

(12) **PATENT**

(21) Številka prijave: **201200328**

(51) Int. Cl. (2014.01)

(22) Datum prijave: **30.10.2012**

A61B 18/00

A61F 9/00

B23K 7/00

(45) Datum objave: **30.05.2014**

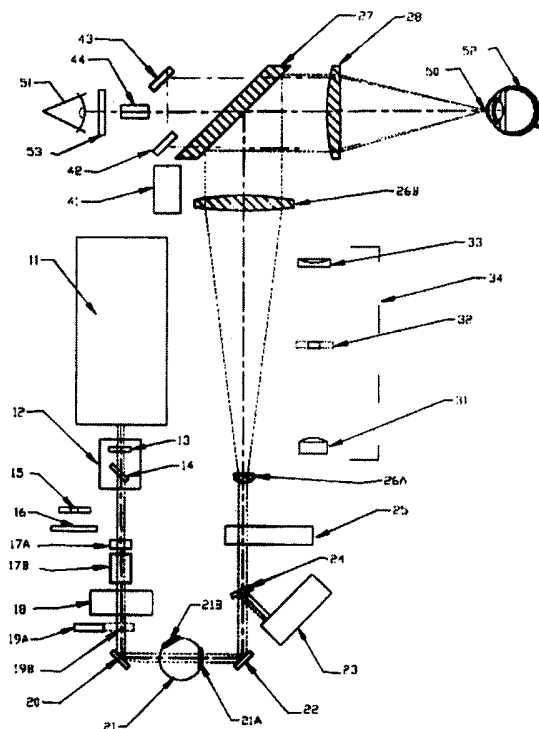
(72) Izumitelji: **Dolžan Aleš, 1270 Litija, SI;**
Kunstelj Klemen, 4220 Škofja Loka, SI;
Vedlin Boris, 1000 Ljubljana, SI;
Vrečko Andrej, 1000 Ljubljana, SI;
Zalar Matjaž, 1294 Grosuplje, SI

(73) Imetnik: **OPTOTEK d.o.o. Tehnološki park 21,**
1000 Ljubljana, SI

(74) Zastopnik: **Antonija Flak, univ.dipl.inž.el., Kotnikova 32, p.p. 2706, 1001 Ljubljana, SI**

(54) **OFTALMIČNA LASERSKA KOMBINIRANA NAPRAVA**

(57) Predmet izuma je naprava za operacije oči z laserji, ki jo oftalmologi uporabljajo za zdravljenje s kapsulotomijo in iridotomijo ter naprava za selektivno lasersko trabekuloplastiko. Bistvo oftalmološke laserske kombinirane naprave po izumu je v tem, da ima en sam laser z eno optično osjo za obe valovni dolžini, osnovno valovno dolžino 1064 nm in frekvenčno podvojeno valovno dolžino 532 nm. Preklop med obema valovnima dolžinama je izveden s preklopnikom orientacije polarizacije. Pri valovni dolžini 1064 nm je frekvenčno podvojevanje izklopljeno, za valovno dolžino 532 nm pa vklopljeno. Pri valovni dolžini 532 nm so vklopljeni dodatni optični elementi za atenuacijo in kolimacijo laserskega sunka.



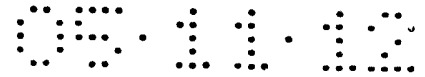
Ofthalmična laserska kombinirana naprava

Predmet izuma je naprava za operacije oči z laserji, ki jo oftalmologi uporabljajo za zdravljenje s kapsulotomijo in iriditomijo ter naprava za selektivno lasersko trabekuloplastiko.

Tehnični problem, ki ga rešuje pričujoči izum, je takšna konstrukcija naprave, ki omogoča z enim laserskim oftalmološkim sistemom obe vrsti operacij, pri osnovni valovni dolžini laserja 1064 nm zdravljenje s kapsulotomijo in iriditomijo, pri frekvenčno podvojeni valovni dolžini 532 nm pa zdravljenje s selektivno lasersko trabekuloplastiko. Naprava naj ima en sam laser z eno optično osjo laserskega žarka z osnovno valovno dolžino 1064 nm, ki ga bo s pomočjo ustreznega preklopnika žarka in modula za frekvenčno podvajanje pretvorila v valovno dolžino 532 nm. Rešitev po izumu naj omogoča pretvorbo katerekoli valovne dolžine osnovnega laserskega žarka v poljubno valovno dolžino.

Ena izmed pogostih očesnih bolezni je katarakta, ki nastane kot zamotnitev očesne leče. Ta bolezen prizadane čedalje večji delež populacije z naraščajočo starostjo. Pri operaciji katarakte odstranijo originalno očesno lečo, ki leži v ovojnici (kapsuli). V kapsulo vstavijo umetno lečo, ki nadomesti originalno in omogoči normalni vid. Po operaciji katarakte se v časovnem obdobju nekaj tednov, mesecev ali let do 30% pacientom razvije sekundarna katarakta, ki je motnjava v kapsuli, ki vsebuje umetno lečo. Operacija sekundarne katarakte se izvede s fotodisruptorjem, ki vsebuje sunkovni laser Nd-Yag tako, da se z optičnim prebojem odpre kapsula in omogoči normalni vid skozi odprtino v kapsuli. Primer takšnega oftalmičnega laserskega sistema je opisan v ameriškem patentu številka 6325792 in 7393349.

