, primele lentile **6a, 6b, 6c, 6d** și prismele **7a, 7b, 7c, 7d** sunt orientate toate în aceeași direcție, rezultând un sistem mecanic mai compact decât cele prezentate în fig. 1 și fig. 2. Prismele **7a, 7b, 7c, 7d** pot fi poziționate la o distanță de mediul activ laser **1** sau în contact cu mediul activ laser **1**.

Fig. 4 reprezintă un exemplu de focalizare a fasciculelor laser **9a, 9b, 9c, 9d** în camera de ardere. În această variantă de realizare, bujia cu laser se termină, pe partea destinată camerei de ardere, cu o singură lentilă **10**. Cu această dispunere, toate fasciculele laser **9a, 9b, 9c, 9d** sunt focalizate în același punct **11**. Energia totală concentrată în punctul de aprindere **11** este mai mare decât cea care corespunde unui singur fascicul laser; această energie totală poate fi proporțională cu numărul de fascicule laser **9a, 9b, 9c, 9d** care sunt focalizate.

Fig. 5 reprezintă alte variante de focalizare în camera de ardere. În fig. 5a, în această variantă, fasciculele laser **9a, 9b, 9c, 9d** sunt focalizate de lentile secundare **12a, 12b, 12c, 12d**. Lentilele secundare **12a, 12b, 12c, 12d** sunt identice și sunt plasate la aceeași distanță de oglinda de extracție **4**. Focalizarea este realizată pe axa fasciculelor laser corespondente **9a, 9b, 9c, 9d**, și punctele de focalizare unde sunt produse scânteii de plasmă **13a, 13b, 13c, 13d** sunt localizate la aceeași distanță de oglinda de extracție.

Fig. 5b reprezintă o dispunere în care lentile secundare identice **12a, 12b, 12c, 12d** sunt poziționate la distanțe diferite de oglinda de extracție **4**. În această variantă de realizare, punctele unde sunt produse scânteii de plasmă **13a, 13b, 13c, 13d** sunt localizate la distanțe diferite de oglinda de extracție **4**.

Fig. 5c reprezintă o altă dispunere în care focalizarea este obținută pe fiecare axă a unui fascicul laser, utilizând lentile secundare **14, 15, 16, 17**, cu lungime focală diferită. Lentilele secundare **14, 15, 16, 17** sunt poziționate la aceeași distanță de oglinda de extracție **4**, și scânteia de plasmă este produsă în punctele **13a, 13b, 13c, 13d**, localizate la distanțe diferite de oglinda de extracție. De asemenea, lentilele secundare **14, 15, 16, 17** pot fi poziționate la distanțe diferite de oglinda de extracție.

Toate aceste variante de realizare, în această variantă, sunt valide pentru un număr de lentile secundare **12, 13, 14, 15, 16, 17** egale cu fasciculele laser **9a, 9b, 9c, 9d**.

Această variantă permite aprinderea unui amestec inflamabil în mai multe puncte poziționate aproape unul de celălalt, asigurând astfel o propagare rapidă a frontului flăcării. În acest fel se furnizează o metodă de aprindere a unor amestecuri care se deplasează la viteze foarte mari. De asemenea, în comparație cu aprinderea într-un singur punct a unui motor, aprinderea în mai multe puncte conduce la un timp mai scurt ca frontul de flacără să acopere un volum mai mare al camerei de ardere.

Fig. 6 reprezintă o variantă a punctelor multiple de aprindere. În această variantă, punctele de aprindere nu sunt în axa fasciculelor laser **9a, 9b, 9c, 9d**, ci la un unghi.

Fig. 6a reprezintă o dispunere cuprinzând niște lentile secundare **18a, 18b, 18c, 18d**, ale căror suprafețe sunt tăiate la un unghi. Fasciculele laser **9a, 9b, 9c, 9d** sunt focalizate astfel încât aprinderea poate fi obținută în punctele **13a, 13b, 13c, 13d**, care sunt localizate în afara axei de propagare a fiecărui fascicul laser. În această dispunere, lentilele secundare **18a, 18b, 18c, 18d** sunt stabilite într-un mod care frânge fiecare punct de aprindere **13a, 13b, 13c, 13d** în afara axei de propagare a fiecărui fascicul laser **9a, 9b, 9c, 9d**.

