



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2012 00517

(22) Data de depozit: 09.07.2012

(41) Data publicării cererii:
30.01.2014 BOPI nr. 1/2014

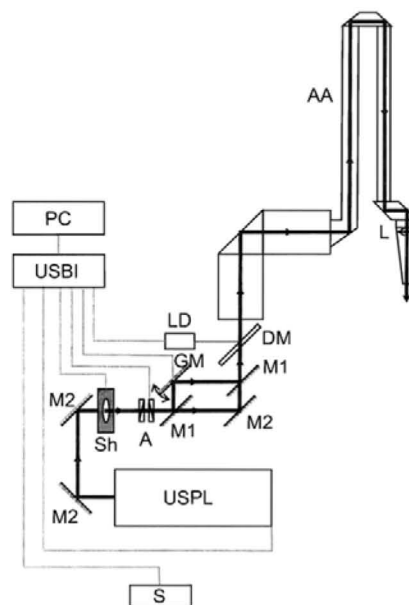
(71) Solicitant:
• UNIVERSITATEA DIN BUCUREȘTI,
BD. MIHAIL KOGĂLNICEANU NR. 36-46,
SECTOR 5, BUCUREȘTI, B, RO

(72) Inventatori:
• IONIȚĂ IULIAN, ALEEA BORCEA NR. 6,
BL. 16, SC. B, ET. 2, AP. 46, SECTOR 4,
BUCUREȘTI, B, RO

(54) SISTEM CU LASER DE PULSURI ULTRASCURTE CU
APLICAȚII ÎN MEDICINA DENTARĂ

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un sistem cu laser de pulsuri ultrascurte, pentru aplicații în medicina dentară, util în modernizarea clinicilor stomatologice, prin folosirea tehnicilor fotonice. Sistemul conform invenției este alcătuit dintr-un laser (USPL) care generează pulsuri de femtosecunde cu durată de 150 fs, lungimea de undă cuprinsă între 750...850 nm, frecvența de repetiție cuprinsă între 1...2000 Hz, energia de puls cuprinsă între 1...500 m J, un obturator (Sh) de fascicul, un atenuator (A) de fascicul cu polarizare, un sistem de baleiaj cu două oglinzi galvanice (GM), pentru baleierea fasciculului pe suprafața țesutului, conform unei imagini prestabilite, introdusă în calculator, oglinzi metalice (M1, M2) mobile, pentru direcționarea fasciculului astfel încât să se poată scana suprafața în mod manual sau automat, o diodă laser (LD) de putere mică, pentru alinierea optică a sistemului, o oglindă dicroică (DM), pentru suprapunerea traseelor celor două fascicule laser, un braț articulat (AA), pentru direcționarea fasciculului la locul de intervenție, o lentilă (L) de focalizare a fasciculului, un comutator (S) cu pedală, pentru comanda obturatorului cu piciorul, toate fiind controlate de un calculator (PC), rezultând un sistem generator de pulsuri laser ultrascurte, care produc ablația neliniară a bioțesutului.



Revendicări: 1
Figuri: 1

Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, solicitantului, protecția conferită potrivit dispozițiilor art.32 din Legea nr.64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de invenție a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecției conferite de cererea de brevet de invenție este determinată de revendicările conținute în cererea publicată în conformitate cu art.23 alin.(1) - (3).



30

OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI
Cerere de brevet de invenție
Nr. a 2012 00577
Data depozit 09-07-2012

1

SISTEM CU LASER DE PULSURI ULTRASCURTE PENTRU APLICATII IN MEDICINA DENTARA

Prezenta inventie se refera la realizarea unui sistem cu laser de pulsuri ultra-scurte pentru aplicatii in medicina dentara. Sistemul cu laser de pulsuri ultra-scurte pentru aplicatii in medicina dentara este util in modernizarea clinicilor stomatologice prin folosirea tehnologiilor fotonice.

