



NORGE

(12) **UTLEGNINGSSKRIFT**

(19) NO

(11) 175177

(13) B

(51) Int Cl⁵ H 01 S 3/10, 3/23

Styret for det industrielle rettsvern

(21) Søknadsnr	874639	(86) Int. inng. dag og søknadsnummer	02.02.87, PCT/US87/00202
(22) Inng. dag	06.11.87	(85) Videreføringsdag	06.11.87
(24) Løpedag	02.02.87	(30) Prioritet	14.03.86, US, 839475
(41) Alm. tilgj.	06.11.87		
(44) Utlegningsdato	30.05.94		

(71) Patentsøker	Hughes Aircraft Co, P.O. Box 80028, Los Angeles, CA 90080-0028, US
(72) Oppfinner	Hans W. Bruesselbach, Calabassas, CA, US
(74) Fullmektig	Jens F.C. Langfeldt, Bryns Patentkontor AS, Oslo

(54) **Benevnelse** Effektiv fasekonjugert laser

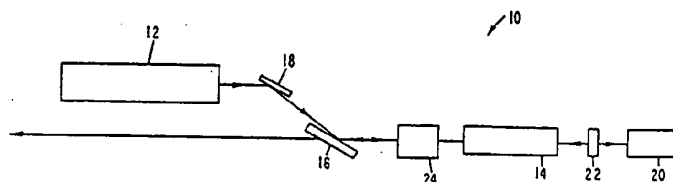
(56) **Anførte publikasjoner** GB 2004411
Applied Physics B. Photophysics and Laser Chemistry,
Vol. B 36, nr. 2, Februar 1985, I.D. Carr et al., pages 83-92
Soviet Journal of Quantum Electronics, Vol. 13, nr. 10,
Oktober 1983, B.N. Borisov et al., pages 1411-1413

(57) **Sammendrag**

Laseranordning (10) som anvender en hovedoscillator effektforsterkerkonfigurasjon, hvor en hovedoscillator (12) tilveiebringer en kilde med lav energi, høy fasefrontkvalitet, og høy spektralrenhetstråling, injisert inn i minst ett lasingsmedium forsterkningselement (14) som er anbragt langs en optisk bane. Koblingsmiddel (16) er plassert til selektivt å koble en forutbestemt prosentandel av hovedoscillatorens (12) stråling inn i forsterkningselementets (14) medium, mens der hindres at all unntatt en forutbestemt andel av eventuell forsterket stråling som går ut av forsterkningselementet (14), går inn på ny i hovedoscillatoren (12). Fasekonjugeringsmiddel (20) er anbragt langs den optiske banen på den motsatte siden av forsterknings-elementet (14) som koblingsmidlet (16), for å reflektere den fasekonjugerte av laserstråling som innfal-

lende derpå. Forsinkelsemiddel (26) som er plassert mellom forsterkningselementet (14) og fasekonjugeringsmidlet (16) sikrer at strålingspulser som koples langs den optiske banen traverserer og i alt vesentlig går ut fra forsterkningselementet (14), mot fasekonjugeringsmidlet (20), før noen reflektert stråling fra fasekonjugeringsmidlet (20) går inn i forsterkningselementet (14).

I et ytterligere aspekt av oppfinnelsen omfatter laseranordningen (100) dessuten bildedanningsmiddel (132) anbragt langs den optiske banen mellom nevnte fasekonjugeringsmiddel (120) og nevnte forsterknings-element (114) for derved å gi maksimal overføring av faseinformasjon fra lasingsmediet hos nevnte forsterknings-element (114) til nevnte fasekonjugerte reflektorr (120) og tilbake.



Denne oppfinnelse vedrører en laseranordning som anvender en hovedoscillator, effektforsterkerkonfigurasjon, der en hovedoscillator tilveiebringer en strålingskilde som injiseres inn i et forsterkende trinn hvor den forsterkes til å gi laserutgangsstråling med høyere effekt, omfattende en
5 hovedoscillator som dessuten omfatter en laseroscillator med lavenergi, høy fasefrontkvalitet, og høy spektralrenhet, et forsterkertrinn som omfatter minst et forsterkningsselement for laseroperasjonsmedium, anbragt langs en optisk bane langs hvilken utgangsstråling fra nevnte hovedoscillator rettes, koblingsmiddel for selektivt å koble en forutbestemt prosentandel av utgangsstrålingen fra nevnte hovedoscillator langs nevnte optiske bane og inn i nevnte forsterknings-
10 element mens det hindres at samtlig, unntatt en forutbestemt prosentandel av enhver forsterket stråling som går ut av nevnte forsterkertrinn går inn igjen i nevnte hovedoscillator, fasekonjugeringsmiddel som også er anbragt langs nevnte optiske bane på den motsatte side av nevnte forsterknings-
15 element som nevnte koblingsmiddel, for å reflektere den fasekonjugerte av laserstråling som er innfallende på dette.
20

Lasere og lasersystemer har flere kilder som gir bølgefront-forvregning og spektral utvidelse. Virkninger bevirket av termisk påkjenning eller gradienter, vibrasjon, eller
25 aberrasjoner er alle problemer som bidrar til forvregninger i strålingsbølgefrontene som traverserer en laser. I tillegg bevirker termiske effekter store transienteffekter på operasjonen under oppstarting, før en termisk likevekt av stabil tilstandsoperasjon nås for de optiske elementene.
30 Dette kan være et alvorlig problem for pulsede lasere og CW lasere hvis de opereres i støt, ettersom transientperioden da omfatter en større prosentandel av den totale laserdrifts-syklusen.

35 Bølgefront-forvregninger degraderer ydelsen hos en laser og manifesterer seg som dårlig virkningsgrad med hensyn til energiekstrahering samt stråledivergens. Avhengig av den

utmatede stråles kvalitet og ønskede effektnivå, kan bølgefrontforvrengning i komponentene som befinner seg innenfor laseren gjøre denne utilstrekkelig for en gitt anvendelse. Dette gjelder særlig for avanserte kommunika-
5 sjons- eller følgingssystemer hvor en nesten diffraksjonsbe-
grenset laserutmatning ønskes. Dessuten, hvis stabil tilstandsdrift kan bevirkes til å være tilfredsstillende ved hjelp av konvensjonelt middel, vil termiske effekter gi høyeffekts-, eller høyenergitetthetslasere fortsatt skape
10 utilfredsstillende ytelse under de initielle oppstartingsper-
ioder forut for stabil tilstandsdrift, når laserelementene oppnår termisk likevekt.

Flere teknikker er blitt foreslått for å fjerne eller hindre
15 bølgefrontforvrengning, innbefattende spesialiserte retro-
reflektorer og deformerbare speil. I typiske faststofflaser-
staver bevirker termiske gradienter som genereres av pumpingsenergien en effekt som er kjent som positiv linse-
operasjon som kan korrigeres med en negativ linse. For den
20 transiente tilstand må imidlertid mekaniske drivinnretninger
anvendes for dynamisk å kompensere for den endrende linse-
operasjon. Mens dette er blitt anvendt med en viss suksess,
er der flere ulemper. Først, for geometrier som ikke er
radielt symmetriske, slik som laserforsterkningsmedia med
25 skivegeometri, er media-linseoperasjonseffekter ikke de for
en enkel linse og krever kompliserte linsekonstruksjoner for
å kompensere. Derneft krever et hvilket som helst "dynamisk"
linsesystem nøyaktig lukket-sløyfe deteksjon og justering med
meget høye hastigheter. Dette har ført til utviklingen av
30 elektronisk styrte, mekaniske drevne, deformerbare eller
bøybare speil og tilbakekoblingssløyfer eller servosystemer i
store lasersystemer. Slik det lett vil fremgå, gjør dette en
laser eller lasersystem mer komplisert, kostbar og utsatt for
innrettingsfeil enn ønskelig. Denne løsning har også
35 driftsrespons (hastighet) begrensninger som ganske enkelt
ikke kan passe til transientvirkningstakten for adekvat å
kompensere for et utvalg av anvendelser. Intet mekanisk

system har oppnådd det ønskede kompenseringsnivået for avanserte, nesten diffraksjonsbegrensede lasere.

