



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2013 00417

(22) Data de depozit: 30.05.2013

(41) Data publicării cererii:
28.03.2014 BOPI nr. 3/2014

(71) Solicitant:
• INSTITUTUL NAȚIONAL DE
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU
FIZICA LASERILOR, PLASMEI ȘI
RADIAȚIEI, 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;

• PAVEL NICOLAIE, STR. BUJORILOR
NR.5, BL. B21, SC. B, AP. 17, MĂGURELE,
IF, RO;
• SALAMU GABRIELA,
ALEEA CRICOVUL DULCE, NR. 7, BL. 17,
SC. 1, AP. 1, SECTOR 4, BUCUREȘTI, B,
RO;
• GRIGORE OANA, ALEEA CÂMPULUI
NR. 10, URZICENI, IL, RO;
• VOICU FLAVIUS, STR. SOCULUI NR. 5,
DAENI, TL, RO;
• DINCĂ MIHAI, STR. POMÂRLA, NR. 3,
BL. B21, SC. 2, AP. 49, SECTOR 4,
BUCUREȘTI, B, RO

(54) SISTEM LASER MONOLITIC, COMPOZIT ȘI COMPACT CU
LIVRARE SIMULTANĂ A DOUĂ FASCICULE LASER

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un sistem laser monolitic, compozit și compact, cu livrare simultană a două fascicule laser, destinat să funcționeze ca sistem de aprindere a amestecului laser-combustibil, într-o cameră de ardere a unui motor. Sistemul laser, conform invenției, cuprinde un cristal (1) laser având zona centrală formată din Nd:YAG, lipită de două prisme (2 și 3) și de un cristal (4) dopat cu Cr⁴⁺:YAG, care acționează ca și comutator pasiv, partea inferioară a ansamblului astfel format fiind acoperită cu straturi dielectrice multiple, întreg ansamblul fiind lipit de un suport (5) mecanic, prin folosirea unei rășini cu conținut ridicat de pulbere metalică, pompajul optic făcându-se cu două diode laser cuplate la două fibre optice, având capătul de ieșire tăiat la un unghi adecvat, care să asigure pierderi minime la intrarea într-o prismă; rezonatorul optic este format din niște oglinzi parțial reflectoare, depuse direct pe mediul activ Nd:YAG, și dintr-o altă oglindă cu înaltă reflectivitate, depusă direct pe comutatorul pasiv Cr⁴⁺:YAG, radiația de pompaj emisă de o sursă de pompaj fiind livrată de fibrele optice pe suprafețele prismelor, de unde se propagă prin reflexie totală internă, în mediul activ, unde este absorbită uniform de ioni activi, și produce o inversie de populație, iar atunci când inversia de populație atinge nivelul de prag, comutatorul pasiv se saturează rapid, rezultând un puls laser gigant și, datorită faptului că rezonatorul laser are două oglinzi de extracție, pot rezulta două pulsuri laser care sunt focalizate de către două lentile, și trec prin niște ferestre de protecție, către o cameră de ardere a unui motor.

Revendicări: 3
Figuri: 4

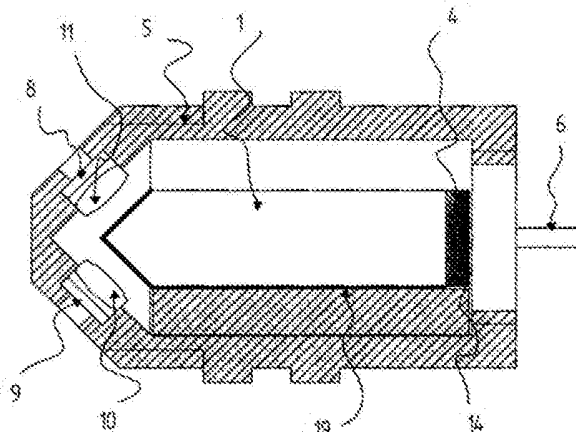
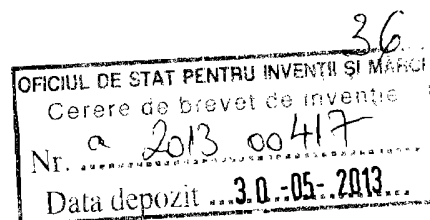