Druga pogosta očesna bolezen je glaukom, pri katerem je okvarjen očesni živec, na mestu kjer izstopa iz očesa. Zaradi poškodb očesnega živca se vid



nepovratno poslabša. Pogostnost glavkoma s starostjo narašča in pri 80 letih je obolelih že več kot 4% populacije. Okvara vidnega živca je pri glavkomu največkrat povezana z visokim očesnim tlakom, ki nastane zaradi prepočasnega odtekanja prekatne vodke skozi trabekularno tkivo. Če je tlak v očesu previsok, vidni živec mehanično poškoduje, kar ima za posledico odmrtnje živčnih vlaken. Zaradi neželenih stranskih učinkov zdravljenja z zdravili, so zdravniki in razvijalci opreme iskali drugačno rešitev. Tehnika zdravljenja s pomočjo laserja je znana kot laserska trabekuloplastika. To tehniko je odkril Latina in je opisana v ameriškem patentu številka 5549596, imetnika The General Hospital Corporation. Latina je opisal uporabo sunkovnega frekvenčno podvojenega Nd-Yag laserja za lasersko trabekuloplastiko.

Selektivna laserska trabekuloplastika (SLT) je izboljšana tehnologija glede na prejšnjo tehniko, ki se imenuje argonska trabekuloplastika. Metoda argonska trabekuloplastika uporablja termalni efekt, da koagulira trabekularno tkivo in s tem olajša odtekanje prekatne vodke. Zaradi termalnih učinkov, metoda argonska trabekuloplastika nepopravljivo poškoduje tkivo in jo lahko uporabimo enkrat oziroma največ dvakrat.

Za operacijo s selektivno lasersko trabekuloplastiko se uporablja pulzni laser s pulzi krajšimi od 5 ns, pri katerem so termalni učinki zanemarljivi, in ga je možno poljubno ponavljati.

Do sedaj znane optične rešitve za fotodisruptor in za napravo za selektivno lasersko trabekuloplastiko (SLT) uporabljajo sistem dveh različnih naprav, kjer vsaka naprava posamezno opravlja eno od operacij.

Podjetje Ellex je v patentni prijavi WO 2004/027487 opisalo optični sistem, ki združuje delovanje dveh naprav, fotodisruptorja in laserske naprave za selektivno lasersko trabekuloplastiko, v eni napravi. Takšen oftalmološki laserski sistem oddaja prvo valovno dolžino primerno za operacijo sekundarne katarakte in

drugo primerno za operacijo selektivne laserske trabekuloplastike. S pomočjo laserskega izvora Nd-Yag s preklopnikom dobrote se generira kratek sunek, z dolžino sunka krajšo od 5ns pri valovni dolžini 1064nm. Za nastavljanje energije v načinu fotodisruptorja je uporabljena ploščica $\lambda/2$, ki z rotacijo zvezno atenuira energijo sunka med 0.3 in 10mJ. Z rotacijo ploščice $\lambda/2$ se polarizacija zasuje tako, da se od polarizatorja v optični poti laserski sunek odbije v drugo optično os, namenjeno generiranju frekvenčno podvojenega sunka za selektivno lasersko trabekuloplastiko. S pomočjo zasuka polarizacije in različnega odboja na polarizatorju je s to rešitvijo doseženo delovanje v dveh različnih optičnih oseh, v prvi osi v načinu fotodisruptorja in v drugi osi, v načinu SLT. Pri tej rešitvi je osnovni laserski žarek z odbojem na polarizatorju preusmerjen v drugo optično os, kjer je izvedeno frekvenčno podvojevanje laserskega sunka. Na ta način druga optična os služi za delovanje v načinu SLT.

Pričujoči izum ima eno optično os, tako za delovanje v načinu fotodisruptorja kot tudi za delovanje v načinu SLT.

Skupna značilnost vseh opisanih sistemov je, da sta potrebni dve ločeni enoti ali pa dve optični osi znotraj ene naprave, tako da ena optična os deluje v načinu fotodisruptorja, druga optična os pa v načinu selektivne laserske trabekuloplastike.

Problem, ki je ostal nerešen je kombinirana naprava za fotodisruptor in za selektivno lasersko trabekuloplastiko, kjer bi iz fotodisruptorja s pomočjo preklopa optičnih elementov iz optične osi in nazaj omogočili delovanje oftalmične laserske naprave v obeh načinih, v načinu fotodisruptorja in v načinu SLT.

Bistvo oftalmične laserske kombinirane naprave po izumu je v tem, da ima en sam laser z eno optično osjo za obe valovni dolžini, osnovno valovno dolžino 1064 nm in frekvenčno podvojeno valovno dolžino 532 nm. Preklop med obema

valovnima dolžinama je izveden s preklopnikom orientacije polarizacije, pri čemer je za delovanje pri valovni dolžini 532 nm vklopljeno frekvenčno podvojevanje, za delovanje pri valovni dolžini 1064 nm pa je frekvenčno podvojevanje neaktivno.