I tillegg krever, eller ønsker mange anvendelser effektiv drift endog under den initielle oppvarmings eller oppstartings-driftsfasen. Endog de tidligere foreslåtte omstendelige systemer for mekanisk, termisk linseoperasjon-kompensering har ikke klart å oppnå god ytelse, i form av virkningsgrad under transiente oppvarmningsbetingelser. Diffraksjonsbegrenset ydelse er blitt demonstrert kun i laboratorielasere under forhold med stabil tilstand.

Et alternativt forslag til aberrasjonskompensering i lasere er bruken av fasekonjugerende reflektorer. Her blir laser-energi fra et forsterkningsmedium reflektert av en fasekonjugert reflektor, som erstatter et konvensjonelt laser-speil, og føres så tilbake gjennom forsterkningsmediet inn i en dobbeltgangskonfigurasjon.

Den fasekonjugerte reflektoren frembringer reflektert stråling hvis bølgefronter oppfører seg som en tidsomsnudd versjon av de innfallende bølgefronter. Dette tillater strålingen å retraversere den samme optiske banen, innbefattende eventuelle aberrasjoner, i motsatt retning og således bli en ikke-forvrenget bølgefront. Dette er omtalt nærmere i "Optical Phase conjugation" av V.V. Shkunov og B.Y. Zel'dovich i SCIENTIFIC AMERICAN 253 NR. 6, 54 (desember 1985). I denne løsning ville fasekonjugering blitt anvendt for passivt å kompensere for kort og langvarig transient respons eller oppførsel, samt å kompensere for stabile tilstandsoptiske forvrengninger. Imidlertid er de foreslåtte fasekonjugeringsplaner eller utførelsesformer som er beskrevet i litteraturen enten ikke blitt demonstrert, krever relativt store mengder av oscillatoreffekt og er følgelig relativt ineffektive, eller retter seg ikke mot begrensninger hva angår energiekstrahering som pålegges ved forsterket spontan emisjon i det forsterkende medium.

Den grunnleggende forutsetning for oscillator/forsterker-løsningen er følgende. Oscillatorer med utmerket stråle-kvalitet og transientytelse kan lages på lav effekt. Når oscillatorer graderes til høyere effekt, blir termiske problemer i laseroperasjonsmediet progressivt mer alvorlig, 5 hvilket gjør det progressivt mer vanskelig samtidig å oppnå god oscillator-kvalitet, transientydelse og virkningsgrad. De samme problemer oppstår med forsterkere. Med forsterkere kan imidlertid disse problemer lett overvinnes ved bruk av fasekonjugering eller andre teknikker. I en oscillator/-forsterker er det derfor ønskelig å redusere andelen av den 10 totale utgangs- og inngangsenergi i oscillatoren.

Laseroscillator/-forsterkere som anvender fasekonjugering er blitt beskrevet i den sovjetiske litteratur i artikler slik 15 som "Cancellation of Phase Distortions in an Amplifying Medium with a Brillouin Mirror", O.Y. Nosach, et al, ZhETF PIS.RED., Vol. 16, No. 11, sidene 617-621 (5 desember 1972) og "Connection between the Wave Fronts of the Reflected and 20 Exciting Light in Stimulated Mandel'Shtam-Brillouin Scattering," B.Y. Zel'dovich, et al, ZhETF PIS. RED., Vol. 15, No. 3, sidene 160-164 (5. februar 1972). Selvom pulsed systemer som opererer med høye energier er blitt beskrevet, har de som opererer på en høy repetisjonstakt hatt lav 25 forsterkning og energi.

Ytterligere lasere eller lasersystemer er vist i US patentene nr. 4.321.550 tilhørende Evtovhov, og 4.233.571 tilhørende Wang et al. Disse patenter dekker lasere hvis utmatning 30 oppnås etter enkelt eller flergangs laserstråling gjennom et forsterkningsmedium. Energi ekstraheres ut av forsterkningsmediene på én rundgang. Mens disse lasere synes å gi aberrasjonskompensering og forbedret bølgefrontutmatning, krever de relativt store mengder av oscillatorenergi for å drive, ettersom mediet ikke effektivt drives til metning. 35 Dessuten tillater disse konstruksjoner ikke et bredt område av optiske forvrengninger i laseroperasjonsmediet, og derfor er

transient ytelse ikke god og/eller ytelse er begrenset til et smalt effektområde.

Hva som behøves er således en løsning for å mette nevnte laserforsterkningsmedia, og således oppnå høy ekstraksjons-
5 virkningsgrad mens kravene til oscillatorytelse reduseres. Dette krever at forsterkeren har høy forsterkning. Ettersom forsterkningen er begrenset av forsterket spontan emmisjon, behøves imidlertid også løsninger for å redusere denne
10 virkning. Samtidig behøves løsninger for å forbedre den optiske planlegging, slik at fasekonjugering kan gjøres effektiv over et bredt område av optiske forvrengninger, som tillater operasjon under transienter og over et bredt effektområde.

15 En hensikt med oppfinnelsen er å tillate den maksimale ekstraksjon av energi fra forsterkningsmediet under anvendelse av fasekonjugering.

20 En andre hensikt med oppfinnelsen er å forbedre området for utgangseffekter og transient respons for fasekonjugert laser.

En tredje hensikt er å øke den totale virkningsgrad for oscillator/forsterkerkonfigurasjonen ved å maksimalisere
25 forholdet mellom forsterker og oscillatorenergi.

En fjerde hensikt er å øke mengden av effektutmatning.

En femte hensikt med oppfinnelsen er å maksimalisere nøyaktig-
30 tigten av fasekonfigeringen ved en optisk konstruksjon som minimaliserer tapet av faseinformasjon langs den optiske banen.

Laseranordningen kjennetegnes, ifølge oppfinnelsen, ved at
35 hovedoscillatoren omfatter en oscillator som har meget lav energi, og at forsinkelsemiddel er anbragt mellom nevnte forsterkertrinns forsterkningselement og nevnte fasekonjuger-

ingsmiddel for å sikre at strålingspulser som er koblet langs
nevnte optiske bane fra nevnte hovedoscillator traverserer og
i alt vesentlig kommer ut fra nevnte laseroperasjonsmediums
forsterkningsselement, mot nevnte fasekonjugeringsmiddel, før
5 noen reflektert stråling fra nevnte fasekonjugeringsmiddel
går inn i nevnte forsterkningsselement.

Ifølge en utførelsesform av laseranordningen omfatter nevnte
forsinkelsesmiddel omfatter en optisk baneseparasjonslengde
10 mellom nevnte forsterkningsselement og nevnte fasekonjugerte
reflektor hvis lengde er lik eller større enn en distanse D
som defineres av forholdet

$$D = 1/2(\tau)cn,$$

der τ er den temporære varighet av strålingspulser som
injiseres fra nevnte hovedoscillator, c er lyshastigheten, og
15 n er brytningsindeksen for mediet som traverseres.