Fig. 1a



DESCRIEREA INVENTIEI



SISTEM LASER MONOLITIC, COMPOZIT SI COMPACT CU LIVRARE SIMULTANA A DOUA FASCICOLE LASER

Inventia este in legatura cu un dispozitiv laser destinat sa functioneze ca sistem de aprindere a amestecului aer-combustibil in camera de ardere a motorului. Dispozitivul laser cuprinde: un mediu activ laser compozit, doua surse de pompaj tip dioda laser cuplate la doua fibre optice pentru pompajul uniform al mediului activ, un suport mecanic rezistent la vibratii si temperatura, un rezonator optic format prin depunerea directa a oglinzilor pe suprafetele mediului activ laser si, respectiv, a comutatorului pasiv, doua lentile de focalizare a fasciculelor laser rezultate, doua ferestre de protectie.

Stadiul tehnicii. Principalele probleme ale laserelor cu corp solid proiectate pentru a fi folosite in sisteme de ignitie a motoarelor cu ardere interna din industria auto sau in generatoarele de energie electrica cu puteri de ordinul MW-ilor constau in fiabilitatea aprinderii, fiabilitatea aparatului, pretul de cost competitiv. Pentru realizarea aprinderii motoarelor de automobil cu laserul au fost propuse diferite dispozitive cu un singur fascicol laser. Aranjamentul prezentat in patentul US 2006/0243238 A1 are dezavantajul scaderii puterii de varf a pulsului laser datorita faptului ca fotonii de pompaj neabsorbiti in mediul activ sunt absorbiti de comutatorul pasiv fapt care determina scaderea eficientei comutatorului pasiv. Un alt aranjament, Pat. No. US 6, 950,449 B2 ofera o crestere a puterii de varf prin largirea diametrului fascicolului de pompaj dar trebuie sa foloseasca un montaj optic de colimare focalizare care complica dispozitivul, reduce fiabilitatea si creste pretul. Aranjamentul prezentat de E. Winter in Pat. No. US 6,802,290 B1 utilizeaza o solutie interesanta folosind o combinatie de laseri microdisc si amplificatoare bazate pe fibra optica prezentand avantajul ca problemele legate de functionarea laserului la temperaturi extreme si vibratii intense sunt reduse. Cu toate acestea eficienta este redusa si, din nou, intregul sistem este complicat si scump. G. Herdin demonstreaza, patent US 7,040,270 B2 , ca amestecurile sarace pot fi aprinse cu laserul in mod eficient si ca reducerea noxelor emise este notabila. Alte patente, S.B. Gupta Patent No US 7,114,858 B2 si G. Herdin patent No: US 7,231,897 B2 se concentreaza pe eliminarea rateurilor prin detectarea cresterii de presiune produse de dezvoltarea frontului unde de soc si aplicarea unui puls laser suplimentar in cazul in care primul puls laser nu a fost eficient.

Pentru aprinderea eficienta a combustibilului au fost propuse si dispozitive cu mai multe fascicole laser. Astfel, in patentul JP2006242038A un fascicol laser intens este divizat inainte de a fi introdus in camera de ardere a motorului, fiecare sub-fascicol fiind apoi focalizat. Patentul

JP2007291965A propune o solutie in care fasciculul laser este focalizat in camera de motorului, in mai multe puncte, prin reflexia lui pe peretele circular al cilindrului. O astfel de solutie nu este viabila, peretele cilindrului nefiind suficient de curat in timpul functionarii motorului. Patentul JP2008002278A sugereaza modificarea camerei de ardere astfel incat un fascicul laser intens sa fie reflectat de aceasta in trei puncte diferite. O solutie propusa in patentul JP2008002409A asigura constructia unui laser care livreaza doua fascicule laser de la un singur mediu activ, prin utilizarea unei oglinzi laser de extractie speciale, cu doua gauri in ea. Patentul US2008257294A1 propune modificare motorului astfel incat fiecare camera de ardere sa fie echipata cu mai multe dispozitive laser, solutia fiind destul de costisitoare. O alta propunere de patent, WO2012039123-A1/WOJP005268/20 Sept. 2011, prezinta o solutie de obtinere a mai multor fascicule laser, in configuratia pompaj longitudinal, folosind un mediu activ cu diametru mare si cate 5 lentile pentru fiecare fascicul.

