

UŽITNÝ VZOR

(11) Číslo dokumentu:

28 064

(13) Druh dokumentu: **U1**

(51) Int. Cl.:

H01S 3/067 (2006.01)

H01S 3/094 (2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2014-30429**

(22) Přihlášeno: **12.12.2014**

(47) Zapsáno: **09.04.2015**

(73) Majitel:
Ústav fotoniky a elektroniky AV ČR, v. v. i., Praha
8- Kobylice, CZ
SQS Vláknová optika, a.s., Nová Paka, CZ

(72) Původce:
Ing. Pavel Koška, Tábor, CZ
Ing. Pavel Peterka, Ph.D., Praha 5- Košíře, CZ
Ing. Michael Písařík, Jílové u Prahy, CZ

(74) Zástupce:
INVENTIA s.r.o., RNDr. Kateřina Hartvichová, Na
Bělidle 3, 150 00 Praha 5

(54) Název užitého vzoru:
**Přízpusobovací člen profilu pole signálové
větvě slučovaců signálu a čerpání, slučovač a
optické zařízení**

CZ 28064 U1

Přizpůsobovací člen profilu pole signálové větve slučovačů signálu a čerpání, slučovač a optické zařízení

Oblast techniky

Technické řešení se týká nového řešení přizpůsobení profilu elektromagnetického pole v signálové větvi slučovače signálu a čerpání do jádra dvouplášťového optického vlákna pro optická zařízení, tj. optické zesilovače a zdroje záření, zvláště pro výkonové vláknové lasery, širokopásmové zdroje, optické zesilovače, zařízení s čerpáním přes plášť.

Dosavadní stav techniky

Vláknové zesilovače a lasery jsou skupina zesilovačů a laserů, které jako aktivní médium využívají skleněná optická vlákna, zejména vlákna dopovaná prvky vzácných zemin. Pro svou variabilitu jsou vláknové zesilovače a lasery využitelné ve značně rozdílných aplikacích. Využívají se v aplikacích náročných na výkon jako řezání a sváření v průmyslu a lze je nalézt i v delikátních zařízeních vyvíjených pro dosud nejpřesnější měření frekvence a času. Rostoucí zájem je o vysokovýkonné vláknové lasery, neboť v řadě aplikací mohou potenciálně nahradit konvenční pevnolátkové lasery na bázi objemových prvků, např. krystalů dopovaných prvky vzácných zemin. Geometrické uspořádání vláknových zesilovačů a laserů poskytuje několik výhod oproti konvenčním pevnolátkovým, jako je inherentně vynikající kvalita výstupního svazku a dobrý odvod ztrátového tepla. Protože z jedné preformy optického vlákna lze připravit kilometry aktivního vlákna, vláknové zesilovače a lasery mají velký potenciál pro masovou a levnou výrobu.

Metoda čerpání přes plášť je vůdčí technologií v oblasti vysokovýkonných vláknových zesilovačů a laserů (E. Snitzer, H. Po. R. P. Tuminelli and F. Hakimi, „Optical fiber lasers and amplifiers“, patent US 48 15079; Robert Maurer, „Optical waveguide light source“, Patent US 3808549). Optické čerpání tohoto typu zesilovače nebo laseru je navazováno do oblasti mnohamódového vnitřního pláště dvouplášťového aktivního vlákna s relativně velkým průměrem a nikoliv jen do oblasti jednomódového jádra. Princip laseru s dvouplášťovým aktivním vláknem je naznačen na obr. 3. Jádro vlákna je dopováno ionty prvků vzácných zemin schopnými laserového zesílení. Vnitřní plášť má pak nižší index lomu než jádro, takže jádro slouží jako vlnovod pro signál. Jádro je většinou jednomódové. Vnitřní plášť je obklopen vnějším pláštěm, který je tvořen např. polysiloxanovým polymerem nebo akrylátem, příp. vzduchovou vrstvou. Vnější plášť je prostředí s nižším indexem lomu než má vnitřní plášť. Vnitřní plášť tedy slouží také jako vlnovod, a to pro šíření čerpání. Protože vnitřní plášť má relativně velkou plochu průřezu, je možné do něj účinně navázat z čerpacích diod vysoký optický výkon. Jak se čerpací záření šíří podél vlákna, stále znovu křížuje oblast dopovaného jádra a je v něm absorbováno na iontech vzácných zemin. Excitované ionty pak mohou formou stimulované emise předat svou energii zesilovanému signálu. Rezonátor laseru tvoří v případě zobrazeném na obr. 3 kolmo zalomená čela vlákna. Rozhraní křemenného skla a vzduchu tvoří zrcadlo s odrazivostí 3,5 %. Dvouplášťová vlákna jsou mimořádně účinné prvky pro konverzi výkonného záření polovodičových laserů s malým jasnem do výkonného záření s vysokým jasnem. Hlavní výhodou pláštěm čerpaných zesilovačů a laserů je proto především možnost použít vysoce výkonných mnohamódových čerpacích diod a z toho vyplývající nižší cena a vysoký výstupní výkon.