Sistemul cu laser de pulsuri ultra-scurte pentru aplicatii in medicina dentara se bazeaza pe folosirea laserilor de pulsuri ultra-scurte cu durata mai mica de 1 picosecunda ($1 \cdot 10^{-12}$ s).

Este cunoscuta in literatura de specialitate [1, 2, 3, 4] importanta utilizarii laserilor in biofizica, medicina, medicina de recuperare si chirurgie generala datorita avantajelor pe care le prezinta si anume: laserii de mica putere sunt noninvazivi, iar laserii de putere medie taie tesutul ca si bisturiul, dar in plus diminueaza sangerarea prin fotocoagulare si au efect local antibacterian.

Datele de literatura [1, 5, 6] evidentiaza complexitatea si multitudinea efectelor biologice ale utilizarii laserilor de toate tipurile (de putere mica si medie, de pulsuri scurte si ultrascurte): activitatea antiinflamatorie, coagulanta, antineoplazica, apoptotica, antivirala si antibacteriana.

Principalul avantaj oferit de laseri este intensitatea foarte mare, care poate fi concentrata intr-un volum foarte mic. Datorita acestei proprietati in locul in care este focalizat fasciculul se obtine o crestere a temperaturii care provoaca atomizarea tesutului. Din acest motiv principala lor aplicatie medicala este chirurgia. Datorita preciziei care poate fi obtinuta laserii sunt folositi in primul rand in acte chirurgicale de mare finete (ochi, ORL, neuro). Exemple de folosire a laserilor in chirurgie pot fi:

- laserul cu CO₂ are lungimea de unda 10,6 μm, poate functiona in unda continua sau pulsata, are avantajul unei puteri foarte mari, a fost primul tip de laser folosit in chirurgie;
- laserul cu YAG:Nd, are lungimea de unda 1,06 μm, poate functiona in unda continua sau in pulsuri foarte scurte putand furniza o putere foarte mare in regimul pulsata, se foloseste in chirurgia prostatei dar si oftalmologica, poate produce si coagulare si vaporizare, este cel mai utilizat laser de putere in prezent;

- diodele laser cu lungimi de unda de la 400 nm la 1900 nm, in functie de materialul semiconductor, sunt mult mai ieftine si pot da puteri foarte mari in unda continua;
- laserul YAG:Nd dublat cu KTP are lungimea de unda 532 nm si se foloseste in oftalmologie si chirurgie vasculara;
- laserul cu colorant este acordabil intre 400 si 800 nm si se foloseste in chirurgia vasculara;
- laserul cu argon are doua lungimi de unda utilizate medical 488 nm si 514 nm si se foloseste in oftalmologie.

Dintre cele mentionate primele doua tipuri sunt cele mai raspandite in practica chirurgicala.

In chirurgia dentara (termenul include si acte de reparatii dentare) este promovat comercial in ultimii ani laserul YAG:Er [7, 8]. Acesta emite la 2940 nm si are cea mai mare absorbtie in tesut din cauza absorbtiei apei, fiind considerat foarte bun de utilizat pentru ablatia precisa a tesutului. Ablatia consta in inlaturarea prin atomizare a tesutului. Se poate folosi si pe tesut moale si pe tesut dur. Permite gaurirea optica aparent „rece” a smaltului, dentinei, osului si a materialelor compozite de umplutura.

Utilizarea in chirurgie a laserii comerciali, atat cei cu functionare in unda continua cat si cei de pulsuri scurte utilizati in prezent, se bazeaza pe fenomenul de ablatie termica ca urmare a absorbtiei energiei fasciculului laser de catre tesut, care prezinta dezavantajul aparitiei de microfisuri in tesutul dur si rezolutie spatiala mica.

Problema tehnica pe care o rezolva inventia consta in aceea ca a fost realizat un sistem cu laser de pulsuri ultra-scurte pentru aplicatii in medicina dentara, care produce o ablatie neliniara. Ablatia neliniara este un fenomen nontermic care consta in absorbtia multifotonica. Timpul de interactie dintre fascicul si tesut este mult mai scurt (cu 2-3 ordine de marime) decat timpul in care se produce difuzia caldurii in exteriorul craterului creat de ablatie.