Intr-un patent anterior, A 2010 01326, depus de autorii acestei inventii a fost oferita o solutie simpla si eleganta pentru depasirea unora dintre obstacolele mentionate, utilizand un nou aranjament pentru un laser compact care sa livreze un singur fascicul laser. In aceasta inventie propunem un sistem laser monolitic, compozit, compact care livreaza direct doua fascicule laser prin utilizarea unui singur mediu activ laser si unui singur cristal cu absorbtie saturabila.

Descrierea inventiei. Conform inventiei, asa cum este descrisa in continuare, problema unui montaj simplu, eficient si care nu schimba transmisia initiala a comutatorului pasiv prin absorbtie parazita a radiatiei de pompaj, este rezolvata prin faptul ca mediul activ solid compozit este proiectat astfel incat radiatia de pompaj poate fi introdusa in mediul activ folosind doua fibre optice ce se afla in contact direct cu materialul laser compozit, prin faptul ca propagarea radiatiei de pompaj in mediul laser inainte si inapoi se face prin reflexie totala interna, prin faptul ca intregul ansamblu este fabricat fara elemente de reglaj care se pot deteriora atunci cand functioneaza in regim de vibratii, prin faptul ca pulsul laser comutat se propaga in mediu prin reflexie totala interna; prin faptul ca exista doua oglinzi de extractie si se genereaza doua pulsuri laser.

Pentru a elimina posibilitatea dezalinierii mediului activ acesta este fabricat prin asamblarea, prin difuzie termica, a patru piese: *i)* mediul activ laser in forma de paralelipiped patrat la unul dintre capete si sub forma de ansamblu piramidal la celalalt capat; *ii)* un comutator pasiv avand forma de paralelipiped patrat si *iii)* doua prisme dintr-un material optic nedopat avand acelasi indice de refractie ca si materialul gazda, prismele fiind lipite de mediul activ astfel incat propagarea radiatiei de pompaj sa se faca in directie opusa pozitiei comutatorului pasiv.

Cuplarea radiatiei de pompaj in cristalul laser poate fi facuta, in principiu, in diferite moduri. Cu toate acestea este in mod particular foarte avantajos ca radiatia de pompaj sa fie ghidata in cristal prin reflexie totala interna astfel incat zona activa sa fie excitata in mod uniform. Ghidarea prin reflexie totala interna apare intotdeauna cand divergenta fascicolului de pompaj este astfel incat radiatia cade pe suprafata reflectatoare la un unghi mai mare decat unghiul limita corespunzator reflexiei totale interne. Un astfel de montaj de ajustare a divergentei se obtine, folosind configuratia propusa de noi, prin simpla apropiere a fibrelor optice de suprafata de intrare a prismelor. Datorita faptului ca mediul activ laser trebuie atasat prin lipirea acestuia la un suport mecanic este in mod particular avantajos ca suprafata ce este lipita sa fie acoperita cu straturi dielectrice subtiri astfel incat sa formeze o oglinda cu reflectivitate 100% pentru radiatia laser.

Pentru a obtine o conductie termica buna de la stratul reflectator la corpul de racire este avantajos sa aplicam un pachet de straturi metalice, acestea avand rolul de a asigura o aderenta ridicata a jonctiunii dielectric-metal precum si un transfer termic ridicat. Acest lucru este posibil atunci cand folosim un amestec metalic a carui temperatura de topire este sub temperatura de deteriorare a straturilor dielectrice care constituie oglinda si are un coeficient de dilatare care este similar cu cel al cristalului laser. Intr-o astfel de configuratie suprafata lipita indeplineste mai multe functii: suport mecanic pentru cristalul laser, oglinda cu reflexie totala de banda larga pentru radiatia de pompaj si cea laser, transfer eficient de caldura de la mediul activ catre extractorul de caldura. Propagarea radiatiei de pompaj se face prin reflexie totala interna folosind toate cele patru suprafete longitudinale ale prisme. Baza patrata a mediului activ laser se lipeste de materialul care constituie comutatorul pasiv. Un astfel de cristal compozit se realizeaza prin contact optic sau prin folosirea de materiale ceramice prelucrate optic si lipite prin tehnologii specifice fabricatiei materialelor ceramice. Oglinzile care formeaza rezonatorul laser se depun direct pe cristalul compozit, astfel incat suprafetele celor trei oglinzi, una cu reflectivitate 100% la lungimea de unda laser iar celelalte doua cu reflectivitate partiala, sunt perfect perpendiculare pe fascicolul laser.