RO 132267 B1

1 Fig. 6b reprezintă o variantă de realizare apropiată de varianta de realizare anterioară,
așa cum s-a descris mai sus. În această dispunere, lentilele secundare **18a**, **18b**, **18c**, **18d** sunt
3 stabilite în așa fel încât să frângă fiecare punct de aprindere **13a**, **13b**, **13c**, **13d** în interiorul axei
de propagare a fiecărui fascicul laser **9a**, **9b**, **9c**, **9d**.

5 În această variantă, din fig. 6, punctele de aprindere **13a**, **13b**, **13c**, **13d** pot fi localizate
la distanțe egale de mediul laser compozit, sau pot fi obținute la diverse distanțe față de mediul
7 laser compozit:

9 - prin plasarea unor asemenea lentile secundare cu lungimi focale identice la distanțe
egale sau la distanțe diferite față de mediul laser compozit **1**, sau

11 - prin poziționarea unor asemenea lentile secundare cu lungimi focale diferite la distanțe
egale sau la distanțe diferite față de mediul laser compozit **1**.

13 Toate aceste variante de realizare, în această variantă, sunt valide pentru un număr de
lentile secundare **18a**, **18b**, **18c**, **18d** egal cu numărul fasciculelor laser **9a**, **9b**, **9c**, **9d**.

15 Invenția permite focalizarea fasciculelor laser **9a**, **9b**, **9c**, **9d** la unghiuri diferite în
camera de ardere, la punctele **13a**, **13b**, **13c**, **13d** care nu sunt coliniare cu fasciculele laser **9a**,
9b, **9c**, **9d**. Prin această metodă, aprinderea poate accesa un volum de amestec inflamabil mai
17 mare în camera de ardere.

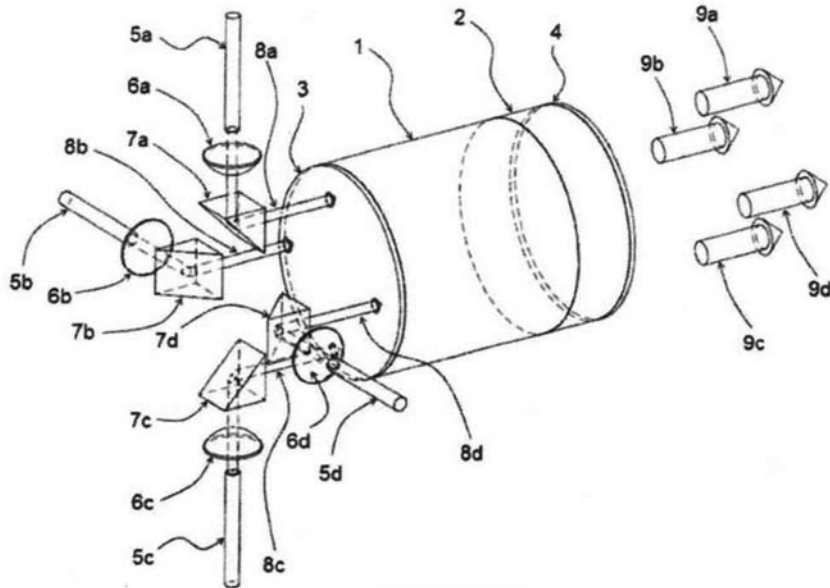
19 Fig. 7a reprezintă altă dispunere în care, în plus față de introducerea fibrelor optice **5a**,
5b, **5c**, **5d** în mediul activ laser **1** prin intermediul prismelor **7a**, **7b**, **7c**, **7d**, alte fibre optice
suplimentare **5e**, și alte prime lentile suplimentare **6e** sunt utilizate pentru pompaj; aceste
21 elemente noi sunt poziționate pe axa mediului laser compozit **1**, în spațiul dintre prismele **7a**,
7b, **7c**, **7d**. Această schemă furnizează alt fascicul de pompaj **8e**, și, prin urmare, livrează încă
23 un fascicul laser **9e**. Fig. 7b este o vedere laterală a bujiei cu laser (o vedere de la sistemul de
pompaj), cu mediul compozit laser **1** având o formă de cilindru.