Avantajele ablatiei neliniare de biotesut dur cu pulsuri ultracurte sunt urmatoarele [9, 10, 11]:

- localizare extrem de precisa la asa-numitul volum focal, adica o rezolutie spatiala mare, datorata pragului energetic necesar producerii strapungerii,
- distrugere laterala mica – limitata de difuzia caldurii in materialul inconjurator,
- diminuarea fluentei necesara realizarii ablatiei (diminuarea energiei laserului pe unitatea de suprafata).

Sistemul descris in continuare inlatura dezavantajele enuntate ale sistemelor laser comerciale prin aceea ca are rezolutie spatiala mare (precizie), domeniul de interactie fiind cuprins intre 1...30 microni.

Sistemul descris inlatura dezavantajele procedeelelor cunoscute prin aceea ca nu se produc microfisuri ale smaltului dentar, datorita obtinerii ablatiei nelineare a tesutului prin utilizarea pulsurilor laser cu fluenta (energia furnizata pe unitatea de suprafata a probei) cuprinsa intre 1...100 J/cm², cu durata de 60...800 femtosecunde si cu frecventa de repetitie cuprinsa intre 1...2000 pulsuri pe secunda.

Avantajele sistemului cu laser de pulsuri ultra-scurte pentru aplicatii in medicina dentara constau in aceea ca prezinta o precizie mare de interventie la nivelul tesutului dentar, imposibil de obtinut cu mijloacele actuale (freza dentara, laser chirurgical, bisturiu) si nu se produc microfisuri ale tesutului dentar, pentru ca nu este afectata termic zona inconjuratoare, din cauza timpului extrem de scurt de interactie dintre fascicul si proba.

Alte avantaje ale sistemului cu laser de pulsuri ultra-scurte pentru aplicatii in medicina dentara constau in aceea ca sistemul obtinut constituie o tehnologie nepoluanta, economica si flexibila, care determina o limitare maxima a efectelor distructive la nivelul tesutului, un inalt potential terapeutic si o arie larga de aplicabilitate in chirurgie.

Aplicabilitatea sistemului cu laser de pulsuri ultra-scurte la nivel de tesut dentar

Descrierea sistemului cu laser de pulsuri ultra-scurte pentru aplicatii in medicina dentara

Schema sistemului conform Fig. 1 are urmatoarele componente principale:

- USPL - un laser care genereaza pulsuri ultrascurte (femtosecunde) controlat de calculator,
- Sh - un obturator electromecanic de fascicul controlat de calculator,
- A - un atenuator de fascicul cu polarizare si actuator controlat de calculator,
- GM - oglinzi galvanice controlate de calculator pentru deplasarea transversala fata de directia de propagare a fasciculului si cu precizie pe suprafata de procesat; miscarea oglinzilor este controlata de calculator,
- M1 - oglinzi metalice pe suport tip flip (se ridica – se coboara la 90°),
- M2 - oglinzi metalice pe suport fix,
- DM - oglinda dicroica,

- LD - dioda laser pentru aliniere si monitorizarea pozitiei fasciculului pe proba,
- AA - brat articulata cu trei segmente si cu oglinzi metalice pentru livrarea fasciculului laser in locul dorit,
- L - lentila de focalizare a fasciculului pe suprafata probei,
- S - intrerupator cu pedala pentru comanda obturatorului cu ajutorul piciorului,
- USBI - interfata USB de comunicare intre componentele electromecanice cu comanda analogica si calculator,
- PC - calculator de proces.