Oftalmična laserska kombinirana naprava po izumu bo v nadaljevanju podrobneje opisana s pomočjo slik, ki kažejo:

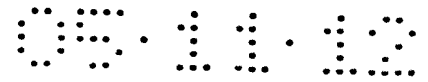
Slika 1 – Blok shema naprave v načinu fotodisruptorja

Slika 2 – Blok shema naprave v načinu SLT

Slika 3 – Blok shema energometra

Oftalmična laserska kombinirana naprava je zasnovana na enem laserskem izvoru 11, ki oddaja kratke sunke z visoko vršno močjo pri prvi valovni dolžini 1064 nm, ki so atenuirani z atenuatorjem 12 in so s kolimacijsko optiko zbrani v oko 52 pacienta. V isti optični osi laserskega žarka z osnovno valovno dolžino 1064 nm je izveden optični sistem za drugo valovno dolžino 532 nm, ki vsebuje atenuatorje 12 in 18, nelinearna kristala 17A in 17B za frekvenčno podvojevanje, ki spremenita prvo valovno dolžino v drugo, in kolimacijsko optiko, ki zbere laserski sunek druge valovne dolžine v očesu 52 pacienta.

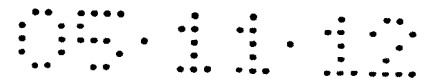
Oftalmična laserska kombinirana naprava, ki deluje v načinu fotodisruptorja na sliki 1 ima laserski izvor Nd-Yag 11, ki odda kratek sunek dolžine okoli 5 ns v infrardečem področju pri valovni dolžini 1064nm, ki gre preko atenuatorja energije 12, kjer se s pomočjo rotatorja 13 polarizacije in fiksnega polarizatorja 14 uravnava izhodna energija. Preklopnik polarizacije 16 predstavlja ploščica $\lambda/2$, ki se skupaj z zaslonko 15 izmakne iz optične osi, da laserski sunek brez frekvenčnega podvojevanja potuje skozi nelinearna kristala 17A in 17B. Iz kristala 17B potuje sunek skozi pasovni filter 19B, ki prepusti infrardečo valovno dolžino, nato se odbije od zrcala 20, gre skozi korekcijski optični sistem 21 in se odbije



preko drugega zrcala 22. Sunek gre preko delilnika svetlobe 24, kjer se ga majhen del odbije proti energometru 23, večji del sunka gre skozi zaklop 25, ki opravlja varnostno funkcijo blokade optične poti. Nato gre skozi manjši del 26A do večjega dela 26B teleskopa, ki razširi laserski snop in ga odbije preko dikroičnega zrcala 27 in s pomočjo objektiva 28 zbere laserski sunek v gorišču 50 optičnega sistema, kjer je dosežen optični preboj. Optični preboj se uporabi za operacijo kapsule za odpravo sekundarne katarakte. Da lahko oftalmolog 51 opazuje, kje bo nastal optični preboj v grlu 50 v očesu 52 pacienta, sveti rdeča dioda 41, in projicira 2 veji, kjer se prva odbije od delilnika svetlobe 42, druga pa od zrcala 43 in se skupaj preslikata v isto točko, kjer je gorišče 50 optičnega sistema. Filter 53 prepreči odboj dela infrardečega laserskega sunka v oko oftalmologa 51.

V oftalmično lasersko kombinirano napravo je vgrajen laser 11 tipa Nd-Yag, črpan z bliskavico ali diodo, ki oddaja laserske sunke z valovno dolžino 1064nm za prvo valovno dolžino s konstantno orientacijo polarizacije. Ko laser 11 odda kratek in linearno polariziran sunek gre skozi atenuator 12. Ploščica $\lambda/2$ 13 in polarizator 14 sta vgrajeni v atenuator 12, pri čemer ima ploščica $\lambda/2$ 13 to lastnost, da vhodno ravnino linearne polarizacije zasuka. Zasuk ploščice $\lambda/2$ 13 določi kolikšen del sunka bo prepuščen skozi polarizator 14, kar omogoča zvezno nastavljanje energije. Položaj rotacije ploščice $\lambda/2$ 13 je nastavljiv elektromehansko tako, da je omogočeno zvezno nastavljanje energije fotodisruptorja. Drugi atenuator 18 je v tem načinu delovanja neaktiven.