Pompajul optic transversal folosit de configuratia laser propusa prin inventie introduce de o maniera simpla si fara pierderi radiatia de pompaj in cristalul laser.

Cu privire la materialele gazda folosite pentru ionii dopanti inventia este in mod special folositoare pentru ionii Yb si Nd incorporati in YAG, YAP, YVO₄, etc.

Dimensional, cristalul laser are dimensiuni transversale cuprinse intre 0.8mm si 1.2mm si o lungime de 3-15 mm, dimensiunile prismelor fiind corelate cu dimensiunile fibrei optice si cu divergenta fascicolului de pompaj.

O alta problema care apare in cazul laserilor comutati pasiv ce functioneaza la densitati de putere foarte mari este scaderea transmisiei initiale a comutatorului pasiv atunci cand radiatia de

pompaj este absorbita partial de comutatorul pasiv. Acest fenomen duce la o scadere drastica a eficientei laserului, incalziri suplimentare, calitate slaba a fascicolului laser.

Fenomenul mentionat este evitat in inventia descrisa mai sus datorita faptului ca drumul optic parcurs de radiatia de pompaj in mediul activ este suficient de lung ca sa produca absorbtia acesteia in totalitate.

Avantajul inventiei trebuie vazut si in faptul ca prin folosirea unui cristal compozit rezulta un sistem laser simplu si stabil care livreaza doua pulsuri laser si care, datorita pompajului cu doua diode laser, pot fi repetate intr-un interval de timp controlabil, de exemplu in domeniul 100ns-100ms.

Alte caracteristici si avantaje ale inventiei rezulta din desenele urmatoare.

Fig.1 a) si b) arata schema de ansamblu a sistemului laser inventat (sectiuni longitudinale, perpendiculare intre ele);

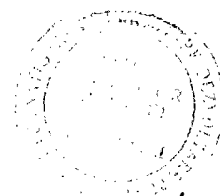
Fig. 2 este o vedere 3D a propagarii fascicolului de pompaj prin cristalul compozit;

Fig. 3 este o vedere laterala a propagarii fascicolului de pompaj prin mediul activ;

Fig. 4 este o vedere de sus a propagarii fascicolului laser prin ansamblul mediu activ-comutator pasiv.

Sistemul laser prezentat in Fig.1 cuprinde un cristal laser (1, Fig.1a) avand zona centrala formata din Nd:YAG, lipita de doua prisme de YAG (2 si 3, Fig.1b), si de un cristal dopat cu Cr^{4+} :YAG (4, Fig.1a) care actioneaza ca si comutator pasiv. Partea inferioara a ansamblului este acoperita cu straturi dielectrice multiple care elimina pierderile prin unda evanescenta a radiatiei de pompaj si asigura propagarea prin reflexie totala interna a fascicolului laser (19, Fig. 4). Ansamblul mentionat este lipit de suportul mecanic (5, Fig.1a) prin folosirea unei rasini cu continut ridicat de pulbere metalica sau prin tehnologia multistrat metalic (20, Fig.4); pompajul optic se face cu doua diode laser cuplate la doua fibre optice avand capatul de iesire taiat la un unghi adecvat care asigura pierderi minime la intrarea in prisma (6 si 7, Fig.1b); rezonatorul optic este format din oglinzile (12 si 13, Fig.2) partial reflectatoare, depuse direct pe mediul activ Nd:YAG si de oglinda cu inalta reflectivitate depusa direct pe comutatorul pasiv Cr^{4+} :YAG (14, Fig.2); pompajul optic se face prin suprafata prismei de pompaj care are un unghi astfel ales incat asigura conditia de reflexie totala interna pentru toate razele care ies din fibra optica. Asa cum se ilustreaza in Fig. 3 radiatia de pompaj (15 si 16, Fig. 3) emisa de sursa de pompaj (6 si 7, Fig.1b) este livrata de fibrele optice pe suprafatele prismelor de unde se propaga prin reflexie totala interna in mediul activ unde este absorbita uniform de ionii activi si produce o inversie de populatie a ionilor activi, de exemplu Nd. Cand inversia de populatie atinge nivelul de prag, comutatorul pasiv se satureaza rapid rezultand un puls laser gigant care are o durata de aproximativ o nanosecunda.