Videre er det fordelaktig at nevnte koblingsmiddel har en
polarisasjonsavhengig transmittans for stråling fra nevnte
20 hovedoscillator langs nevnte optiske bane, og dessuten
innbefatter polarisasjonsroterende middel for å dreie
polarisasjonen av stråling som traverserer på ny nevnte
forsterkningsselement og går ut langs nevnte optiske bane mot
nevnte koblingsmiddel. Dette oppnås nærmere bestemt ved at
25 nevnte koblingsmiddel omfatter et høykvalitets optisk, flatt
stykke som er anbragt i Brewster's vinkel m.h.t. den optiske
bane for utmatningen fra nevnte hovedoscillator, og at nevnte
polarisasjonsrotasjonsmiddel omfatter en polarisasjons-
rotator, kvartbølgeplate eller frekvensdobler hosliggende
30 nevnte flatstykke. Denne løsningen tilveiebringer isolasjon
mellom oscillatoren og forsterkeren.

Ifølge et annet aspekt ved oppfinnelsen omfatter laseranord-
ningen bildedannende middel som er anbragt langs den optiske
35 bane mellom nevnte fasekonjugeringsmiddel og nevnte for-
sterkningsselement for derved å tilveiebringe maksimum
overføring av faseinformasjon fra det laseropererende medium

i nevnte forsterkningsselement til nevnte fasekonjugerte reflektor og tilbake. Dette øker nøyaktigheten av konjugering, virkningsgraden av forsterkningen og metningen, og området av effekter over hvilket anordningen kan operere.

5 Det er dessuten fordelaktig å la laseranordningen omfatte aberrasjonsmiddel som er anbragt langs nevnte optiske bane mellom nevnte bildedanningsmiddel og nevnte koblingsmiddel for å forvrengte strålingen på en forutbestemt måte for i
10 tilstrekkelig grad å minske intensiteten av strålingen ved fokus for å hindre sammenbrudd.

Ifølge en ytterligere utførelsesform kan laseranordningen omfatte optisk isolasjonsmiddel, f.eks. en plasmalukker,
15 anbragt mellom nevnte hovedoscillator og nevnte koblingsmiddel for ytterligere å hindre laserstråling over en forutbestemt energitetthet fra å gå inn igjen i nevnte hovedoscillator fra nevnte forsterkertrinn.

20 I tillegg kan laseranordningen omfatte minst et andre laseropererende mediums forsterkningsselement anbragt langs nevnte optiske bane mellom nevnte koblingsmiddel og nevnte fasekonjugeringsmiddel. Videre er det en fordel å la bildedannende middel være anbragt langs en optisk bane mellom
25 nevnte forsterkningsselement og nevnte andre forsterkningsselement for å gi maksimum overføring av faseinformasjon fra et forsterkningsselement til det andre forsterkningsselementet og tilbake.

30 I tillegg kan laseranordningen innbefatte et teleskoperende linsesystem som er anbragt mellom nevnte forsterkningsselement og nevnte andre forsterkningsselement.

Ifølge en annen utførelsesform av laseranordningen kan den
35 dessuten omfatte fokusmiddel for å fokusere laserstråling inn i nevnte fasekonjugerte middel som er anbragt langs

nevnte optiske bane mellom nevnte forsterkningsselement og nevnte fasekonjugeringsmiddel.

5 Ifølge en ennå ytterligere utførelsesform kan nevnte fasekonjugeringsmiddel omfatte et stimulert Brillouin spredningsmedium som opererer på en forutbestemt, ønsket bølgelengde. Dette spredningsmedium kan f.eks. omfatte en bølgeleder eller en omhylling som inneholder et trykksatt gassmedium valgt fra gruppen av metan eller tetrafluormetan.

10 De nye trekkene ifølge den foreliggende oppfinnelse kan bedre forstås fra den medfølgende beskrivelse sett i sammenheng med de vedlagte tegninger hvor like henvisningstall refererer til like deler og hvor:

15 Fig. 1 illustrerer et skjematisk riss av en laseranordning med høy ekstraksjonsvirkningsgrad, i henhold til prinsippene ifølge den foreliggende oppfinnelse,

20 Fig. 2 illustrerer et skjematisk riss av en laser med høy ekstraksjonsvirkningsgrad i henhold til den foreliggende oppfinnelse, som anvender flere forsterkningsselementer og det viktige prinsippet med bildedannelse, og

25 Fig. 3 illustrerer en alternativ utførelsesform av den fasekonjugerende reflektoren.

30 Den foreliggende oppfinnelse omfatter en laseranordning som anvender en grunnleggende hovedoscillator effektforsterker (MOPA) konfigurasjon som har koblingsmiddel mellom hovedoscillator og forsterkertrinnene samt et forsinkelsemiddel anbragt mellom forsterkertrinnet og en fasekonjugert refleksor for dobbeltgangsrefleksjon. Denne konfigurasjon har fordelen med økt ekstraksjonsvirkningsgrad fra nevnte laserforsterkningsmedia og høy effektutgang.

35

Prinsippene ifølge oppfinnelsen er ytterligere illustrert i fig. 1 hvor en laser 10 har en hovedoscillator 12 som gir pulser av stråling til å pumpe et enkelt laserforsterk-
ningselement 14. I utførelsesformen i fig. 1 er hoved-
5 oscillatoren fortrinnsvis en gassoscillator og er relativt konvensjonell i konstruksjon. Laseroscillatoren kan omfatte en av flere kjente lasere eller lasertyper og anvende gass, farvestoff eller faststofflasermedia. Laseroscillatoren i den vanlige utførelsesform tilveiebringer en meget høy-
10 kvalitets-utgangsstråle, dvs. enkel radiell og aksiell modusytelse. Imidlertid kunne oscillatorens utmatning konstrueres til å ha en hvilken som helst fasefront som er ønskelig eller nødvendig for laseren 10. Utmatningen fra laseren 10 vil duplisere denne oscillatorfasefronten. MOPA
15 konfigurasjonen i forbindelse med andre elementer som er beskrevet nedenfor øker energiekstraksjonen fra forsterk-
ningselement 14 og tillater derfor oscillatoren 12 å operere på meget lav energi av størrelsesorden noen få millijoule. Dette avviker fra tidligere laserkonstruksjoner og forbedrer
20 ytterligere lettheten med konstruering av en oscillator 12 som har en utmatning av meget høy kvalitet. Dette følger fra det faktum at ved lavere energier og effekter, er moduskvali-
tet, divergens og spektralutvidelse lettere å kontrollere.

25 Typisk opererer oscillatoren 12 på kun 1 til 2 % av forsterkerens 14 energinivå. En ytterligere fordel ved denne konstruksjon er at oscillator-operasjon lettere kan bevirkes til å ha god ytelse under transiente forhold uten vesentlig å påvirke total laservirkningsgrad.

30 Utmatningen fra oscillatoren 12 kobles inn i forsterknings-
elementet 14 under anvendelse av koblingsmiddel 16. Kob-
lingsmiddel 16 omfatter et optisk element som er i stand til
å overføre en forut bestemt prosentandel ved oscillatorens
35 utmatning, men ikke all, til den optiske banen som fører til
forsterkningselement 14 uten, i forbindelse med element 24, å tillate retur. Den foretrukne utførelsesform ifølge fig. 1

anvender en Brewster-plate som koblingsmiddel. Koblingsmidlet 16 kan også bestå av andre elementer som er kjent innenfor teknikken, inklusive, men ikke begrenset til, en polarisator, belagte optiske flate stykker, eller attenuatorer. Koblingsmiddelet 16 er også identifisert her som Brewster-plate 16.