25 Mediul laser compozit **19** poate avea, de asemenea, o formă de paralelipiped așa cum
este arătat în fig. 7c (o vedere de la sistemul de pompaj), în care mediul laser compozit **19** are
27 o suprafață pătratică, și prismele **7a**, **7b**, **7c**, **7d** sunt poziționate paralel cu marginile mediului
laser compozit **19**.

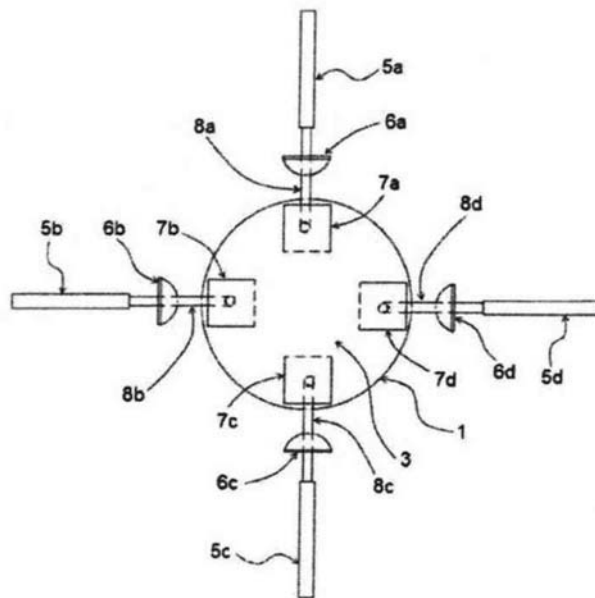
RO 132267 B1

Revendicări

1. Bujie cu laser pentru un motor cu ardere, ce cuprinde un mediu activ laser (1) cilindric, un material cilindric (2) ce acționează ca un comutator Q pasiv situat pe partea destinată să fie în camera de ardere, niște diode laser conectate la niște fibre optice (5a, 5b, 5c, 5d), și cel puțin o lentilă (10) montată pe partea destinată camerei de ardere, pentru focalizarea fasciculelor laser emise (9a, 9b, 9c, 9d), **caracterizată prin aceea că** mai cuprinde pe o parte o primă oglindă dielectrică (3), și pe cealaltă parte, situată în camera de ardere, o a doua oglindă dielectrică (4), având transmisia parțială la lungimea de undă a laserului; niște prime lentile (6a, 6b, 6c, 6d) sunt conectate la fibrele optice (5a, 5b, 5c, 5d) și la niște prisme triunghiulare (7a, 7b, 7c, 7d), iar niște fascicule de pompaj (8a, 8b, 8c, 8d) sunt introduse în mediul activ laser (1) prin intermediul prismelor triunghiulare (7a, 7b, 7c, 7d), fasciculele (8a, 8b, 8c, 8d) fiind perpendiculare pe prima oglindă dielectrică (3), și fiind absorbite în diferite zone ale mediului activ laser (1).
2. Bujie cu laser, conform revendicării 1, **caracterizată prin aceea că** prismele triunghiulare (7a, 7b, 7c, 7d) sunt plasate în contact cu mediul activ laser (1).
3. Bujie cu laser, conform revendicării 1 sau 2, **caracterizată prin aceea că** bujia cuprinde un număr de lentile secundare (12, 13, 14, 15, 16, 17, 18) egal cu fasciculele laser (9a, 9b, 9c, 9d).
4. Bujie cu laser, conform revendicării 3, **caracterizată prin aceea că** suprafețele lentilelor secundare (12, 13, 14, 15, 16, 17, 18) sunt tăiate în unghi.
5. Bujie cu laser, conform revendicării 3 sau 4, **caracterizată prin aceea că** lentilele secundare (12, 13, 14, 15, 16, 17, 18) sunt plasate la distanțe diferite față de mediul activ laser (1).
6. Bujie cu laser, conform oricăreia dintre revendicările de la 3 la 5, **caracterizată prin aceea că** lentilele secundare (12, 13, 14, 15, 16, 17, 18) au lungimi focale diferite.