Pro využití dvouplášťových optických vláken ve vláknovém zesilovači nebo laseru je třeba vyřešit současné navázání čerpání do vnitřního mnohamódového pláště a signálu do jednomódového jádra. Ačkoliv bylo vyvinuto několik metod pro navázání záření do dvouplášťových optických vláken, čerpání dvouplášťových optických vláken zůstává pro řadu aplikací závažným problémem. Jednou z možností je navázání čerpání ve směru osy dvouplášťového optického vlákna na jeho čelo. Nejprve bylo realizováno kombinování signálu a čerpání na vstupu aktivního vlákna pomocí objemových optických prvků a čoček a tento způsob byl stále zdokonalován, (H. M. Pask, J. L. Archambault, D. C. Hanna, L. Reekie, P. S. Russell, J. E. Townsend and A. C. Trower, „Operation of cladding-pumped Yb-doped silica fiber lasers in 1- μ m region“, *Electronics*

Lett., 30(11): 863-865, 1994; W. A. Clarkson and D. C. Hanna, „Twomirror beam-shaping technique for high-power diode bars“, *Optics Lett.*, 21 (6): 375-377, 1996.

Takové řešení však postrádá robustnost potřebnou pro praktické využití. Dostatečnou robustnost poskytují celovláknové komponenty. Byly patentovány způsoby s použitím směrového vláknového vazebního členu bud vytvořeného z jednomódového a jednoho mnohamódového vlákna (V. P. Gapontsev and I. Samartsev, „Coupling arrangement between a multi-mode light source and an optical fiber through an intermediate optical fiber length“, patent US 5999673), anebo několika mnohamódových čerpacích vláken, soustředěných okolo jednomódového signálového vlákna (D. J. DiGiovanni and A. J. Stentz, „Tapered fiber bundles for coupling light into and out of cladding-pumped fiber devices“, patent US 5864644, resp. EP 0893862, D. Bayart and L. Berthelot, „Optical coupler for a multimode pump“, patent US 6778562; S. Mac Cormack, V. G. Dominic, and R. G. Waart, „Side coupled pumping of double clad fiber gain media“, patent US 6434295; B. G. Fidric, V. G. Dominic, S. Sanders, „Optical couplers for multimode fibers“, patent US 6434302; resp. WO 9945419; F. Gonthier, L. Martineau, F. Seguin, A. Villeneuve, M. Faucher, N. Azami, and M. Garneau, „Optical coupler comprising multimode fibers and method of making the same“, WO 2005029146.

Z uvedených řešení slučovačů signálu a čerpání se jako nejbližší navrhovanému řešení jeví řešení podle D. J. DiGiovanni and A. J. Stentz, „Tapered fiber bundles for coupling light into and out of cladding-pumped fiber devices“, patent US 5864644, resp. EP 0893862. Přizpůsobení profilu elektromagnetického pole signálu se dosahuje zařazením speciálního přizpůsobovacího vlákna do slučovače, a to mezi vstupní a výstupní vlákno. Toto řešení se zásadně liší od nového technického řešení jak ve způsobu přizpůsobení profilu pole a optimalizace parametrů přizpůsobovacího vlákna, tak ve způsobu výroby slučovače. Konstrukce slučovače a přizpůsobovacího členu podle DiGiovanniho a Stentze je založena na zapojení mezilehlého vlákna ke vstupnímu vláknu již mimo slučovač. Jádru mezilehlého vlákna na základě řešení podle D. J. DiGiovanni je proto na konci kónického zúžení slučovače značně ztenčeno oproti jádru výstupního dvoupáštového vlákna, takže pole v signálovém vlákně značně expanduje z jádra. Možnosti a omezení takového přizpůsobení byly diskutovány v L. Kong, J. Leng, J. Cao, S. Guo, H. Jiang, „The comparison between MFD and MOI on the simulation of combiner insertion loss“, in Proc. SPIE 8904, High Power Lasers and Applications, Beijing, Cn, 2013, p. 890416.

V řešení podle tohoto technického řešení mají mezilehlé a výstupní vlákno na konci slučovače jádra blízkého poloměru, takže pole je stále vedeno v jádře, nebo z něj jen mírně expanduje, řeší tedy přizpůsobení jiným způsobem.