Functionarea sistemului cu laser de pulsuri ultra-scurte pentru aplicatii in medicina dentara

Fasciculul laser generat de unitatea USPL prezinta urmatoarele caracteristici: durata pulsurilor de 150 fs, lungimea de unda poate fi selectata intre 750...850 nm, frecventa de repetitie a pulsurilor poate fi selectata intre 1...2000 de pulsuri pe secunda, energia pe puls poate fi selectata intre 1...500 μ J. Energia este parametrul cel mai important pe care operatorul il alege pentru a obtine un crater cu adancimea si diametrul dorit in urma aplicarii unui singur puls. Frecventa de repetitie este un parametru care se alege in functie de calitatea si viteza cu care trebuie create structurile in smaltul dentar. Dupa iesirea din generator fasciculul este directionat spre sistemul de control optic al propagarii cu ajutorul a doua oglinzi metalice M2. Aceste doua oglinzi sunt necesare pentru realizarea unui sistem compact usor de integrat intr-o cutie.

Prima componenta a sistemului de control optic este obturatorul optic (Sh). Este un obturator electromecanic cu doua stari deschis-inchis comandat de calculator. Viteza de comutare poate fi cuprinsa intre 1-10 ms. Materialul lamei de obturare trebuie sa reziste la puterea maxima pe care o poate furniza laserul fara sa-si modifice proprietatile mecanice si viteza de comutare.

Dupa trecerea prin deschiderea obturatorului intensitatea fasciculului trebuie ajustata cu ajutorul unui atenuator (A). Reglarea intensitatii fasciculului se poate face si din generatorul laser, dar nu este recomandat. Atenuatorul poate ajusta intensitatea foarte rapid (sub 1 s) pastrand emisia constanta si stabila a generatorului laser. Atenuatorul consta dintr-un sistem de doua lame polarizante (una fixa si alta care se roteste) controlate de calculator, care, pentru diferite pozitii unghiulare ale lamei mobile, permite ajustarea energiei pulsurilor la nivelul probei, astfel incat sa se obtina efectele dorite. Atenuarea produsa de acest sistem este

reproductibila, astfel incat este suficienta cunoasterea unghiului de rotatie pentru a sti valoarea atenuarii produse, iar acest lucru se face odata cu calibrarea sistemului.

Fasciculul laser este aplicat pe proba in locul dorit prin intermediul unui brat articulata cu oglinzi (AA). Bratul poate avea 3 sau 4 segmente si o lungime totala de minim 1,5 m. Poate fi un brat articulata cu arc sau cu contra-greutate pentru revenirea in pozitia de repaus. Pentru obtinerea unui sistem compact a treia oglinda M2 directioneaza fasciculul spre intrarea bratului articulata dupa trecerea de atenuator. Operatorul are posibilitatea sa deplaseze manual fasciculul pe proba prin simpla deplasare a manerului bratului. In cazul in care doreste obtinerea unei anumite structuri pe suprafata dintelui se va folosi un sistem de doua oglinzi galvanice (GM) comandat de calculator. In modul baleiaj automat operatorul tine manerul fix intr-un punct de pe suprafata dintelui si comanda ridicarea oglinzilor flip (M1). Prima oglinda M1 redirectioneaza fasciculul laser spre sistemul de baleiaj (GM) iar a doua oglinda M1 reintroduce fasciculul pe traiectoria normala spre intrarea in bratul articulata. In aceasta configuratie fasciculul laser poate fi deplasat controlat pe suprafata probei fara deplasarea bratului articulata. In acest mod medicul poate realiza pe suprafata probei orice forma de microstructura doreste si care a fost introdusa in programul calculatorului. Oglinzile galvanice au un unghi de baleiaj maxim de $\pm 12^\circ$ si o frecventa cuprinsa intre 1...100 Hz. Operatorul poate alege valoarea unghiului de baleiaj pentru a ajusta dimensiunea suprafetei baleiate. Alegerea frecventei determina viteza de baleiaj pe suprafata probei si eventuala repetare a baleiajului in acelasi loc.