Oftalmična laserska kombinirana naprava, ki deluje v načinu SLT na sliki 2, ima laserski izvor 11, ki odda kratek sunek dolžine okoli 5 ns, ki gre preko atenuatorja energije sunka 12, kjer se s pomočjo rotatorja polarizacije 13 in fiksnega polarizatorja 14 izhodna energija zvezno nastavlja. Laserski sunek valovne dolžine 1064 nm preko vklopa preklopnika polarizacije 16 frekvenčno podvojimo pri prehodu skozi nelinearna kristala 17A in 17B v valovno dolžino 532 nm. Atenuator



18 atenuira laserski sunek s pomočjo absorpcijskih filtrov. Preostanek valovne dolžine 1064nm, ki se ni konvertirala v nelinearnem kristalu 17A in 17B se absorbira v filtru 19A. Prepuščena valovna dolžina 532nm se odbije od zrcala 20, gre mimo neaktivnega korekcijskega optičnega sistema 21 in se od zrcala 22 odbije do delilnika svetlobe 24, kjer majhen del sunka zazna energometer 23. Večji del sunka gre skozi zaklop 25 z varnostno funkcijo blokade optične poti in skozi manjši del teleskopa 26A. Laserski snop se v prvi preklopni leči 31 kolimira, gre skozi korekcijsko optiko 32 do druge preklopne leče 33 in nato do večjega dela teleskopa 26B, kjer se kolimirani laserski snop odbije preko dikroičnega zrcala 27 in se s pomočjo objektiva 28 zbere v goriščni ravnini v piko 54. Dikroično zrcalo 27 odbija prvo in drugo valovno dolžino laserskega sunka, omogoča opazovanje v vidnem delu spektra očesa 52 in prepušča valovno dolžino za obe rdeči navigacijski diodi 41 in 44. Pika laserskega snopa se s pomočjo predleče-zrcala 55 zrcali do trabekularnega tkiva v očesnem zakotju, kjer poteka operacija. Za določitev mesta operacije sveti rdeča dioda 44, katere svetloba se preslika v gorišče 54. Korekcijska optika 32 je v obliki zaslonke ali drugega optičnega sistema za izboljšavo profila laserskega sunka. Oko oftalmologa je zaščiteno pred reflektiranim delom infrardečega laserskega sunka s filtrom 53.

V načinu fotodisruptorja je linearna polarizacija zasukana s preklopnikom polarizacije 16 tako, da laserski sunek potuje skozi nelinearna kristala 17A in 17B brez konverzije. Vhodna polarizacija je s preklopnikom 16 izbrana na način, da ni izpolnjen pogoj za frekvenčno podvojevanje.

Pri delovanju naprave v načinu SLT, laser 11 odda sunek, ki potuje skozi modul za frekvenčno podvojevanje, ki ga sestavljata eden ali dva nelinearna kristala 17A in 17B, kjer se laserski sunek frekvenčno podvoji. Zvezni atenuator 12 je postavljen v območje maksimalne prepustnosti, tako da je omogočeno čimbolj stabilno frekvenčno podvojevanje na nelinearnih kristalih 17A in 17B. Za modulom za frekvenčno podvojevanje je postavljen drugi atenuator 18, z vgrajenimi

diskretnimi absorpcijskimi filtri, ki niso polarizacijsko odvisni in so elektronsko krmiljeni. Zaradi diskretnih vrednosti absorpcijskih filtrov je za zvezno uravnavo energije sunka uporabljen prvi atenuator 12, ki zvezno atenuira sunek tako, da premosti razliko prepustnosti med posameznimi diskretnimi transmisijskimi filtri.

Za delovanje naprave v načinu SLT je ploščica $\lambda/2$ v preklopniku polarizacije 16 zasukana tako, da je izpolnjen pogoj za frekvenčno podvojevanje v nelinearnih kristalih 17A in 17B, in je laserski sunek pretvorjen v drugo valovno dolžino 532 nm. V optičnem sistemu je uporabljen modul za frekvenčno podvojevanje, ki ga sestavljata eden ali dva nelinearna kristala 17A, 17B. V primeru uporabe enega nelinearnega kristala, je stabilnost podvojevanja slabša, kot v primeru uporabe dveh nelinearnih kristalov 17A, 17B, prednost uporabe enega nelinearnega kristala je ohranitev linearne polarizacije, kar omogoča uporabo drugega zveznega atenuatorja 18, delujočega na osnovi polarizacije, enako kot pri atenuatorju 12.

Prednost uporabe dveh nelinearnih kristalov 17A, 17B je večja stabilnost energije pri frekvenčnem podvojevanju, slabost pa je nedefinirana izhodna polarizacija. Zato je potrebno v primeru uporabe dveh nelinearnih kristalov 17A, 17B v atenuator 18 vgraditi diskretne ali zvezne absorpcijske filtre, ki so neodvisni od ravnine polarizacije. Za zvezno uravnavo energije sunka je uporabljen prvi atenuator 12, ki zvezno atenuira sunek tako, da premosti razliko prepustnosti med posameznimi diskretnimi transmisijskimi filtri, s čimer se doseže popolnoma zvezna uravnavo energije sunka po celotnem energijskem območju.

Pri načinu fotodisruptorja, ki ima prvo valovno dolžino 1064 nm, je vklopljen pasovni filter 19B, ki prepušča prvo valovno dolžino 1064 nm, drugo 532 nm pa absorbira. V načinu SLT, ki ima drugo valovno dolžino 532 nm je uporabljen pasovni filter 19A, ki prepušča valovno dolžino 532 nm, absorbira pa prvo. S

pasovnimi filtri je zagotovljeno nemoteno delovanje brez prisotnosti motečih valovnih dolžin.