Řešení podle DiGiovanniho a Stentze dále nevyužívá navrhovanou techniku zúženého svaru uvnitř kónické části slučovače, která zavádí do navrhovaného řešení další stupeň volnosti umožňující lepší přizpůsobení profilu elektromagnetického pole. Navrhované řešení se tak zásadně liší od řešení DiGiovanniho a Stentze i ve výrobě slučovače.

Dalším blízkým řešením je řešení podle F. Gonthier, L. Martineau, F. Seguin, A. Villeneuve, M. Faucher, N. Azami, and M. Garneau, „Optical coupler comprising multimode fibers and method of making the same“, WO 2005029146. Toto řešení využívá pro přizpůsobení profilu elektromagnetického pole adaptéru módového pole umístěného buď v optickém vlákně zařazeném mezi slučovač a výstupní optické vlákno, nebo na konci kónického úseku slučovače. Adaptér pole je vytvořen expanzí jádra signálového vlákna pomocí vysokoteplotní difuze dopantů jádra, typicky germánia. Difuze dopantů je limitována materiálovými vlastnostmi použitého optického vlákna a jedná se o empirickou techniku. Neumožňuje tudíž přesný návrh a optimalizaci struktury přizpůsobovacího členu. Řešení dále neobsahuje mezilehlé optické vlákno uvnitř kónického úseku slučovače. Adaptér profilu pole je implementován přímo na vstupním signálovém vlákně. Řešení přizpůsobovacího členu módového pole podle F. Gonthier et al. se tak zásadně liší od předkládaného technického řešení způsobem jeho výroby, strukturou i podstatou jeho činnosti.

Podstata technického řešení

Předmětem technického řešení je přizpůsobovací člen pro přizpůsobení profilu elektromagnetického pole signálové větve určený pro použití v kónicky zúženém slučovači signálu a čerpání, vhodném pro optická zařízení, například pro pláštěm čerpané vláknové lasery. Přizpůsobovací člen obsahuje: vstupní optické vlákno, alespoň jedno mezilehlé optické vlákno, výstupní optické vlákno, svar mezi vstupním optickým vláknem a mezilehlým optickým vláknem, svar mezi výstupním optickým vláknem a mezilehlým optickým vláknem, a popřípadě svary mezi mezilehlými optickými vlákny. Vstupní optické vlákno má zúžený jeden konec a je tímto zúženým koncem spojeno se sousedícím zužujícím se mezilehlým optickým vláknem prostřednictvím svaru mezi vstupním optickým vláknem a mezilehlým optickým vláknem a mezilehlé optické vlákno je na svém zúženém konci spojeno s výstupním optickým vláknem prostřednictvím svaru mezi výstupním optickým vláknem a mezilehlým optickým vláknem, přičemž v případě přítomnosti více mezilehlých optických vláken jsou tato mezilehlá optická vlákna zužující se a jsou rovněž spojena svary mezi mezilehlými optickými vlákny. V místě každého svaru mezi dvěma optickými vlákny je maximalizován překryvový integrál profilů polí těchto vláken. Toho lze dosáhnout tak, že každý svar mezi dvěma optickými vlákny, vyjma svaru mezi mezilehlým optickým vláknem a výstupním optickým vláknem, je umístěn v bodě, kde je maximalizován překryvový integrál profilů polí těchto vláken. Svar mezi mezilehlým optickým vláknem a výstupním optickým vláknem je umístěn v místě, kde příčné rozměry slučovače odpovídají příčným rozměrům výstupního optického vlákna. U svaru mezi mezilehlým optickým vláknem a výstupním optickým vláknem se maximalizace překryvového integrálu profilů polí mezilehlého optického vlákna a výstupního optického vlákna v bodě svaru těchto vláken dosahuje výběrem numerické apertury a průměru jádra mezilehlého optického vlákna navazujícího na výstupní optické vlákno.

Maxima překryvového integrálu se obecně nabývá pro průměr jádra mezilehlého optického vlákna zúženého na konci slučovače blízký průměru jádra výstupního optického vlákna, tj. pro průměry jádra zúženého mezilehlého optického vlákna a jádra výstupního optického vlákna nelišící se o více než 30 % a v případě shodných numerických apertur mezilehlého optického vlákna a jádra výstupního optického vlákna jsou shodné i průměry jádra zúženého mezilehlého optického vlákna navazujícího na výstupní optické vlákno a jádra výstupního optického vlákna.

Zužující se mezilehlá optická vlákna jsou umístěna vždy širším koncem směrem ke vstupnímu optickému vláknu a užším (zúženým) koncem směrem k výstupnímu optickému vláknu. V případě přítomnosti více mezilehlých optických vláken lze toto jejich uspořádání popsat jako kaskádní.