a



b

Fig. 1

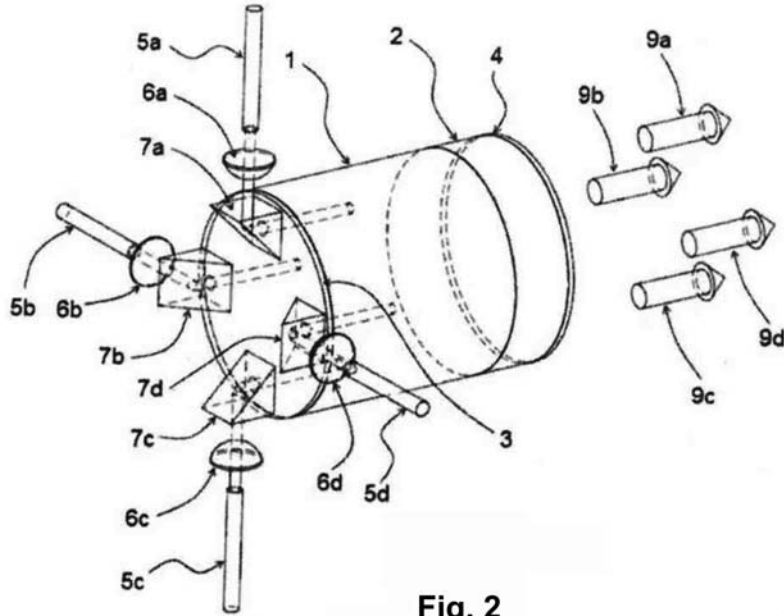


Fig. 2

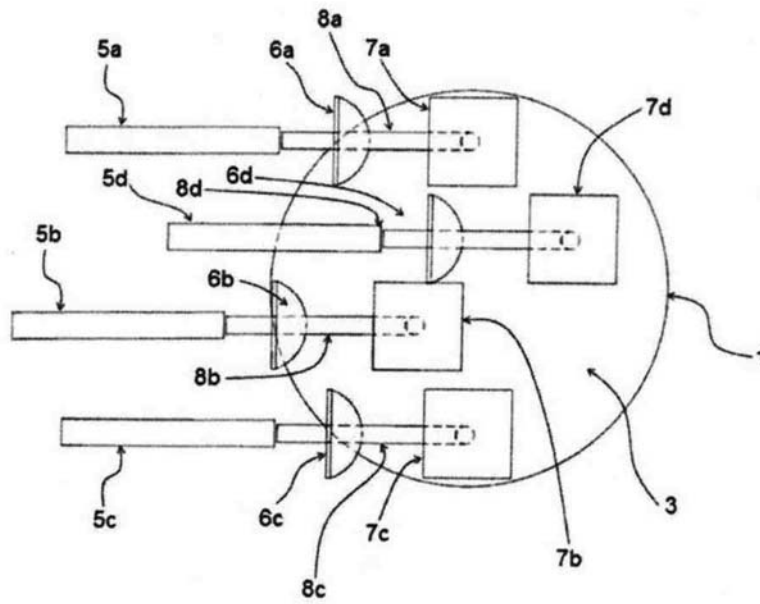


Fig. 3