Za meritev energije sunka je uporabljen majhen odboj na delilniku 24 svetlobe, ki del energije sunka preusmeri na energometer 23. Za oba načina delovanja, tako fotodisruptor in način SLT je uporabljen en energometer 23, ki za oba načina uporablja eno diodo 64. Za atenuiranje sunka se pred diodo postavijo filtri in atenuatorji 61. Pred diodo 64 je postavljen pasovni filter 62, ki prepušča prvo in drugo valovno dolžino, ostale valovne dolžine pa blokira. Na ta način je filtriran vpliv okoliške svetlobe. Funkcijo enega filtra lahko nadomestimo z dvema ločenima filtroma 62 in 63.

Preklop optičnega sistema za način fotodisruptorja in način SLT, za prvo in drugo valovno dolžino je izveden z elektromehanskim in elektronskim krmiljenjem ter mikroprocesorsko kontrolo.

Z optičnima moduloma 15 in 32, ki sta narejena s kombinacijo leč in zaslonk je modificiran profil razporeditve energije znotraj laserskega sunka prve in druge valovne dolžine, tako da je iz Gaussovega profila generiran enakomerni profil porazdelitve energije.

Optične elemente iz modula za korekcijske leče 21, ki vsebuje leči 21A in 21B, je mogoče vgraditi v mehanski sistem drugega atenuatorja 18 tako, da so poleg diskretnih filtrov dodane še posamezne leče. Za delovanje v načinu SLT z elektronskim krmiljenjem je izbrana ustrezna vrednost diskretnega filtra, za delovanje v načinu fotodisruptorja pa je izbrana ustrezna leča 21A ali 21B.

Patentni zahtevki

1. Oftalmična laserska kombinirana naprava, **značilna po tem**, da je zasnovana na enem laserskem izvoru (11), ki oddaja kratke sunke z visoko vršno močjo pri prvi valovni dolžini 1064 nm, ki je atenuiran z atenuatorjem (12) in je nato s kolimacijsko optiko zbran v oko (52) pacienta; da je v isti optični osi laserskega sunka z osnovno valovno dolžino 1064 nm izveden optični sistem za drugo valovno dolžino 532 nm, ki vsebuje atenuatorja (12 in 18), modul iz kristalov (17A,17B) za frekvenčno podvojevanje, ki spremeni prvo valovno dolžino v drugo in kolimacijsko optiko, ki zbere laserski sunek druge valovne dolžine v očesu (52) pacienta.
2. Oftalmična laserska kombinirana naprava po zahtevku 1, **značilna po tem**, da vsebuje en laserski izvor (11) tipa Nd-Yag, črpan z bliskavico ali diodo, ki oddaja laserske sunke z valovno dolžino 1064nm za prvo valovno dolžino s konstantno orientacijo polarizacije; da sta optični osi za prvo in drugo valovno dolžino laserskega sunka identični.
3. Oftalmična laserska kombinirana naprava po zahtevku 1, **značilna po tem**, da je za generiranje druge valovne dolžine uporabljen optični preklopnik (16), tako da za prvo valovno dolžino laserski sunek potuje brez konverzije skozi modul (17A,17B) za frekvenčno podvojevanje, s preklopom modula (16) pa se prva valovna dolžino pri prehodu skozi modul za frekvenčno podvojevanje (17A,B) pretvori v drugo valovno dolžino;
4. Oftalmična laserska kombinirana naprava po zahtevku 1, **značilna po tem**, da je v optičnem sistemu takoj za laserjem (11) prvi atenuator energije (12) preklopnik (16) polarizacije, modul (17A,17B) za frekvenčno podvojevanje ter drugi atenuator energije (18), kar omogoča zvezno nastavljanje energije za obe valovni dolžini.