Dále je předmětem technického řešení slučovač signálu a čerpání, obsahující vstupní optické vlákno, alespoň jedno mezilehlé optické vlákno, výstupní optické vlákno, a alespoň jedno čerpací optické vlákno, kde vstupní optické vlákno je svým zúženým koncem spojeno se sousedícím zužujícím se mezilehlým optickým vláknem prostřednictvím svaru mezi vstupním optickým vláknem a mezilehlým optickým vláknem a mezilehlé optické vlákno je na svém zúženém konci spojeno s výstupním optickým vláknem prostřednictvím svaru mezi výstupním optickým vláknem a mezilehlým optickým vláknem, přičemž v případě přítomnosti více mezilehlých optických vláken jsou tato mezilehlá optická vlákna zužující se a jsou rovněž spojena svary mezi mezilehlými optickými vlákny, přičemž každý svar mezi dvěma optickými vlákny je umístěn v bodě, kde je maximalizován překryvový integrál profilů polí těchto vláken, a přičemž jsou svary mezi vstupním optickým vláknem a mezilehlým optickým vláknem a svary mezi mezilehlými optickými vlákny umístěny uvnitř kónicky zúženého úseku slučovače.

Čerpací optická vlákna jsou s výhodou uspořádána radiálně kolem vstupního optického vlákna a mezilehlých optických vláken a jsou pak spojena svarem s výstupním optickým vláknem.

Slučovač, resp. přizpůsobovací člen, může obsahovat více než jedno, výhodně 2 až 10, kaskádně uspořádaných mezilehlých optických vláken, a odpovídající počet svarů mezi mezilehlými optickými vlákny. Tyto svary mezi mezilehlými optickými vlákny jsou umístěny uvnitř kónicky zúže-

ného úseku slučovače. Svar mezi výstupním optickým vláknem a mezilehlým optickým vláknem je umístěn na konci kónicky zúženého úseku slučovače. Mezilehlé optické vlákno může mít skokový i gradientní profil indexu lomu v příčném řezu vláknem.

- 5 Slučovač obsahuje jedno nebo několik čerpacích optických vláken s mnohamódovým jádrem a přizpůsobovací člen je vedený typicky středem svazku těchto čerpacích optických vláken. Slučovač je kónicky zúžen tak, aby na konci svými rozměry odpovídal rozměrům výstupního optického vlákna.

Překryvový integrál je dán vztahem:

$$a = \frac{|\int (\vec{E}_1 \times \vec{H}_2^*) \cdot \vec{z} d\Omega|^2}{|\int (\vec{E}_1 \times \vec{H}_1^*) \cdot \vec{z} d\Omega| \cdot |\int (\vec{E}_2 \times \vec{H}_2^*) \cdot \vec{z} d\Omega|}$$

- 10 kde E_1 resp. H_1 je rozložení elektrické resp. magnetické intenzity elektromagnetického pole základního vidu prvního vlákna v bodě svaru a E_2 resp. H_2 je rozložení elektrické resp. magnetické intenzity elektromagnetického pole základního vidu druhého vlákna v bodě svaru, z je jednotkový vektor ve směru osy vlákna. Integrace se provádí v daném bodě vlákna přes celý průřez vlákna kolmý k podélné ose vlákna.
- 15 Princip činnosti přizpůsobovacího členu je následující. Po vstupu do zužující se části vstupního optického vlákna začne elektromagnetické pole postupně expandovat z jádra tohoto optického vlákna. V bodě, kde tento expandovaný profil pole odpovídá profilu pole mezilehlého optického vlákna, je umístěn svar mezi těmito vlákny. V zužujícím se mezilehlém optickém vlákně je profil pole postupně komprimován až do bodu, kde odpovídá poli v jádře výstupního dvouplášťového vlákna.
- 20 V tomto bodě je slučovač svařen s výstupním dvouplášťovým vláknem. Přizpůsobení pole ve všech svarech podél signálové trasy minimalizuje ztráty vzniklé na těchto svarech. V případě přizpůsobovacího členu s více mezilehlými optickými vlákny fungují přechody mezi těmito optickými vlákny stejným způsobem, jako výše popsáný přechod mezi vstupním optickým vláknem a mezilehlým optickým vláknem.
- 25 Slučovače signálu a čerpání lze vyrobit tak, že vstupní optické vlákno se svaří ve svářečce optických vláken s mezilehlým optickým vláknem, přičemž v případě přítomnosti více mezilehlých optických vláken se tato mezilehlá optická vlákna rovněž vzájemně spojí svary, takto spojená optická vlákna se umístí doprostřed svazku čerpacích optických vláken a celý svazek vláken se kónicky zúží, potom se v místě pro svar mezi mezilehlým optickým vláknem a výstupním optickým vláknem svazek vláken kolmo zalomí a svazek vláken se v místě zalomení spojí s výstupním optickým vláknem prostřednictvím svaru.
- 30