Brewster-platen tjener flere formål. Den definerer et plan forbi hvilke bølgefrontaberrasjoner korrigeres ved fasekonjugering. Alle optiske komponenter som er plassert i det optiske tog etter Brewster-platen får sine aberrasjoner korrigert. Mere viktig tjener den også til å hjelpe med å isolere oscillatoren og forsterkeren fra hverandre. Brewster-platen vil, i henhold til grunnleggende prinsipper for optisk fysikk, reflektere, avhengig av glasstypen som anvendes, ca. 15% av oscillatorens 12 utmatning inn i forsterkningselementet 14. Dette skjer ved den automatiske separasjon av innfallende oscillator 12 utmatning til to polarisasjonsmodi, p og s polarisasjon. Ettersom det vanligvis innrettes at hele oscillatorutmatningen er p polarisasjon, vil kun 15% av oscillatorutmatning gå inn i forsterkertrinnet. Omvendt vil kun 15% av enhver forsterket spontan emisjon som har p-polariseringen gå inn i oscillator 12 fra forsterkningselementet 14. Dette omtrentlige 16 dB induserte tap tilveiebringer isolasjon som effektivt hindrer forsterket spontan emisjon fra å opptre som et resultat av flere passeringer gjennom nevnte forsterkningsmedia og/eller oscillatoren. Hvis dette ikke er tilstrekkelig, kan ytterligere tap innføres enten ved å anvende alternativt glass i Brewster-platen, attenuatorene eller annet middel.

Ovenstående avsnitt retter seg mot viktigheten av isolering av oscillatoren fra forsterkeren før oscillatorpulsene er blitt sendt, men mens forsterkerelementene har høyforsterkning. Det er også viktig å isolere eller skjerme oscillatoren fra å bli truffet av høy energi fra forsterkeren etter at oscillatorpulsene har opptrådt. Kombinasjonen av en

polariserende Brewster-plate og et polariserende endrings-
element anbragt på stedet før elementene 22 eller 24 gjør
dette. Hvis enten det ene eller andre polariseringsendrende
element (begge vil ikke bli anvendt samtidig) er en kvart-
bølgeplate eller en 45° Faraday-roterer, er kombinasjonen
5 velkjent innenfor teknikken. I dette tilfellet er en
Brewster-plate særlig effektiv på grunn av dens ekstremt
lille forhold mellom "s"-polarisasjons refleksjon og
transmisjon. Hvis element 24 er en frekvensdobler med høy
10 virkningsgrad som opererer i hva som er kjent for teknikken
som en 90 graders fasetilpasning, oppnås også effektiv
skjermning av oscillatoren.

I den foretrukne utførelsesform i fig. 1 er Brewster-platen
15 16 et ubelagt optisk flatt stykke, slik at dens skadeterskel
er høy. Andre optiske elementer, slik som, men ikke begren-
set til, strålesplittere som har flerlags dielektriske belegg
kunne anvendes for kobleren 16. Imidlertid har de dielek-
triske beleggene følgelig lavere skadeterskler. I det
20 tilfellet kunne laseren 10 ikke opereres i så enkel og
effektiv konfigurasjon som beskrevet her på grunn av at de
høye innflytelsesnivåene som er gunstige for god forsterker-
energiekstraksjon ikke kunne anvendes uten skade. Bruken av
en ubelagt Brewster-plate gjør forsterkningsselementet til det
25 optiske element som begrenser den tillatelige laserstrål-
ningsinnflytelse.

Forsterkningsselementet 14 forsterker strålingen som injiseres
av kobleren 16 når den traverserer forsterkningsselement 14 og
30 går ut langs en optiske bane til en reflektor 20. Reflek-
toren 20 er en fasekonjugert reflektor som kan omfatte flere
kjente fasekonjugeringsmaterialer eller elementer. For den
foretrukne utførelsesform og den høyeste virkningsgrad-
utmatning, er imidlertid visse fasekonjugeringsmåter ikke
35 velegnet for denne anvendelse. Et fire-bølge-blandings-
element, som et eksempel, krever typisk ytterligere pumpings-
stråler eller optikk som nødvendiggjør ennu mer effekt og

derfor lavere energiforhold mellom utmatning og innmatning samt økt kompleksitet. En annen komplikasjon er det faktum at fire-bølgeblandere også utfører konjugering på vesentlig hvilken som helst innfallende strålingsenergi. Ettersom en
5 viss lavenergi, stimulert emisjon alltid er tilstede, vil den bli reflektert og forsterket, hvilket er et uønsket resultat.

Derfor omfatter den foretrukne fasekonjugerte reflektoren 20 et medium av stimulert spredningstype. Stimulert Brillouin-spredning (SBS) reflektorer induserer en liten bølgelengdeforskyvning som lett kan tolereres av linjebredden i forsterknings-elementet som anvendes i den foretrukne utførelsesform. Dessuten kan stimulerter Raman-sprednings (SRS) reflektorer anvendes.

15 En annen meget viktig fordel med en stimulert spredning fasekonjugert reflektor er nærværet av en terskeeffekt. Denne terskeeffekt betyr at fasekonjugering ikke starter å opptre før en minimumsintensitet er tilstede i det medium som
20 omfatter den fasekonjugerte reflektoren 20. I den foretrukne utførelsesform er fasekonjugereren derfor med vilje konstruert til å ha sin terskel høyere enn enhver forventet forsterket spontan emisjon, men tilstrekkelig lavere enn den forsterkede oscillatorpuls til at effektiv refleksjon
25 skjer.

Terskeeffekten betyr at forsterket, spontan emisjonstråling fra forsterknings-elementet 14 ikke vil bli reflektert eller fasekonjugert ettersom den hadde en meget lav intensitet. Denne isolasjon tilveiebringes av en SBS-reflektor på en
30 passiv og enkel måte. Slik isolasjon vil være meget vanskelig å oppnå ved hjelp av konvensjonelt middel. Driften av laseren 10 med et ordinært speil og uten kompliserte isolasjonsanordninger av en eller annen type ville ikke være
35 mulig fordi selv-oscillasjon hos forsterknings-elementet, som pumpes til en meget høy forsterkning, med visshet vil opptre. Denne oscillasjon kan ikke opptre med SBS-speilet fordi det

kan konstrueres til å ha i alt vesentlig null refleksjonsevne for lavnivå-spontanemisjonen hos forsterkningselementet.

5 Plasseringen av den fasekonjugerte reflektoren 20 er også kritisk for funksjonen ifølge den foreliggende oppfinnelse. Tidligere foreslåtte lasere som anvender en fasekonjugert reflektor erkjente ikke betydningen av dette. Derfor var det implisitt tenkt ønskelig å ha den fasekonjugerte reflektoren nær mediet av hensyn til konstruksjon, minsket
10 stråledivergens eller andre årsaker. Dette er imidlertid ikke tilfellet. Transittiden for stråling som reflekteres fra reflektoren 20 er en viktig faktor som bidrar til laserens 10 virkningsgrad.