Folosirea bratului articulata cu oglinzi este obligatorie in cazul laserilor cu pulsuri sub sau apropiate de 100 fs. Inlocuirea lui cu o fibra optica ca in cazul laserilor comerciali existenti conduce la aparitia fenomenului de dispersie cu efect negativ de lungire a pulsului. Fibrele optice speciale care permit pastrarea duratei pulsului nu sunt competitive economic si nici rezistente la puteri mari.

Fasciculul laser este focalizat pe proba cu o lentila (L) pentru concentrarea energiei pulsului laser intr-un volum foarte mic. Este necesara folosirea unei lentile cu distanta focala mare, cuprinsa intre 10...20 cm, pentru protejarea suprafetei optice a lentilei de inevitabilele depuneri de material organic ablat. Lentila este pozitionata in capatul liber al bratului articulata, numit manerul bratului. Terminatia manerului poate veni in contact cu pacientul si trebuie schimbata de la un pacient la altul. De aceea, manerul este facut astfel incat piesa metalica conica terminala sa se poata demonta usor pentru curatare-dezinfectare fara sa afecteze pozitia lentilei.

Sistemul de control optic are si o dioda laser de putere mica (LD) cu emisia in rosu, al carei fascicul este reflectat de oglinda dicroica fixa (DM) la intrarea bratului articulata pe acelasi traseu ca fasciculul de procesare. Daca cele doua fascicule sunt aliniate fasciculul rosu de mica putere permite monitorizarea pozitiei fasciculului de procesare.

Comanda obturatorului este facuta de operator prin comutatorul cu pedala de picior.

Conectarea laserului, componentelor electromecanice si a diodei laser la calculator se face prin intermediul unei interfete USB de comunicare analog-digital (USBI).

Aplicarea sistemului cu laser de pulsuri ultra-scurte la nivel de tesut dentar

S-a aplicat sistemul laser de pulsuri ultra-scurte pentru doua categorii de probe de tesut oral: dentare si osoase.

Probele dentare au constat din dinti premolari sanatosi de adult, mai vechi (dintii 1, 2, 3 si 4) si proaspat extrasi (dintii 5, 6, 7 si 8). Pe fiecare dinte s-au facut experimente atat pe cimentul dentinei cat si pe smalt. Dintii proaspat extrasi au fost stocati in solutie salina pana in momentul expunerii.

Probele osoase au constat din fragmente de mandibula, uscate si proapete. S-a lucrat pe fragment de mandibula, deoarece acesta este osul cel mai dur din cutia craniana, duritatea sa fiind determinata de densitatea materialului osos din zona marginala.

Ablatia neliniara cu laser de pulsuri ultrasculte a tesuturilor s-a realizat pentru fiecare experiment pe cate 6 serii de cate 4 linii similare la energii predefinite. Lungimea liniilor a fost cuprinsa intre 500...2000 μm si distantate cu 100 μm una fata de alta. Liniile au fost suficient de distantate pentru ca ablatia unei linii sa nu fie influentata de ablatia liniei vecine trasata anterior. S-a lucrat la 100 μm distanta intre santuri, pentru ca santurile gravate au avut largimea sub 80 μm . Ajustarea focalizarea fascicului pe proba s-a facut cu ajutorul unei diode laser de mica putere care genereaza un fascicul coliniar cu fasciculul de femtosecunde si a unei camere video, inaintea expunerii fiecarei serii de patru linii. Viteza de deplasare a fasciculului pe suprafata probei a fost de 1 mm/s pe directia de ablatie a fiecarei linii. S-a lucrat la o frecventa de repetitie a pulsurilor cuprinsa intre 1...2000 Hz.

Determinarile efectuate prin microscopie electronica de baleiaj, microscopie optica si profilometrie au evidentiat dimensiunile structurilor create in tesuturi (smalt, ciment si os), care reprezinta caracteristici ale ablatiei determinata de valoarea fluentei. Masuratorile au indicat caracteristici geometrice ale liniilor, respectiv largimi cuprinse intre 10...80 micrometri

si adancimi cuprinse intre 10...100 micrometri. Analiza profilometrica prin contact realizata indica amprenta specifica produsa de ablatie in volumul probei.