Zařízení podle předmětu technického řešení poskytuje významné výhody oproti stávajícím řešením slučovačů čerpání a signálu. Výhodou technického řešení je dosažení nižších vložných ztrát signálu, protože nastavení pozice svaru mezi vstupním optickým vláknem a mezilehlým optickým vláknem uvnitř kónicky zúženého úseku slučovače poskytuje další stupeň volnosti při optimalizaci ztrát slučovače pro signál. Další výhodou je i z principu vyšší spolehlivost výsledného vláknového laseru nebo zesilovače, protože se zlepšuje odolnost vůči poškození čerpacích laserových diod: menší ztráty signálu znamenají i menší přenos (přeslech) výkonu laserového signálu do čerpacích mnohamódových vláken. Zvláště v případě pulzních vláknových laserů takto přenesený výkon může vést k postupné degradaci nebo až k zničení čerpacích laserových diod.

40

Objasnění výkresů

Obr. 1 - uspořádání slučovače s přizpůsobovacím členem s jedním mezilehlým optickým vláknem

Obr. 2 - uspořádání slučovače s přizpůsobovacím členem s více mezilehlými optickými vlákny

- 45 Obr. 3 - Princip pláštěm čerpaného optického zařízení (vláknového laseru).

Příklady uskutečnění technického řešení

Příklad 1

Provedení podle technického řešení s jedním mezilehlým optickým vláknem 4 pro vlnovou délku 2 μm je znázorněno na Obr. 1. Jedná se slučovač signálu a čerpání do dvouplášťového výstupního optického vlákna 7 s přízpusobovacím členem. Jako vstupní optické vlákno 1 je použito jednomódové optické vlákno s průměrem jádra 14 8,2 μm , numerickou aperturou 0,14 a průměrem pláště 125 μm . Jako výstupní optické vlákno 7 je použito dvouplášťové optické vlákno s průměrem jádra 16 8,2 μm , numerickou aperturou 0,14, průměrem vnitřního pláště 105 μm a průměrem vnějšího pláště 9 125 μm , které má módový profil pole jádra přizpusoben ke vstupnímu optickému vláknu 1. Jako mezilehlé optické vlákno 4 je použito optické vlákno s průměrem jádra 15 20 μm , numerickou aperturou 0,14 a průměrem pláště 125 μm . Kónicky zúžený úsek 3 má délku 12 mm a lineární profil zúžení. Svar 5 mezi vstupním optickým vláknem 1 a mezilehlým optickým vláknem 4 je umístěn 4,7 mm od počátku kónicky zúženého úseku 3 v místě, kde poměr zúžení nabývá hodnoty 0,74, tj. v místě, kde je maximalizován překryvový integrál profilů polí těchto vláken. Svar 6 mezi mezilehlým optickým vláknem a výstupním optickým vláknem je umístěn na konci kónicky zúženého úseku 3 v místě, kde poměr zúžení nabývá hodnoty 1/3 a kde výsledný průměr slučovače odpovídá průměru výstupního vlákna. Jako čerpací optická vlákna 2 je použito 6 mnohamódových optických vláken s průměrem jádra (neznázorněno) 105 μm , numerickou aperturou 0,22 a průměrem pláště 125 μm . S tímto přízpusobovacím členem bylo dosaženo ztrát v signálové větvi slučovače lepších než 0,25 dB.

Slučovač signálu a čerpání se vyrobí tak, že vstupní optické vlákno 1 se svaří ve svářečce optických vláken s mezilehlým optickým vláknem 4, přičemž v případě přítomnosti více mezilehlých optických vláken se tato mezilehlá optická vlákna rovněž vzájemně spojí svary 8, takto spojená optická vlákna se umístí doprostřed svazku čerpacích optických vláken 2 a celý svazek vláken se kónicky zúží tak, aby v místě svaru 5 mezi vstupním 1 a mezilehlým optickým vláknem 4 bylo dosaženo určeného poměru zúžení; potom se v místě kónického zúžení odpovídajícího požadovanému koncovému zúžení slučovače, tj. místem pro svar 6 mezi mezilehlým optickým vláknem 4 a výstupním optickým vláknem 7 svazek vláken kolmo zalomí a svazek vláken se v místě zalomení spojí s výstupním optickým vláknem 7 prostřednictvím svaru 6 mezi mezilehlým optickým vláknem 4 a výstupním optickým vláknem 7.