15 Oscillatoren 12 injiserer en strålningspuls langs den optiske banen gjennom forsterkningselementet 14 til reflektoren 20. Denne puls har en viss bestemt varighet, typisk pulser av størrelsesorden 10 til 30 nanosekunder som tilsvarer en fysisk lengde av 10 til 30 fot (3,05 m til 9,15 m)
20 (basert på omtrentlig 1 fot/nanosekund (0,305 m/nanosekund)). Samtidig er forsterkningselementet vanligvis noen få tommer av lengde. Selv om forsterkningselementet var flere fot langt, er det klart at oscillatorpulsene ville bevege seg gjennom forsterkeren en del av gangen.

25 Når dette er tilfellet, hvis reflektoren 20 er for nær forsterkningselementet 14, vil pulsfronten starte med å bli reflektert fra reflektoren 20 før hele pulsen er gått klar av forsterkningselementet 14. Det som derfor skjer med
30 tidligere løsninger på fasekonjugering og særlig flerpas-serings-forsterkning generelt, er at noe av pulsen returnerer til forsterkningselementet før hele pulsen har gått gjennom den første passering. Dette betyr, at mens noe av den initielt injiserte pulsen fortsatt forsterkes, tar noe av den
35 returnerte pulsen allerede energi ut av det pumpede forsterkningsmedium.

I form av detaljerte laserforsterkningsprosesser, blir en puls som traverserer et forsterkende medium forsterket ved å skape emisjon fra energetisk pumpede atomer eller molekyler som er tilstede. For en liten energimengde i pulsen er forsterkningen høy, dvs. eksempelvis et forhold av 100 til 1. Den samme prosess opptrer for den reflekterte pulsen med en hovedforskjell. Den returnerende pulsenergien er allerede høy (forsterket) slik at forsterkningen er mettet og forholdet derfor lavere, f.eks. 10 til 1.

Forsterkning er generelt proporsjonal med den lagrede energi i en forsterkers forsterkningselement. Laseren 10 er konstruert på en slik måte at maksimal ekstraksjon av den lagrede energi skjer ved den lille eller andre passering av stråling gjennom forsterkningselementet 14. Under anvendelse av teknikker som er kjent innenfor teknikken med laserkontruksjon, blir forsterkningselement-karakteristika og oscillatorenergi justert slik at første passerings forsterkning er høy og forsterkningselementmediet mettes ved returpuls, hvilket resulterer i meget høy energi og effektiv ekstraksjon fra forsterkningselementmediet. Det er ikke mulig å ha høy forsterkning i et forsterkerelement med mindre det er godt isolert.

Hvis den første strålingssgang skjer samtidig med den andre, erfarer de senere deler av de inngående pulser meget liten forsterkning på grunn av at en vesentlig andel av den lagrede energi, og derfor forsterkning, allerede er blitt fjernet. I dette tilfellet vil ikke hele den initielle puls bli forsterket, hvilket resulterer i at den reflekterte puls ikke har tilstrekkelig energi til å sikre metning på returgangen. For å uttrykke det på en annen måte, selvom noe av den initielle puls forsøker å oppnå energi, vil returpuls på en høyere energi allerede utarme mediet. Den siste delen av den inngående puls fra oscillatoren 12 vil ikke bli adekvat forsterket på grunn av denne utarming. Som et resultat, når reflektert fra den fasekonjugerte reflektoren 20, ville den

siste delen av pulsen heller ikke mette forsterkermediet ved retur, hvilket resulterer i mindre optimal utmatning. Tidligere var en foreslått løsning på dette problem å anvende en oscillator med høyere energi for å tilveiebringe pulser
5 initielt med tilstrekkelig energi til å utføre total ekstraksjon på den siste passeringen. Dette skaper andre problemer. Først behøves en høykvalitetsoscillator med høyere energi og effekt, og derfor vanskeligere og ineffektiv å realisere. Deretter må Brewster-platen 16 og reflektoren 20 være i stand
10 til effektivt å reflektere høyere energimengder; tap i den ene eller den andre har en større effekt på laservirkningsgraden. For det tredje opptrer større forvrengning av den temporære konstruksjonen av pulsen.

15 Laseren 10 løser disse problemer ved å anvende en optisk forsinkelse mellom fasekonjugert reflektor 20 og forsterkningsselement 14 for å sikre at hele den initielle pulsen har traversert mediet før returnering. Bruken av forsinkelsesbanen fjerner energiekstraksjons-vanskeligheten i konfigurasjoner uten forsinkelse. Maksimalt mulig forsterkning oppnås
20 under den første strålingspassering på grunn av at forsterkningsselementet 14 har høy, ikke-utarmet, lagret energi på denne passeringen. Høy ekstraksjon oppnås så på den andre på grunn av at forsterkningen blir minimalt utarmet og oscillatorenergien ble valgt slik at den første passering forsterket
25 den over metningsinnflytelsen for forsterkeren.

Den optiske forsinkelse realiseres i den foretrukne utførelsesform i fig.1 som en optisk bane 26 hvis lengde D velges
30 til å være lik eller større enn distansen $1/2 \tau cn$, hvor c er lyshastigheten, som lys beveger seg under pulsvarighet τ for oscillatoren 12, og n er brytningsindeksen for mediet som traverseres. Pulsen fullfører således den første traversering av forsterkeren før den begynner på den andre. Dette
35 trekk tillater meget effektiv drift av forsterkeren med liten oscillatorenergi.

Den nå forsterkede puls som går ut av forsterkningsselementet 14 møter på ny koblingsmiddelet 16. Hvis polariseringen av pulsene dreies nær 90 grader fra inngangspolariseringen, passerer så pulsen ut av laseren 10. Minnes man selvfølgelig den tidligere omtale hva angår overføringen av 15% av energien ved refleksjon fra Brewster-platen, ville kun 15% av energien av ikke-polarisasjonsdreide pulser returnere mot oscillatoren 12.

For å oppnå den ønskede, høye prosentandel utmatning og lave prosentandelrefleksjon tilbake til oscillatoren 12, blir utmatningen fra forsterkningsselementet 14 lineært polarisert perpendikulært på innmatningen fra oscillatoren. Dette oppnås ved å anvende ett av flere midler som innbefatter å anvende en frekvensdobler, kvartbølgeplate, eller en 45° Faraday-roterer. Utførelsesformen som er vist i fig. 1 anvender en Faraday-roterer eller kvartbølgeplate som er plassert enten mellom forsterkningsselementet 14 og reflektoren 20 ved 22 eller mellom Brewster-platen 16 og forsterkningsselementet 14 ved stedet 24, eller en frekvensdobler ved stedet 24. Utmatningen kan således passere gjennom Brewster-platen uten tap. Bemerk at 22 og 24 kan representere forskjellige optiske elementer i forskjellige utførelsesformer.

Slik som beskrevet, behøves en komponent i forsterkerkjeden som endrer polarisering av strålen. Hvis et depolariseringskompenserende fasekonjugeringsspeil anvendes, vil et ikke-vekselvirkende element, slik som en Faraday-roterer eller frekvensdobler være nødvendig.

Selvom de fleste av de grunnleggende prinsipper ifølge den foreliggende oppfinnelse er vist i fig. 1 kan ytterligere elementer anvendes for å forbedre laserens 10 utmatning. Disse tilføyelser er vist i fig. 2 hvor en laser 100 er illustrert under anvendelse av den grunnleggende MOPA konfigurasjon. Elementer som har et tall lik det i fig. 1 er

de samme, således elementer 112, 114, 116 o.s.v. er ekvivalente i funksjon med 12, 14, 16 o.s.v. i fig. 1.