Fiindca rezonatorul laser are doua oglinzi de extractie (12 si 13 Fig. 2) pot rezulta doua pulsuri laser (17 si 18 Fig. 4) cu energii de peste 3 mJ functie pe parametrii constructivi ai mediului activ, ai comutatorului pasiv si de parametrii pompajului. Pulsurile laser sunt focalizate de catre doua lentile (10 si 11 Fig.1) si trec prin ferestrele de protectie (8 si 9 Fig.1) catre camera de ardere. Testele facute de autori au aratat ca un puls laser cu energia de 3 mJ si cu durata pulsului de 1ns, produce prin focalizare plasma in aer prin fenomenul de ionizare in avalansa a moleculelor existente in aer provocand astfel initierea aprinderii amestecului combustibil. Studiile existente au aratat ca, in cazul aprinderii cu laserul in doua puncte diferite din volumul camerei de ardere, frontul de ardere se propaga mult mai rapid ceea ce este avantajos din punctul de vedere al eficientei motorului si al noxelor rezultate din ardere.



Abund

REVENDICARI

1. Un laser comutat pasiv ce foloseste un mediu activ laser de tip compozit, cristalin sau ceramic, dopat cu ioni care absorb radiatia de pompaj (1, Fig. 1a) are atasate, prin difuzie termica, alte trei elemente care servesc la introducerea eficienta a radiatiei de pompaj in mediul activ (prisme nedopate, 2 si 3, Fig. 1b) si la comutarea pasiva a laserului (4, Fig. 1a), pompat cu diode laser prin fibre optice (6 si 7, Fig. 1b) atasate direct la suprafata de intrare a prisme, avand un rezonator optic format din oglinzile de extractie (12 si 13, Fig. 4) si oglinda formata din straturi dielectrice subtiri de inalta reflectivitate (14, Fig. 2) depusa direct pe suprafata plana a comutatorului pasiv si care prin functionare produce doua pulsuri laser simultan.
2. Un material compozit activ laser asa cum este definit in revendicarea 1, material ce are la un capat forma de paralelipiped patrat cu latura bazei mult mai mica decat lungimea si o forma de diedru la celalalt capat, si care asigura o absorbtie omogena a fascicolului laser de pompaj iar prin forma sa asigura eliminarea lentilelor de colimare si focalizare a radiatiei de pompaj, elimina posibilitatea ca fotonii de pompaj sa deschida comutatorul pasiv inainte de atingerea maximului inversiei de populatie, are o functionare stabila pana la 150°C si este insensibil la vibratii.
3. Metoda de a utiliza dispozitivul mentionat la punctul 1 pentru a genera doua perechi de pulsuri laser cu un ecart temporal reglabil intre cele doua perechi de pulsuri fapt care influenteaza pozitiv eficienta dispozitivului in aprinderea amestecurilor combustibile.