V případě přízpusobovacího členu s jedním mezilehlým optickým vláknem (viz například obr. 1) jsou obecně numerická apertura a průměr jádra mezilehlého optického vlákna takové, aby profil pole na konci zúženého mezilehlého optického vlákna odpovídal profilu pole jádra výstupního dvouplášťového vlákna. Pro mezilehlé optické vlákno se skokovým profilem indexu lomu a obdobnou numerickou aperturou je průměr jádra tohoto vlákna přibližně odpovídající $1/p$ násobku průměru jádra výstupního optického vlákna, kde p je poměr zúžení na konci slučovače. Svar mezi vstupním optickým vláknem a mezilehlým optickým vláknem je umístěn v bodě, kde je maximalizován překryvový integrál profilů pole zúženého vstupního optického vlákna a profilu pole mezilehlého optického vlákna zúženého se stejným poměrem.

V případě velkého rozdílu v profilech elektromagnetických polí jádra vstupního optického vlákna a jádra výstupního optického vlákna je možno dosáhnout přizpusobení vícestupňovým přízpusobovacím členem s několika kaskádně řazenými mezilehlými optickými vlákny, viz Obr. 2.

Průmyslová využitelnost

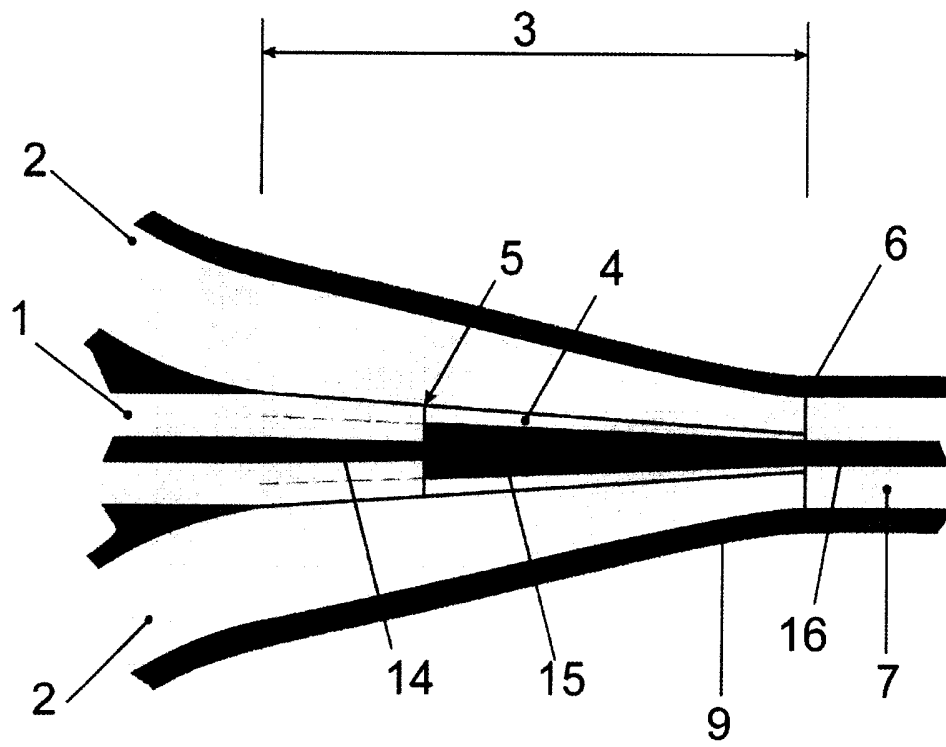
Navrhované řešení přízpusobovacího členu pro slučovače signálu a čerpání může být s výhodou využito v různých oblastech techniky, zejména v laserových systémech s vysokým výkonem pro zpracování materiálu nebo pro medicínské laserové systémy. Využití najde i v dalších zařízeních s čerpáním přes plášť jako jsou širokopásmové zdroje záření a optické zesilovače.