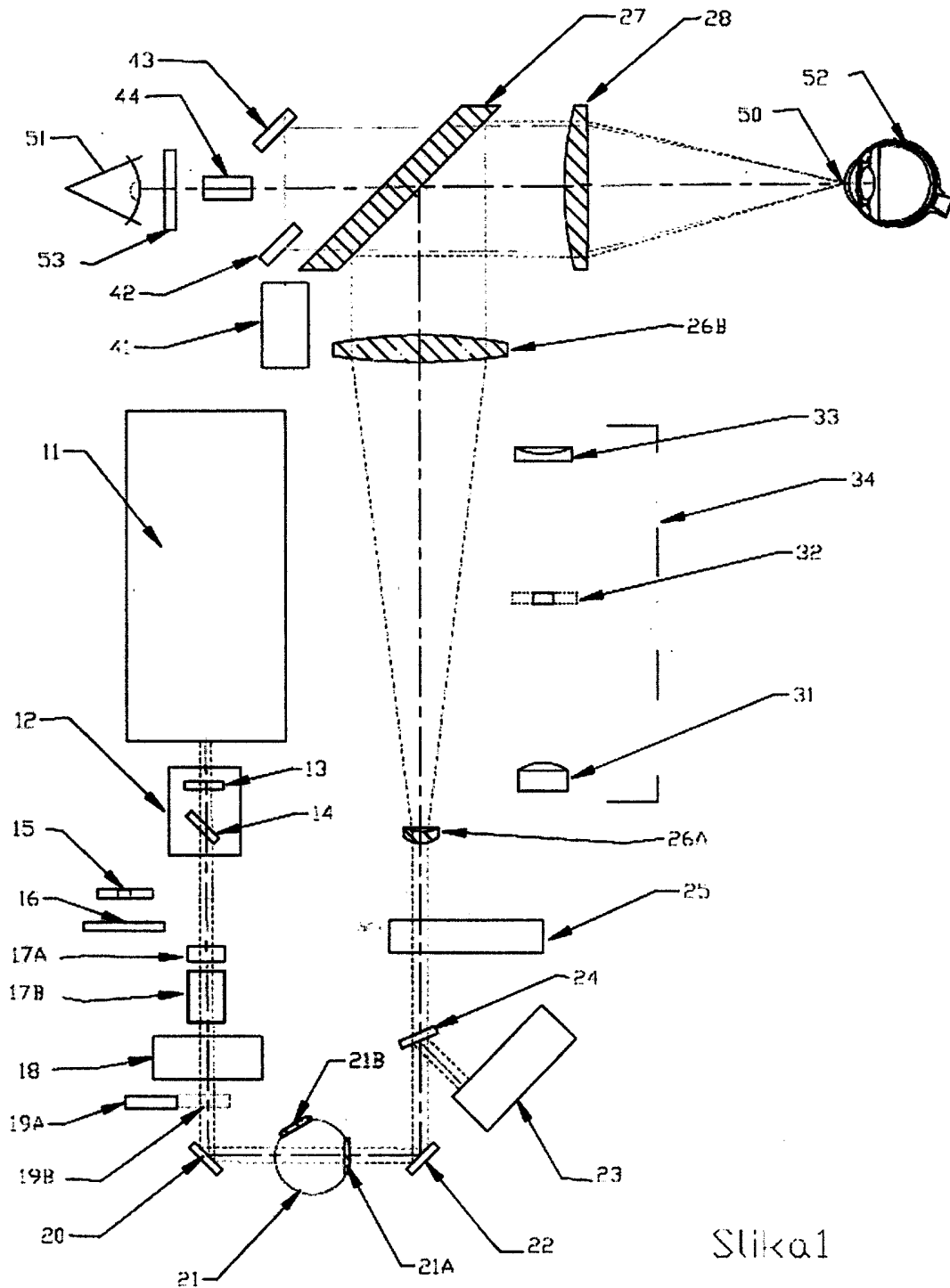
5. Oftalmična laserska kombinirana naprava po zahtevku 1, **značilna po tem**, da je v optičnem sistemu za prvo in drugo valovno dolžino uporabljen isti energometer.
6. Oftalmična laserska kombinirana naprava po zahtevku 1, **značilna po tem**, da je preklon optičnega sistema za prvo in drugo valovno dolžino izveden elektromehansko z elektronskim krmiljenjem.
7. Oftalmična laserska kombinirana naprava po zahtevku 1, **značilna po tem**, da so optični elementi modula (21) s korekcijskimi lečami (21A, 21B) vgrajeni v mehanski sistem drugega atenuatorja (18) v enotni modul.
8. Oftalmična laserska kombinirana naprava po zahtevku 1, **značilna po tem**, da so v optičnem sistemu fotodisruptorja vstavljene optične komponente (31), (32) in (33) med manjši del teleskopa (26B) in goriščno ravnino (54), ki kolimirajo laserski sunek in ga preslikajo v goriščno ravnino (54) za drugo valovno dolžino.
9. Oftalmična laserska kombinirana naprava po zahtevku 1, **značilna po tem**, da s preklopnikom (16) polarizacije preklaplja med načinom delovanja tako, da v načinu delovanja prve valovne dolžine laserski sunek potuje skozi nelinearna kristala (17A) in (17B) brez konverzije, pri načinu delovanja SLT pa se pretvori laserski sunek v nelinearnih kristalih (17A) in (17B) v drugo valovno dolžino.
10. Oftalmična laserska kombinirana naprava po zahtevku 1, **značilna po tem**, da je vklopljen pasovni filter (19B) za prvo valovno dolžino, pasovni filter (19A) pa za delovanje v drugi valovni dolžini.