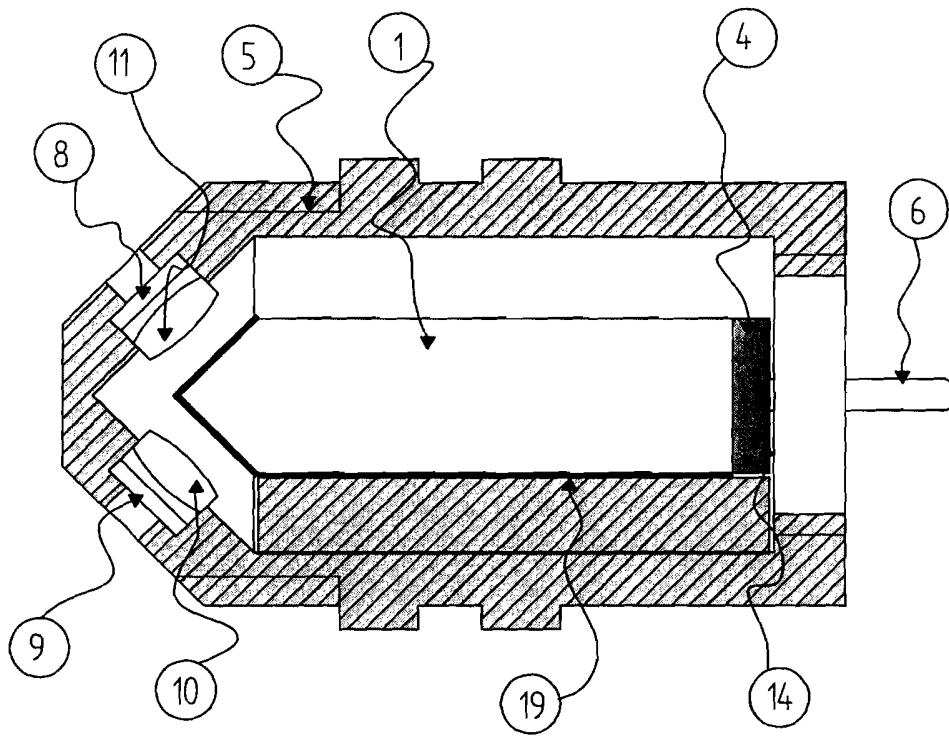


Figura 1a.