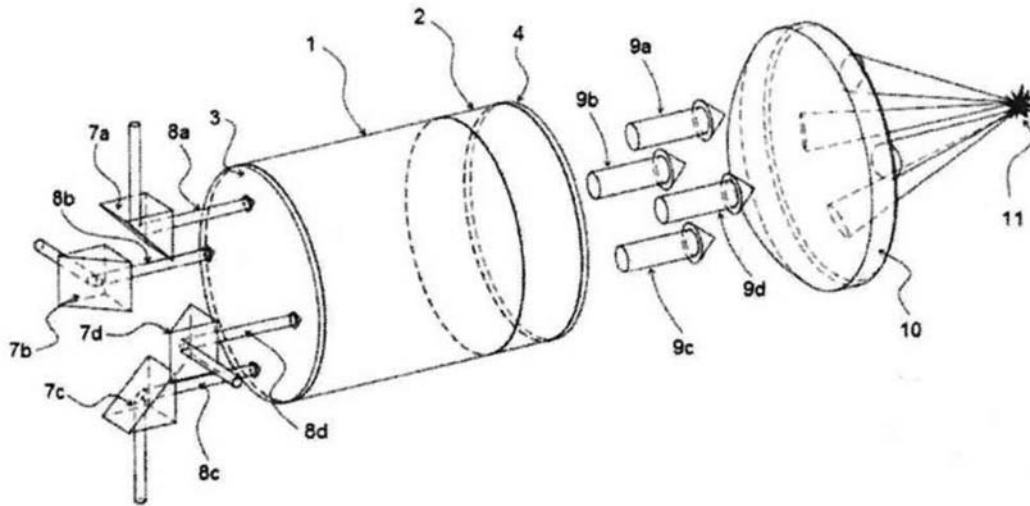


Fig. 4

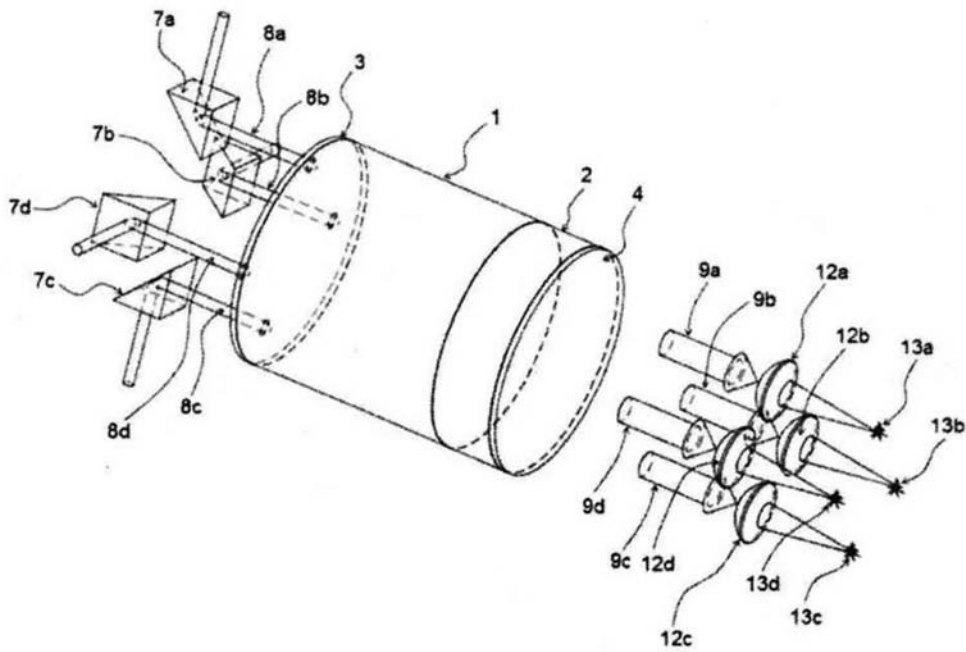


Fig. 5a

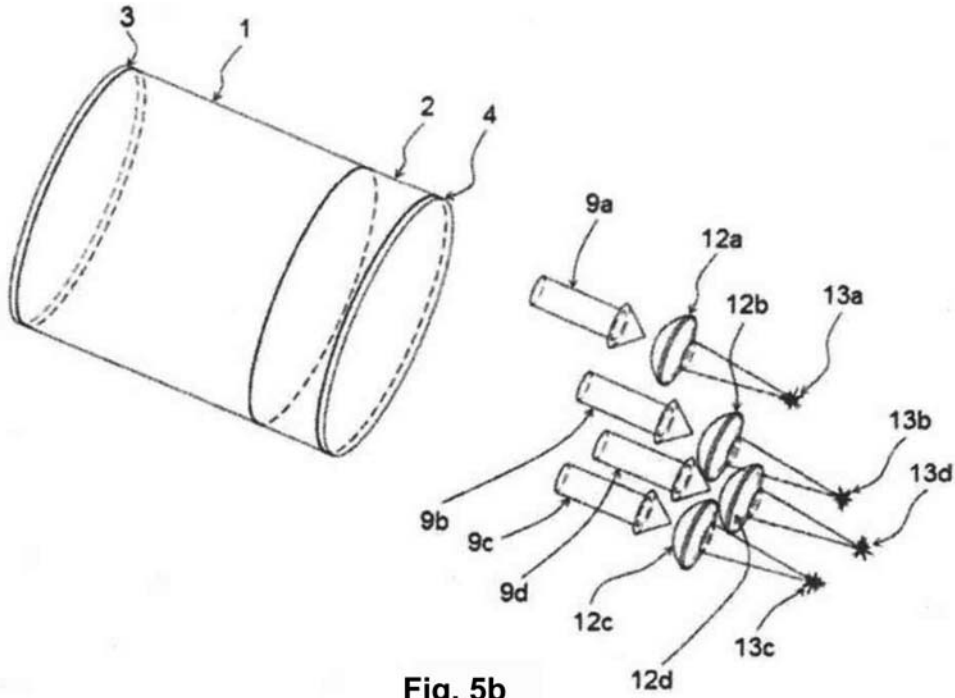