11. Oftalmična laserska kombinirana naprava po zahtevku 1, **značilna po tem**, da se z atenuatorjem (12) zvezno nastavlja energijske vrednosti laserskih sunkov prve in druge valovne dolžine.
12. Oftalmična laserska kombinirana naprava po zahtevku 1, **značilna po tem**, da se z atenuatorjem (18) zvezno ali diskretno nastavljajo energijske vrednosti laserskih sunkov druge in ali prve valovne dolžine.
13. Oftalmična laserska kombinirana naprava po zahtevku 1, **značilna po tem**, da se z enim samim atenuatorjem (12) ali (18) zvezno ali diskretno nastavljajo energijske vrednosti laserskih sunkov obeh valovnih dolžin.
14. Oftalmična laserska kombinirana naprava po zahtevku 1, **značilna po tem**, da v optičnem sistemu uporabimo eden ali dva nelinearna kristala (17A) in (17B) za frekvenčno podvojevanje laserskega sunka.
15. Oftalmična laserska kombinirana naprava po zahtevku 1, **značilna po tem**, da z optičnima moduloma (15) in (32) modificiramo profil razporeditve energije znotraj laserskega sunka prve in druge valovne dolžine
16. Oftalmična laserska kombinirana naprava, **značilna po tem**, da deluje v načinu fotodisruptorja tako, da laserski izvor (11) odda kratek sunek dolžine okoli 5 ns v infrardečem področju pri valovni dolžini 1064nm, pri čemer gre sunek preko atenuatorja (12) energije, kjer se s pomočjo ploščice $\lambda/2$ (13) zasuka polarizacija sunka in se preko polarizatorja (14) uravnava izhodna energija; da se preklopnik (16) polarizacije in zaslonka (15) izmakne iz optične osi; da laserski sunek potuje skozi nelinearna kristala (17A in 17B) brez frekvenčnega podvojevanja; da iz kristala (17B) potuje sunek skozi pasovni filter (19B) za infrardeče področje in se nato odbije od zrcala (20), gre skozi korekcijski optični sistem (21) in se spet odbije preko drugega

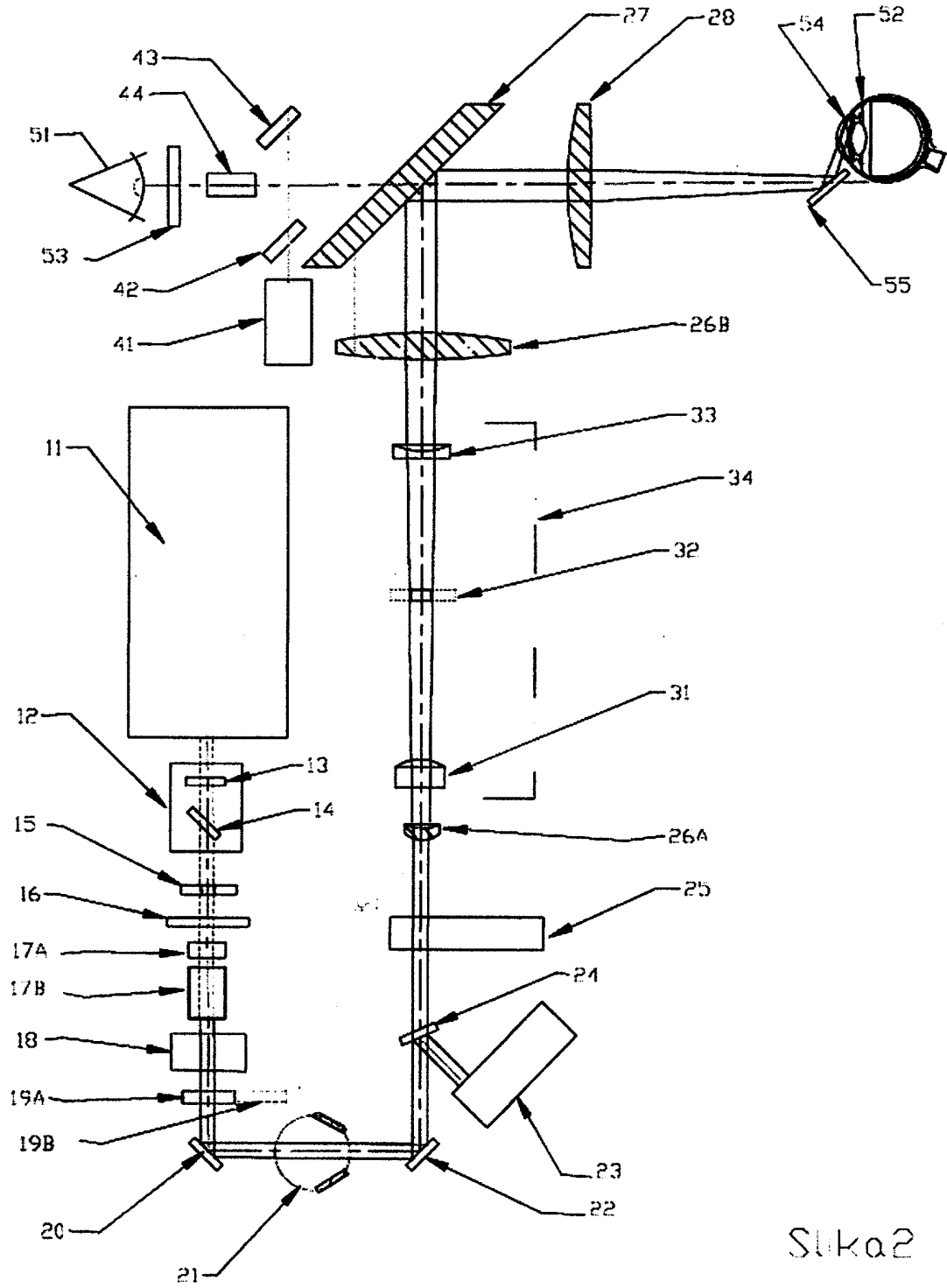
zrcala (22); da gre sunek preko delilnika svetlobe (24), kjer majhen del sunka zazna energometer (23), večina sunka gre skozi zaklop (25), skozi manjši del (26A) do večjega dela (26B) teleskopa, ki razširi laserski snop in ga odbije preko dikroičnega zrcala (27) ter s pomočjo objektivna (28) zbere laserski sunek v gorišču (50) optičnega sistema, kjer je dosežen optični preboj za poseg na kapsuli za odpravo sekundarne katarakte; da je določitev mesta optičnega preboja v grlu (50) v očesu (52) pacienta omogočeno s svetlobo rdeče diode (41), ki projicira dve veji, kjer se prva odbije od delilnika svetlobe (42), druga pa od zrcala (43) in se skupaj preslikata v isto točko, kjer je gorišče (50) optičnega sistema; da filter (53) prepreči reflektiranje dela infrardečega laserskega sunka v oko oftalmologa (51).