NÁROKY NA OCHRANU

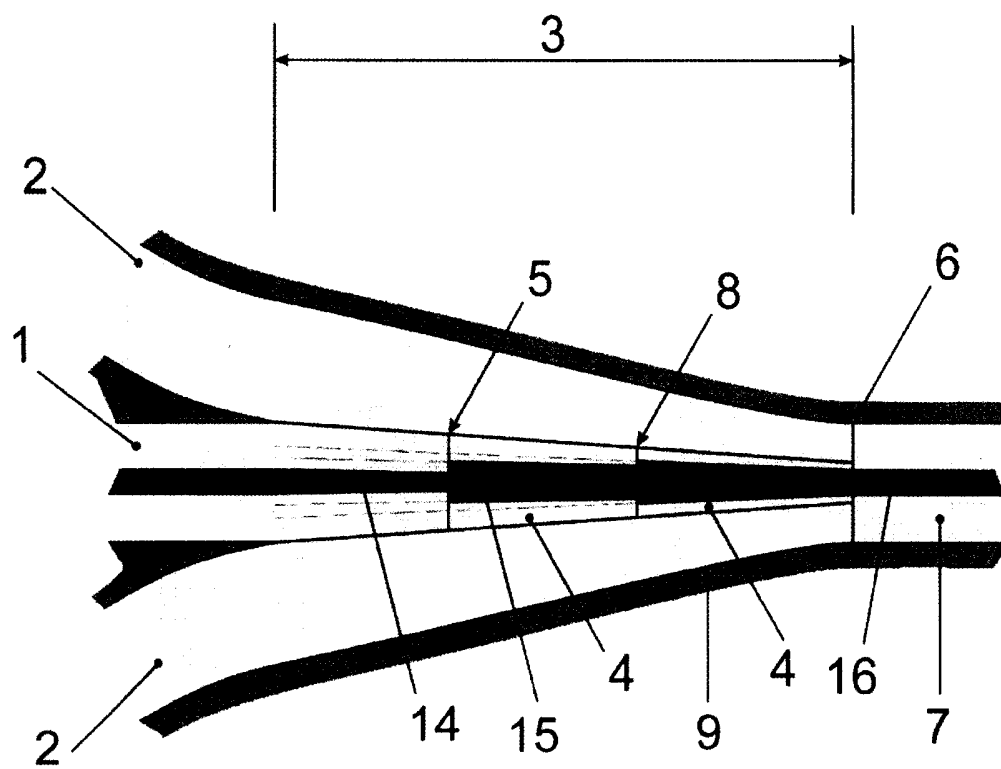
1. Přizpůsobovací člen pro přizpůsobení profilu elektromagnetického pole signálové větve pro slučovače signálu a čerpání, zejména pro pláštěm čerpané vláknové lasery a zesilovače, obsahující vstupní optické vlákno (1), alespoň jedno mezilehlé optické vlákno (4) a výstupní optické vlákno (7), **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že vstupní optické vlákno (1) má zúžený jeden konec a je tímto zúženým koncem spojeno se sousedícím zužujícím se mezilehlým optickým vláknem (4) prostřednictvím svaru (5) mezi vstupním optickým vláknem a mezilehlým optickým vláknem a mezilehlé optické vlákno (4) je na svém zúženém konci spojeno s výstupním optickým vláknem (7) prostřednictvím svaru (6) mezi výstupním optickým vláknem a mezilehlým optickým vláknem, přičemž v případě přítomnosti více mezilehlých optických vláken (4) jsou tato mezilehlá optická vlákna zužující se a jsou rovněž spojena svary (8) mezi mezilehlými optickými vlákny, a přičemž v místě každého svaru mezi dvěma optickými vlákny je maximalizován překryvový integrál profilů polí těchto vláken.
2. Slučovač signálu a čerpání, obsahující vstupní optické vlákno (1), alespoň jedno mezilehlé optické vlákno (4), výstupní optické vlákno (7), a alespoň jedno čerpací optické vlákno (2), **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že vstupní optické vlákno (1) je svým zúženým koncem spojeno se sousedícím zužujícím se mezilehlým optickým vláknem (4) prostřednictvím svaru (5) mezi vstupním optickým vláknem a mezilehlým optickým vláknem a mezilehlé optické vlákno (4) je na svém zúženém konci spojeno s výstupním optickým vláknem (7) prostřednictvím svaru (6) mezi výstupním optickým vláknem a mezilehlým optickým vláknem, přičemž v případě přítomnosti více mezilehlých optických vláken (4) jsou tato mezilehlá optická vlákna zužující se a jsou rovněž spojena svary (8) mezi mezilehlými optickými vlákny, přičemž v místě každého svaru mezi dvěma optickými vlákny je maximalizován překryvový integrál profilů polí těchto vláken, a přičemž jsou svar (5) mezi vstupním optickým vláknem a mezilehlým optickým vláknem a svary (8) mezi mezilehlými optickými vlákny umístěny uvnitř kónicky zúženého úseku (3) slučovače.
3. Přizpůsobovací člen podle nároku 1 nebo slučovač podle nároku 2, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že obsahuje 2 až 10 mezilehlých optických vláken (4) a odpovídající počet svarů (8) mezi mezilehlými optickými vlákny (4) umístěnými v kónicky zúženém úseku (3) slučovače, přičemž mezilehlá optická vlákna (4) jsou uspořádána kaskádně.
4. Přizpůsobovací člen nebo slučovač podle kteréhokoliv z nároků 1 až 3, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že maximalizace překryvového integrálu profilů polí mezilehlého optického vlákna (4) a výstupního optického vlákna (7) v místě svaru těchto vláken je dosažena hodnotami numerické apertury a průměru jádra mezilehlého optického vlákna (4) navazujícího na výstupní optické vlákno (7) a maximalizace překryvového integrálu profilů polí mezilehlého optického vlákna (4) a vstupního optického vlákna (1) v místě svaru těchto vláken a případně maximalizace překryvového integrálu profilů polí v místě svaru mezi mezilehlými optickými vlákny (4) je dosažena umístěním svaru.
5. Přizpůsobovací člen nebo slučovač podle kteréhokoliv z nároků 1 až 4, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že průměry jádra zúženého mezilehlého optického vlákna (4) navazujícího na výstupní optické vlákno (7) a jádra výstupního optického vlákna (7) se neliší o více než 30 % a v případě shodných numerických apertur mezilehlého optického vlákna (4) a jádra výstupního optického vlákna (7) jsou shodné i průměry jádra zúženého mezilehlého optického vlákna (4) navazujícího na výstupní optické vlákno (7) a jádra výstupního optického vlákna.
6. Pláštěm čerpané optické zařízení, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že obsahuje slučovač podle kteréhokoliv z nároků 2 až 5.