Fig. 5b

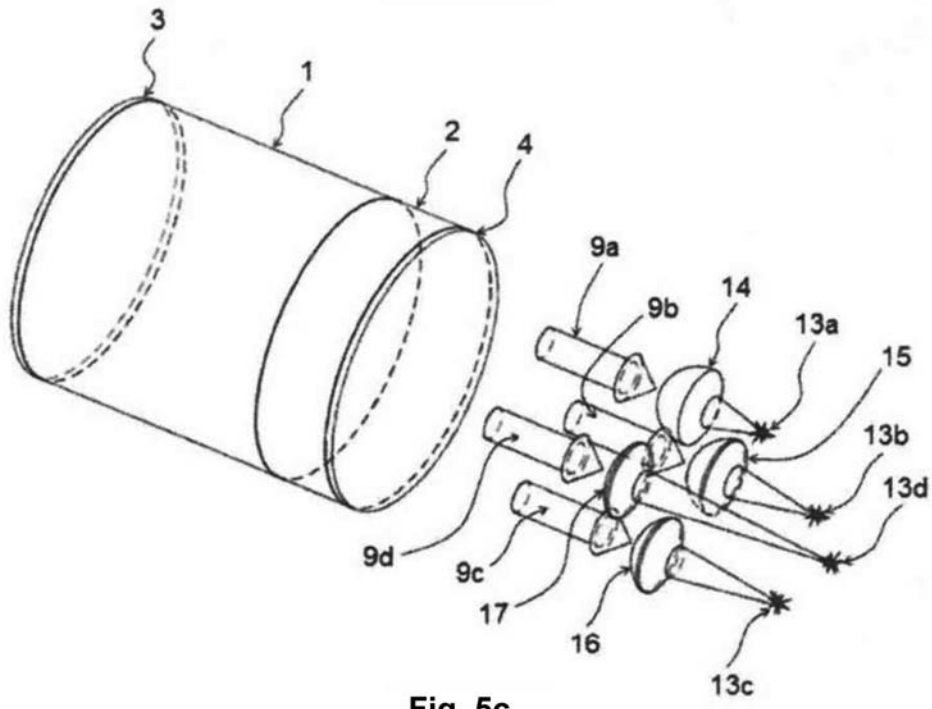


Fig. 5c

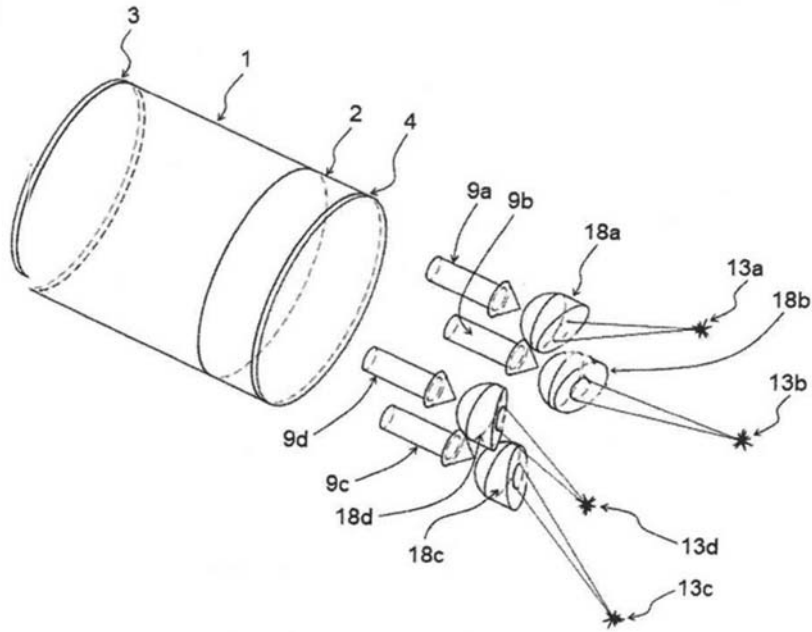


Fig. 6a