I fig. 2 tilveiebringer en hovedoscillator 112 pulser for pumping av laserforsterkningsselementer 114a og 114b. Flere forsterkningsselementer anvendes for å oppnå økt energi og/eller effektutmatning. I den viste utførelsesform anvendes to staver som er adskilt for derved å hindre forsterket spontan emisjon (ASE) mellom disse. Imidlertid kan enhver tverrgående geometri som er forenlig med ASE-betraktninger anvendes.

Når der anvendes flere forsterkningsselementer, styres aperturstørrelsen for hvert element slik at hvert suksessive element er mindre enn det foregående. På grunn av at den fasekonjugerte reflektoren har en bestemt refleksjonsevne, gjør virkningsgradbetraktninger det ønskelig å reflektere små energimengder fra den. Hvis flere forsterkere av gradert størrelse anvendes, vil den energi som går tapt til den fasekonjugerte reflektoren være liten. I en realisering av den foreliggende oppfinnelse ble omtrentlig 20 mJ tapt på denne måte: utmatning var 850mJ. Energimengden på reflektoren var omtrentlig 100 mJ.

Oscillatorens 112 inngangsdeler av laseren 100 har ytterligere elementer tilstede for økt beskyttelse av oscillatoren mot tilfeldig forsterkerutmatning. Når en frekvensdobler 124 innbefattes i laseren 100 hosliggende forsterkningsselementet 114, blir 15 prosent av den resterende ikke-doblede energi reflektert tilbake mot oscillatoren ved hjelp av Brewster-platen 116. Dette kunne skade oscillatoren. Dette kan også skje når noe annet enn frekvensdobleren anvendes, dersom vesentlig depolarisering er tilstede som tillater en stor prosentandel av utmatningen å ha den samme polarisasjon som innmatningen. For å hindre denne skade blir et positivt linseteleskop 130 anordnet som en plasmalukker i den optiske banen for oscillatorutmatningen. Teleskopet 130 omfatter

linseelementer som fokuserer strålingen til et smalt midt-parti eller punkt. Linsen velges slik at luftgnister vil opptre for et energinivå over det for oscillatorutmatningen med en faktor som tar i betraktning skadetoleranse av de relavante komponenter.

En Brewster-vinkel polariserende strålesplitter 118 tjener igjen til å rense polariseringen hos oscillatorens 112 utmatning som i fig. 1, og tjener også som en hensiktsmessig, bevegelsesufølsom fold, i forbindelse med Brewster-platen 116.

Hvis ytterligere beskyttelse eller isolasjon ønskes, kan en Brewster-vinkel eller annen passiv mettbare absorbererfargestoff Q-omveksler plasseres mellom hovedoscillatoren og forsterkerelementene og en fler-etalon anvendt for oscillatorutgangskobling. Dette hjelper også til med å beskytte oscillatoren mot tilfeldig forsterkerutmatning og å hindre isolasjon av oscillatoren og forsterker fra pre-laseroperasjon forut for Q-omvekslers åpning.

En enkel apertur som kan være apodisert eller ikke, eller endog bestå av stavenden, anvendes til å definere forsterkerstrålen nær feltpunktstørrelse. Det er viktig at kun én strålebegrensende apertur påtreffes av strålen.

Utførelsesformen i fig. 2 illustrerer dessuten en annen forbedring som tilveiebringes for virkningsgraden av laserdrift ved bruk av den foreliggende oppfinnelse. Anbragt på flere punkter langs den optiske banen av laseren 100 er en rekke av linser som anvendes som billedanningsselementer 128a, b, c og linser 132 som anvendes for ellers endrende stråleforplantning. Disse linser muliggjør forbedret drift av laseren 100 ved å overføre i alt vesentlig hele faseinformasjonen fra forsterkningselementene gjennom eller til hverandre og den fasekonjugerte reflektoren 118.

For å oppnå god fasekonjugeringsnøyaktighet må i alt vesentlig hele faseinformasjonen i strålen oppsamles av den fasekonjugerte reflektoren 120. Ettersom en stråle traverserer en lang optisk bane, opptrer diffraksjon, og faseinformasjonen som vedrører aberrasjoner som har mindre tverrgående målestokk enn hele strålen, spres i en divergerende vinkel som blir større i omvendt forhold til den tverrgående størrelsen av aberrasjonen. Hvis energien på disse større vinkler fjernes av aperturer ellers i den optiske banen før den når fasekonjugereren, vil den faseinformasjon som den bærer tapes og nøyaktigheten er tilsvarende dårligere. Optiske elementer som er andre enn bevisste aperturer kan i realiteten, selvom utilsiktet, ha denne virkning. Hvis eksempelvis, i fig. 2, ett av trekkene (linse 128) ifølge denne oppfinnelse ikke var innbefattet, ville den ytre diameteren av forsterkningselement 114b fjerne faseinformasjon som introduseres i strålen av forsterkningselement 114a. Element 128a er en linse som er plassert på en slik måte, kjent innenfor teknikken, at den danner bilde av apparaturen av element 114a inn i den for 114b. Den tverrgående størrelse av element 128a velges ved konstruksjon til å være slik at tilstrekkelig av den divergerende faseinformasjon oppsamles til å gi den ønskede nøyaktighet.

Denne bildedanningsteknikk er ikke tidligere blitt anvendt for laseroscillator/forsterkere, med eller uten fasekonjugering. En grunn til dette er at bildedannelsen resulterer i at strålen fokuseres på et eller annet punkt mellom hva som er kjent innenfor teknikken som objektet og bildeplanene. Dette er et problem i høyeffektlasere på grunn av at luftsammenbrudd eller materialskade nær fokus opptrer så fremt ikke fokus er i et evakuert kammer. I den foreliggende oppfinnelse blir dette problem imidlertid styrt på to måter. For det første blir ytterligere linser 132 i bildeplanene anvendt til å posisjonere fokusene vekk fra optikken. Dernest blir en aberrator 136 som med vilje forvrenger fasefronten av strålen på en styrt måte plassert i eller nær

ett av bildeplanene. Dette resulterer i at fokusene ikke er tilstrekkelig intense til å bevirke luft eller gass-sammenbrudd. Den andre teknikken virker kun dersom reflektoren 120 er fasekonjugerende. Bildedanningsteknikken kan anvendes på samtlige optiske forsterkere.

På grunn av at distansen mellom forsterkningselementene 114a, 114b og den fasekonjugerende reflektoren 120 kan være stor, anvendes ytterligere formidlende bildedannelselinser 128b og 128c, i utførelsesformen ifølge fig. 2. Foldingsreflektorer 134 kan omfatte prizmer eller konvensjonelle speilelementer som er egnet for intensiteten, energitetteten og bølgelengden som er av interesse. Bruken av foldings-elementer 134 tillater en lang optisk forsinkelsesbane 126 å bli etablert i et kort laserapparat.

Den fasekonjugerte reflektoren 120 er igjen fortrinnsvis en reflektor av Stimulert Brillouin Sprednings (SBS) typen. En eksempelvis SBS reflektor ville være metan eller tetrafluormetan i en trykksatt gasscelle som har et optisk klart inngangsvindu. Den foreliggende oppfinnelse er imidlertid ikke begrenset til disse media, eller til SBS prosessen. Andre ulineære optiske prosesser og andre former av media, slik som væsker, faststoffkrystaller, glass og plasmaer kan anvendes, slik det vil forstås av fagfolk på området av fasekonjugering.