17. Oftalmična laserska kombinirana naprava, **značilna po tem**, da deluje v načinu SLT tako, da laserski izvor (11) odda kratek sunek dolžine okoli 5 ns, ki gre preko atenuatorja (12) energije sunka, kjer se s pomočjo ploščice $\lambda/2$ (13) za rotacijo polarizacije in polarizatorja (14) uravnava izhodna energija; da se laserski sunek valovne dolžine 1064 nm preko preklopnika (16) polarizacije, ki je vstavljen v optično os pri prehodu skozi nelinearna kristala (17A in 17B) frekvenčno podvoji na valovno dolžino 532 nm; da atenuator (18) atenuira sunek s pomočjo absorpcijskih filtrov; da se preostanek valovne dolžine 1064nm, ki se ni konvertirala v nelinearnem kristalu (17A in 17B) absorbira v filtru (19A) in se nato odbije od zrcala (20), gre mimo korekcijskega optičnega sistema (21) in se spet odbije preko zrcala (22) do delilnika svetlobe (24), kjer majhen del sunka zazna energometer (23), večji del sunka gre skozi zaklop (25), skozi manjši del teleskopa (26A); da se laserski snop v prvi preklopni leči (31) kolimira, gre skozi korekcijsko optiko (32) do druge preklopne leče (33) in nato do večjega dela teleskopa (26B), kjer se kolimirani laserski snop odbije preko dikroičnega zrcala (27) in zbere laserski sunek s pomočjo objektivna (28) v goriščni

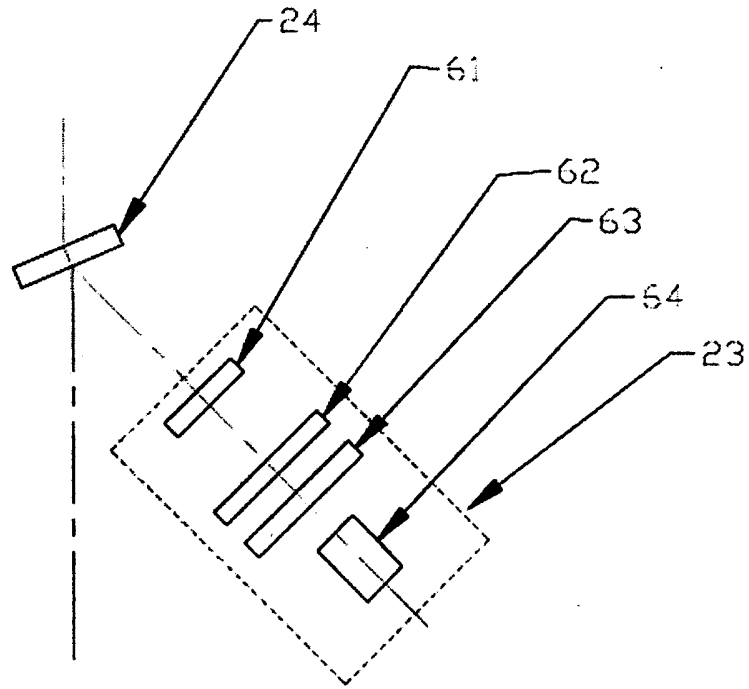
ravnini v piko (54); da se pika laserskega snopa s pomočjo predleče-zrcala (55) zrcali do trabekularnega tkiva v očesnem zakotju, kjer poteka operacija; da je za določitev mesta laserskega sunka uporabljena rdeča dioda (44), ki se preslika v gorišče (54), kjer nastane pika rdeče diode (44); da je korekcijska optika (32) lahko v obliki zaslonke ali drugega optičnega sistema za izboljšavo profila laserskega sunka; da je oko oftalmologa zaščiteno pred odbitim delom laserskega sunka s filtrom (53).



Slika 1



Suka2



SUKa3