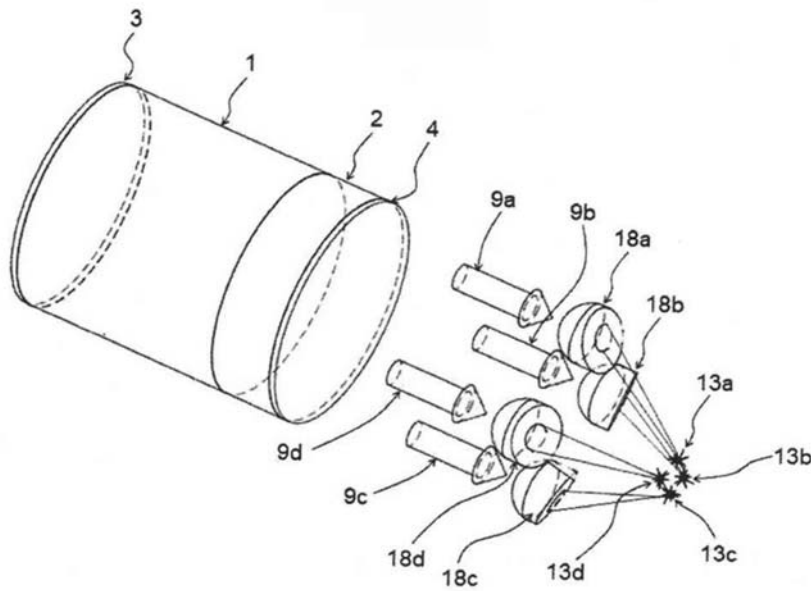
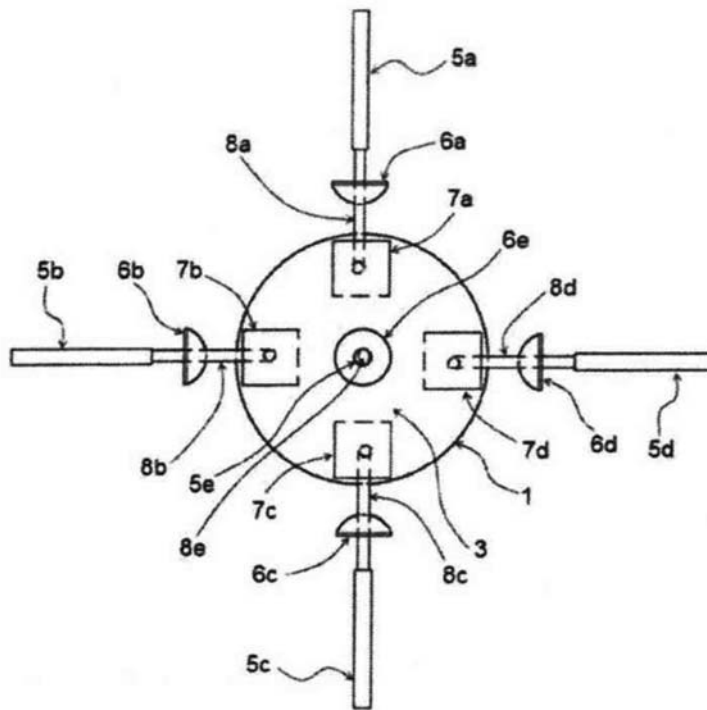
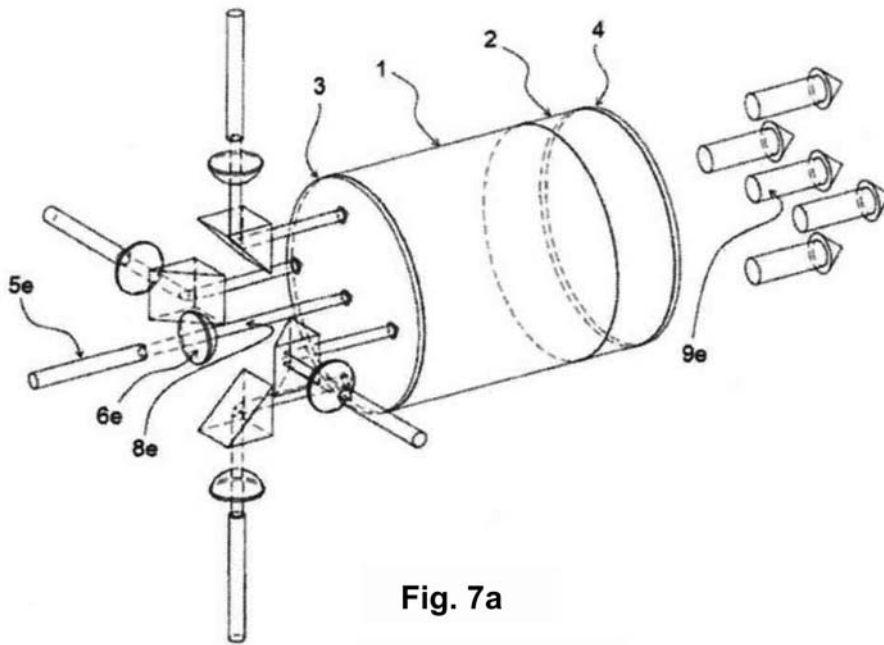