Seznam vztahových značek:

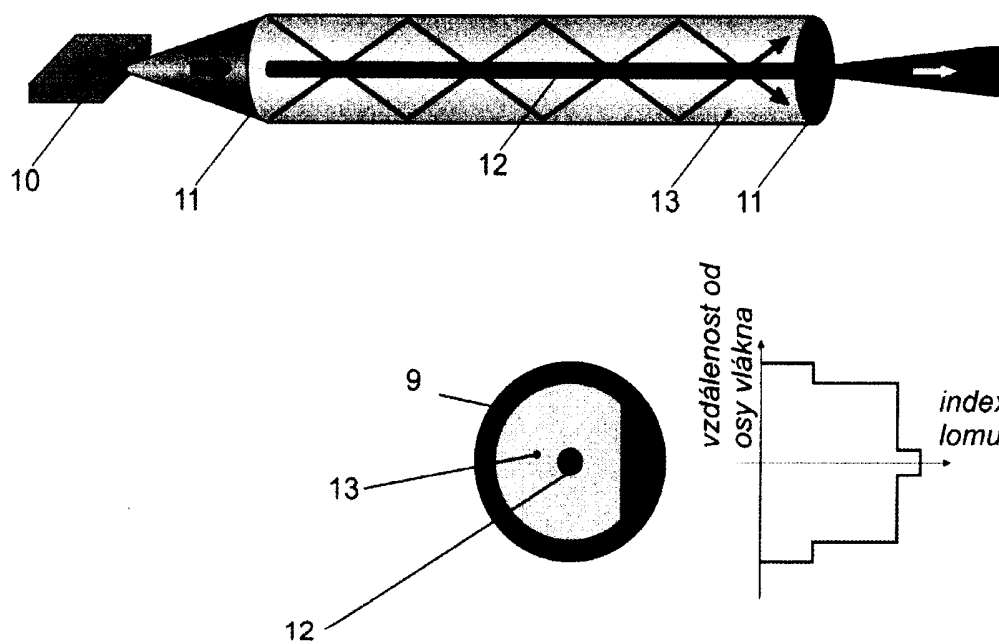
- | | |
|----|---|
| | 1 - vstupní optické vlákno |
| | 2 - čerpací optické vlákno |
| | 3 - kónicky zúžený úsek |
| 5 | 4 - mezilehlé optické vlákno |
| | 5 - svar mezi vstupním optickým vláknem a mezilehlým optickým vláknem |
| | 6 - svar mezi výstupním optickým vláknem a mezilehlým optickým vláknem |
| | 7 - výstupní optické vlákno |
| | 8 - svar mezi mezilehlými optickými vlákny |
| 10 | 9 - vnější plášť |
| | 10 - čerpací laserová dioda |
| | 11 - zrcadlo tvořené kolmo zalomeným koncem optického vlákna |
| | 12 - vnitřní plášť |
| 15 | 13 - jádro dvouplášťového optického vlákna. Jádro je dopované prvky vzácných zemin vykazujícími jev stimulované emise, např. ytterbium, erbium nebo thulium |
| | 14 - jádro vstupního vlákna |
| | 15 - jádro mezilehlého vlákna |
| | 16 - jádro výstupního optického vlákna. |



Obr. 1



Obr. 2



Obr. 3

Konec dokumentu