Sistemul cu laser de pulsuri ultra-scurte prezinta caracteristici optime de aplicare in medicina dentara prin localizare extrem de precisa la asa-numitul volum focal (rezolutie spatiala mare) si eliminarea microfisurilor la nivelul tesutului dentar si conduce la extinderea ariei de aplicabilitate in chirurgia generala.

Referinte:

1. M. Niemz, *Laser Tissue Interactions: Fundamentals and Applications*, Springer, Berlin Heidelberg New York, 1996
2. Paras N. Prasad, *Introduction to Biophotonics*, Wiley-Interscience, New Jersey, 2003
3. Academy of Laser Dentistry (<http://www.laserdentistry.org/>)
4. US Food and Drug Administration (<http://www.fda.gov/cdrh/consumer/laserfacts.html#3>)
5. R. Wood, *Laser Damage in Optical Materials*, Hilger, Boston, 1996
6. Astrid Brendemühl, Martin Werner, Mikhail Ivanenko, Peter Hering, and Thorsten M. Buzug, *Comparison of Process Temperature during Laser and Mechanical Cutting of Compact Bone*, Advances in Medical Engineering, Springer Proceedings in Physics, Springer, Berlin, 2007
7. Ishikawa I, Sasaki KM, Aoki A, Watanabe H., *Effects of Er:YAG laser on periodontal therapy*, J Int Acad Periodontol., **5**(1):23-8, 2003
8. Ishikawa I, Aoki A, Takasaki AA., *Clinical application of erbium:YAG laser in periodontology*, J Int Acad Periodontol., **10**(1):22-30, 2008
9. Markus Braun, Peter Gilch and Wolfgang Zinth (Eds.), *Ultrashort Laser Pulses in Biology and Medicine*, Part I Ultrafast lasers in Medicine, Springer, Berlin, Heidelberg, New York, 2008
10. J.F. Bille, *Femtosecond Lasers in Ophthalmology: Surgery and Imaging*, in Ultrafast lasers in Medicine- Part I, M. Braun et al (ed.) Springer, Berlin, Heidelberg, New York, 2008
11. I. Ioniță, *Laserii de femtosecunde – prezent si viitor in cercetarea bio-medicala romaneasca*, Simpozionul Național de Cercetare Științifică Medicală de Excelență VIASAN-CEEX 2008 (Modul 1), Sinaia, 28-30 septembrie 2008, pag. 21, ISBN: 978-973-708-341-8, 2008

REVENDICARI

1. Sistem cu laser de pulsuri ultra-scurte pentru aplicatii in medicina dentara, **caracterizat prin aceea ca** este alcatuit dintr-un laser care genereaza pulsuri de femtosecunde cu durata de 150 fs, lungimea de unda cuprinsa intre 750...850 nm, frecventa de repetitie cuprinsa intre 1...2000 Hz, energia pe puls cuprinsa intre 1...500 μ J, un obturator de fascicul, un atenuator de fascicul cu polarizare, un sistem de baleiaj cu doua oglinzi galvanice pentru baleierea fasciculului pe suprafata tesutului conform unei imagini prestabilite introdusa in calculator, oglinzi metalice mobile pentru redirectionarea fasciculului astfel incat sa se poata scana suprafata in mod manual sau automat, o dioda laser de putere mica pentru alinierea optica a sistemului, o oglinda dicroica pentru suprapunerea traseelor celor doua fascicule laser, un brat articulata pentru directionarea fasciculului la locul de interventie, o lentila de focalizare a fasciculului, comutator cu pedala pentru comanda obturatorului cu piciorul, toate controlate de un calculator rezultand un sistem generator de pulsuri laser ultrascorte care produc ablatia nelinara a biotesutului cu avantajul cresterii preciziei de sapare si al eliminarii fisurilor zonei inconjuratoare.