Andre geometrier for den fasekonjugerte reflektoren kan med fordel anvendes. En utførelsesform er kort vist i fig. 3. Her er element 222 en aberrator 222 som ville bli plassert i bildeplanet for en linse 128c på den samme måte som aberratoren 122. Linsen 232 plasseres slik at der frembringes et forminsket bilde av aberrator 222 i inngangsflaten for en lysleder 220 som danner det ulineære optiske medium som frembringer fasekonjugering. Lyslederen kan være et fast optisk fiber eller et rør fylt med tilsvarende gass eller flytende media som de som er angitt ovenfor. Fordelen med

denne geometri er at i alt vesentlig all faseinformasjon samles av den fasekonjugerte reflektoren 220, hvilket betyr at den opprettholder nesten perfekt fast fasekonjugering. Dette i sin tur forbedrer bølgefronten i forsterkningsselementene og derfor overføringen av energi og virkningsgraden for laseren 100.

Den fasekonjugerte reflektoren for utførelsesformen som er beskrevet består av en celle som er 15,24 cm lang (6 tommer) fylt med trykksatt metan eller tetrafluormetan inn i hvilken strålen blir fokusert med anvendelse av en linse med fokallengde 100 mm. Fasekonjugering ble oppnådd ved bakover SBS. Terskel for anordningen som er beskrevet opptrådte ved ca. 10mJ.

Et optisk skjematisk riss er vist i Fig. 2 av en anordning hvor 850mJ av i alt vesentlig diffraksjonsbegrenset utgangsenergi, med 10 pulser per sekund, er blitt demonstrert med bruken av 2 Nd:YAG staver som er 7,62 cm lange (3 tommer) (en med diameter lik 0,635 cm (1/4 tomme) og den andre 0,794 cm (5/16 tomme)) som forsterkertrinn og en oscillator som har en 12mJ utmatning.

P a t e n t k r a v

1.

Laseranordning som anvender en hovedoscillator, effektfor-
sterkerkonfigurasjon, der en hovedoscillator tilveiebringer
5 en strålingskilde som injiseres inn i et forsterkende trinn
hvor den forsterkes til å gi laserutgangsstråling med høyere
effekt, omfattende

en hovedoscillator (12) som dessuten omfatter en laser-
10 oscillator med lavenergi, høy fasefrontkvalitet, og høy
spektralrenhet,

et forsterkertrinn som omfatter minst et forsterknings-
element (14) for laseroperasjonsmedium, anbragt langs en
optisk bane langs hvilken utgangsstråling fra nevnte
15 hovedoscillator rettes,

koblingsmiddel (16) for selektivt å koble en forutbestemt
prosentandel av utgangsstrålingen fra nevnte hovedoscillator
langs nevnte optiske bane og inn i nevnte forsterknings-
element mens det hindres at samtlig, unntatt en forutbestemt
20 prosentandel av enhver forsterket stråling som går ut av
nevnte forsterkertrinn går inn igjen i nevnte hovedoscilla-
tor,

fasekonjugeringsmiddel (20) som også er anbragt langs
nevnte optiske bane på den motsatte side av nevnte for-
sterkningselement som nevnte koblingsmiddel, for å reflektere
25 den fasekonjugerte av laserstråling som er innfallende på
dette, k a r a k t e r i s e r t v e d

at hovedoscillatoren omfatter en oscillator som har meget
lav energi, og

30 at forsinkelsemiddel er anbragt mellom nevnte
forsterkertrinns forsterkningselement og nevnte fasekon-
jugeringsmiddel for å sikre at strålingspulser som er koblet
langs nevnte optiske bane fra nevnte hovedoscillator
traverserer og i alt vesentlig kommer ut fra nevnte laser-
operasjonsmediums forsterkningselement, mot nevnte fasekon-
35 jugeringsmiddel, før noen reflektert stråling fra nevnte
fasekonjugeringsmiddel går inn i nevnte forsterkningselement.

2.

Laseranordning som angitt i krav 1, k a r a k t e r i s e r t
v e d at nevnte forsinkelsesmiddel omfatter en optisk
baneseparasjonslengde mellom nevnte forsterkningsselement og
nevnte fasekonjugerte reflektor hvis lengde er lik eller
5 større enn en distanse D som defineres av forholdet

$$D = 1/2(\tau)cn,$$

der τ er den temporære varighet av strålingspulser som
injiseres fra nevnte hovedoscillator, c er lyshastigheten, og
10 n er brytningsindeksen for mediet som traverseres.

3.

Laseranordning som angitt i krav 1, k a r a k t e r i s e r t
v e d at nevnte koblingsmiddel har en polarisasjonsavhengig
15 transmittans for stråling fra nevnte hovedoscillator langs
nevnte optiske bane, og dessuten innbefatter polarisasjons-
roterende middel for å dreie polarisasjonen av stråling som
traverserer på ny nevnte forsterkningsselement og går ut langs
nevnte optiske bane mot nevnte koblingsmiddel.

4.

Laseranordning som angitt i krav 3, k a r a k t e r i -
s e r t v e d at nevnte koblingsmiddel omfatter et
høykvalitets optisk, flatt stykke som er anbragt i Brewster's
25 vinkel m.h.t. den optiske bane for utmatningen fra nevnte
hovedoscillator, og at nevnte polarisasjonsrotasjonsmiddel
omfatter en polarisasjonsrotator, kvartbølgeplate eller
frekvensdobler hosliggende nevnte flatstykke.

5.

Laseranordning som angitt i krav 1, k a r a k t e r i -
s e r t v e d dessuten å omfatte bildedannende middel som
er anbragt langs den optiske bane mellom nevnte fasekonju-
geringsmiddel og nevnte forsterkningsselement for derved å
35 tilveiebringe maksimum overføring av faseinformasjon fra det
laseropererende medium i nevnte forsterkningsselement til
nevnte fasekonjugerte reflektor og tilbake.

6.

Laseranordning som angitt i krav 5, k a r a k t e r i-
s e r t v e d dessuten å omfatte aberrasjonsmiddel som er
anbragt langs nevnte optiske bane mellom nevnte bilde-
5 danningsmiddel og nevnte koblingsmiddel for å forvreng
strålingen på en forutbestemt måte for i tilstrekkelig grad å
minske intensiteten av strålingen ved fokus for å hindre
sammenbrudd.

10 7.

Laseranordning som angitt i krav 1, k a r a k t e r i-
s e r t v e d dessuten å omfatte optisk isolasjonsmiddel
anbragt mellom nevnte hovedoscillator og nevnte koblings-
middel for ytterligere å hindre laserstråling over en
15 forutbestemt energitetthet fra å gå inn igjen i nevnte
hovedoscillator fra nevnte forsterkertrinn.

8.

Laseranordning som angitt i krav 7, k a r a k t e r i-
20 s e r t v e d at nevnte optiske isolasjonsmiddel omfatter
en plasmalukker.

9.

Laseranordning som angitt i krav 1, k a r a k t e r i-
25 s e r t v e d at dem dessuten å omfatte minst et andre
laseropererende mediums forsterkningselement anbragt langs
nevnte optiske bane mellom nevnte koblingsmiddel og nevnte
fasekonjugeringsmiddel.

30 10.

Laseranordning som angitt i krav 9, k a r a k t e r i-
s e r t v e d dessuten å omfatte bildedannende middel
som er anbragt langs en optisk bane mellom nevnte for-
sterkningselement og nevnte andre forsterkningselement for å
35 gi maksimum overføring av faseinformasjon fra et forsterk-
ningselement til det andre forsterkningselementet og tilbake.

11.