Fig. 6b



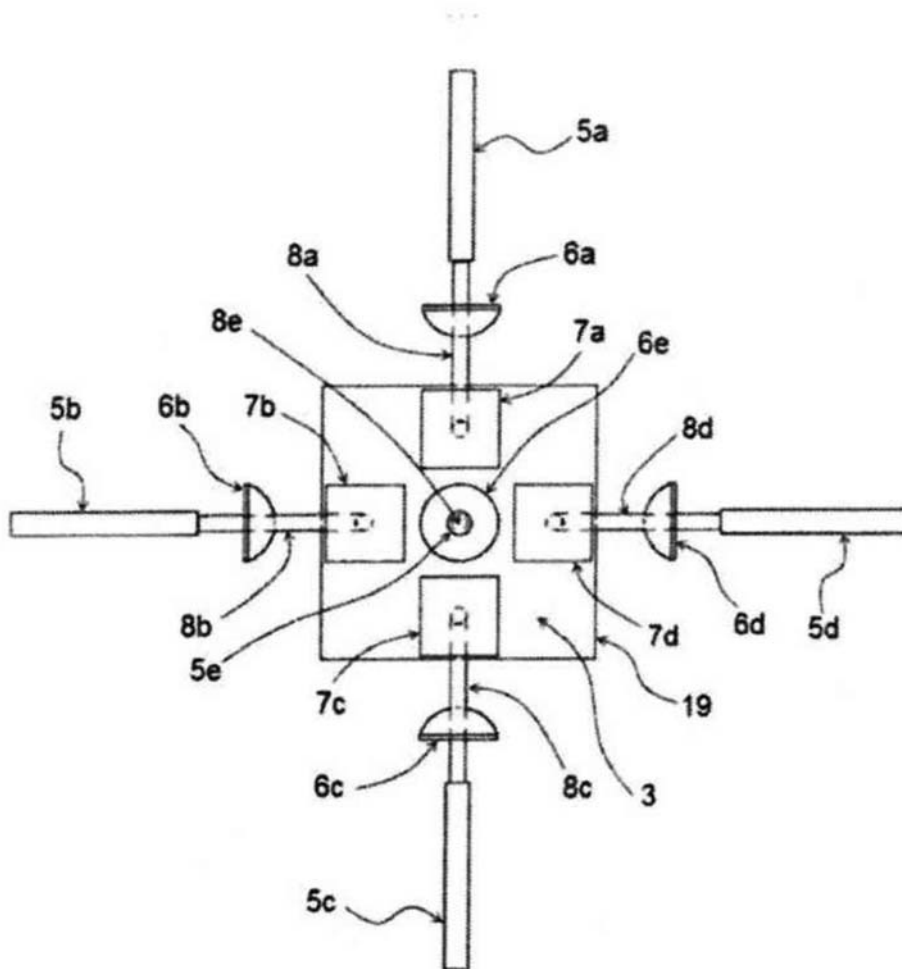


Fig. 7c