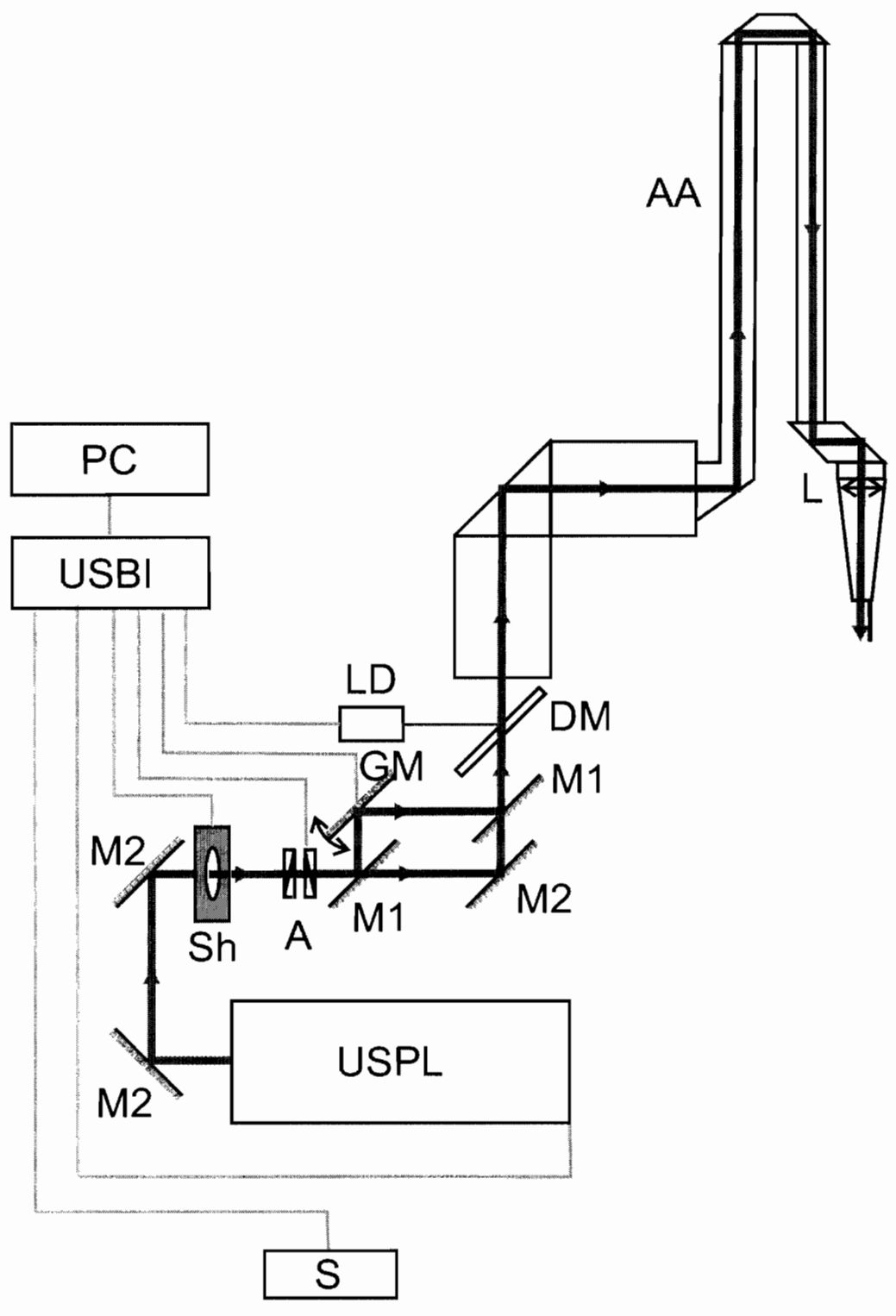


FIG. 1