Laseranordning som angitt i krav 9, k a r a k t e r i-
s e r t v e d dessuten å innbefatte et teleskoperende
linsesystem som er anbragt mellom nevnte forsterkningsselement
og nevnte andre forsterkningsselement.

12.

Laseranordning som angitt i krav 1, k a r a k t e r i-
s e r t v e d dessuten å omfatte fokusmiddel for å
fokusere laserstråling inn i nevnte fasekonjugerte middel som
er anbragt langs nevnte optiske bane mellom nevnte for-
sterkningsselement og nevnte fasekonjugeringsmiddel.

13.

Laseranordning som angitt i krav 1, k a r a k t e r i s e r t
v e d at nevnte fasekonjugeringsmiddel omfatter et stimulert
Brillouin spredningsmedium som opererer på en forutbestemt,
ønsket bølgelengde.

14.

Laseranordning som angitt i krav 13, k a r a k t e r i-
s e r t v e d at nevnte stimulerede Brillouin spred-
ningsmedium omfatter en bølgeleder.

15.

Laseranordning som angitt i krav 13, k a r a k t e r i-
s e r t v e d at nevnte stimulerede Brillouin spredning
medium omfatter en omhylling som inneholder et trykksatt
gassmedium valgt fra gruppen av metan eller tetrafluormetan.

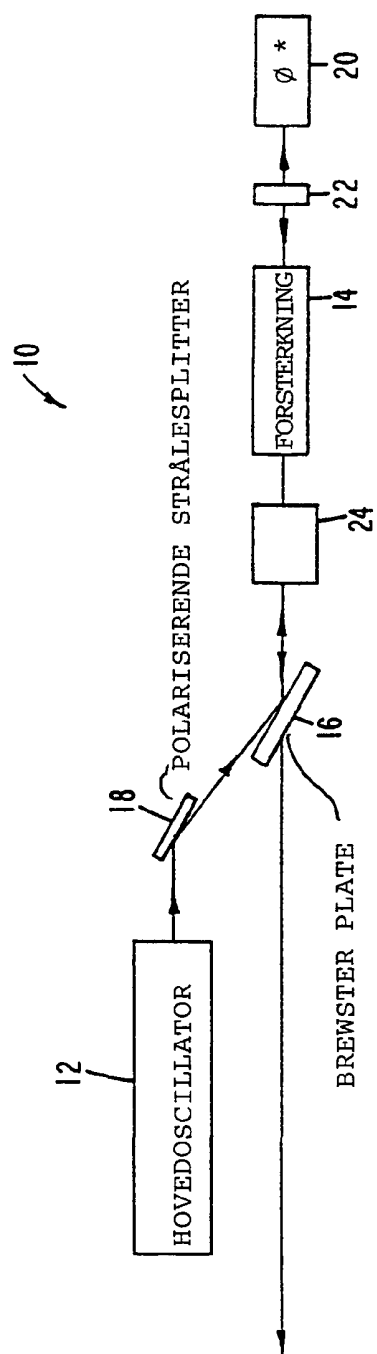


Fig. 1.

Fig. 2.

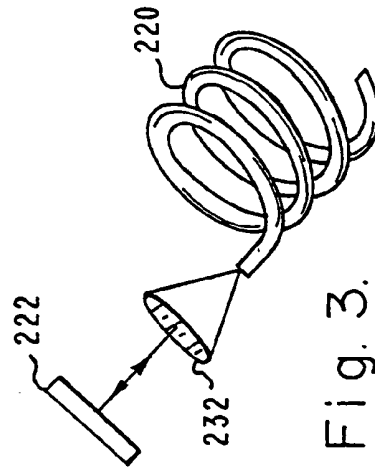
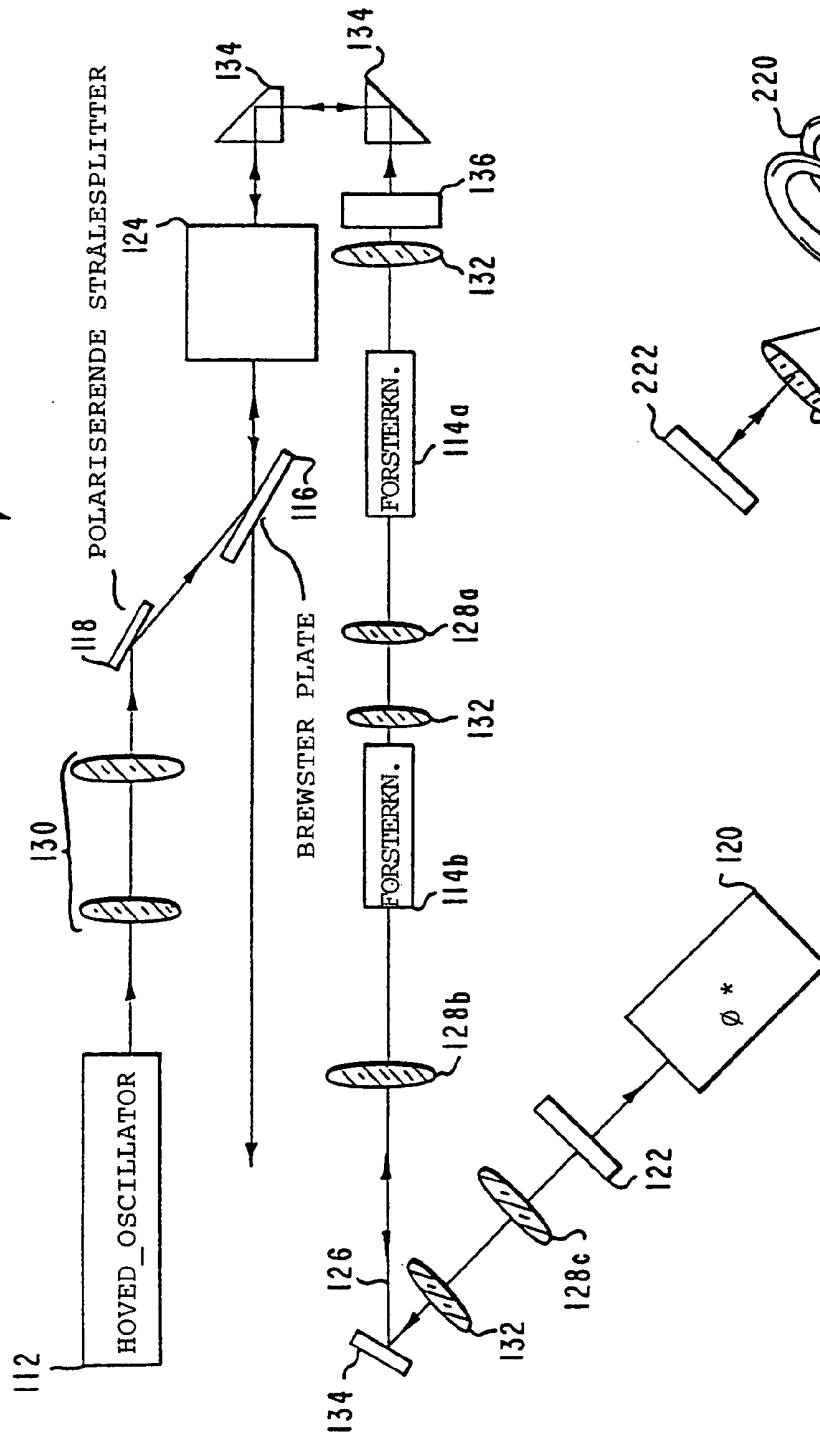


Fig. 3.