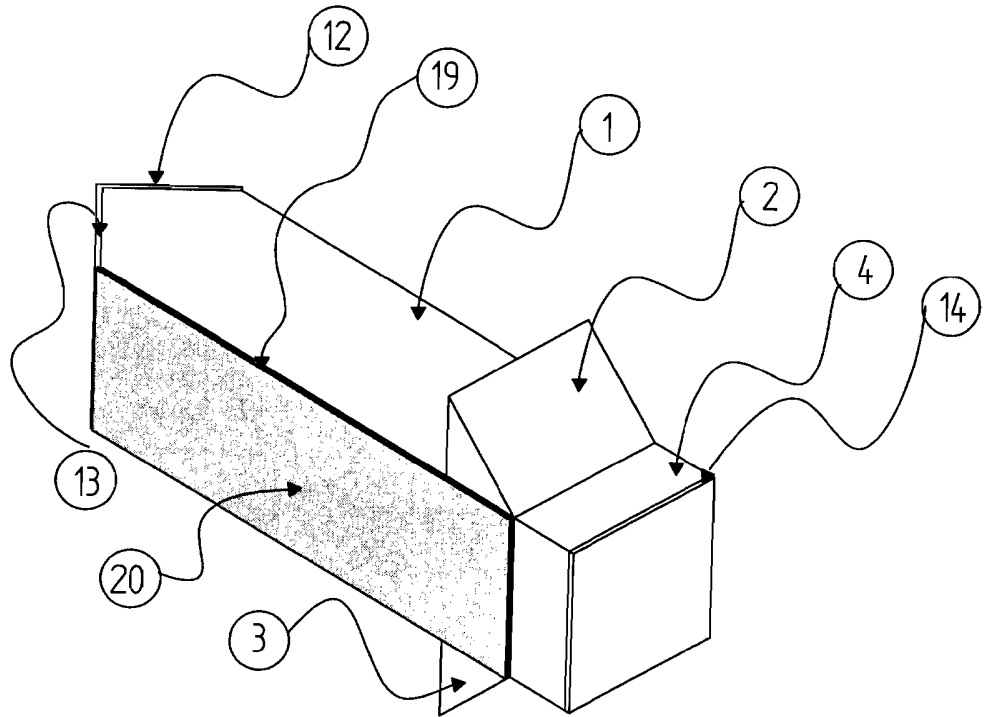


Figura 2

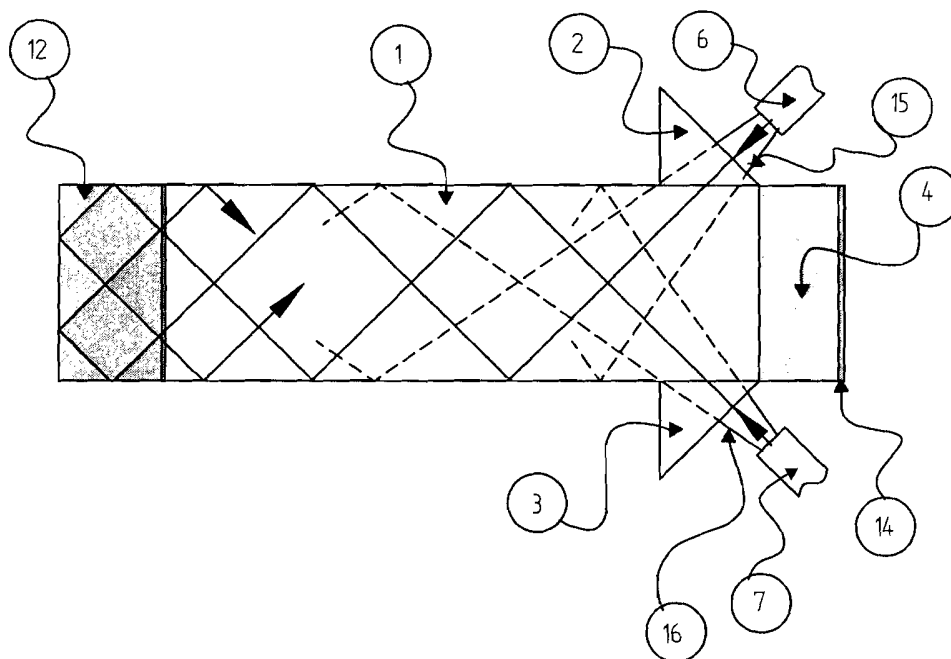


Figura 3.

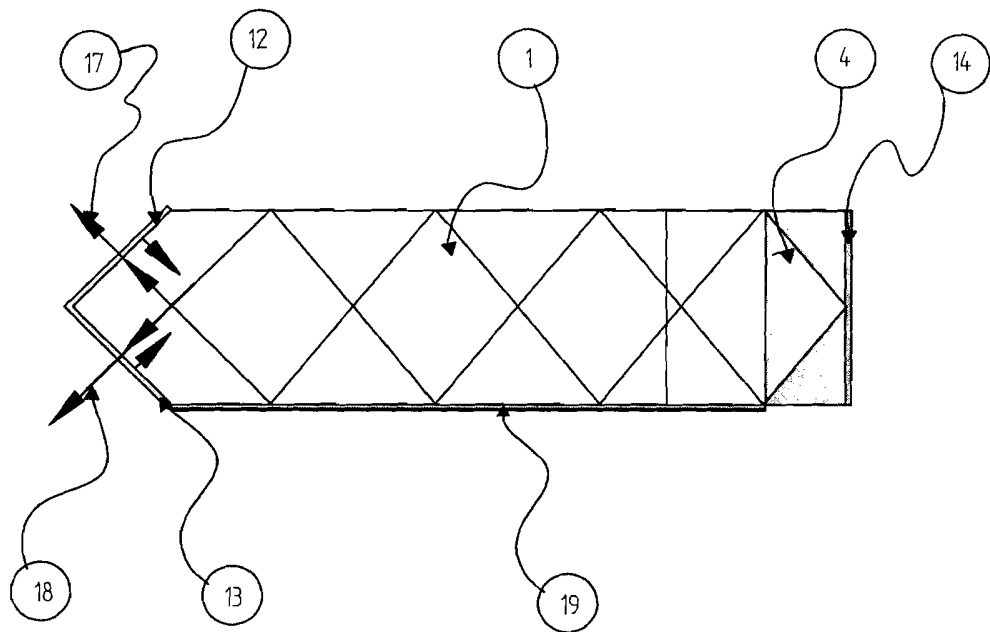


Figura 4