

PATENTOVÝ SPIS

(11) Číslo dokumentu:

305 196

(13) Druh dokumentu: **B6**

(51) Int. Cl.:

G02B 6/125 (2006.01)
G02B 6/14 (2006.01)
G02B 6/00 (2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2014-189**
(22) Přihlášeno: **26.03.2014**
(40) Zveřejněno: **03.06.2015**
(Věstník č. 22/2015)
(47) Uděleno: **22.04.2015**
(24) Oznámení o udělení ve věstníku: **03.06.2015**
(Věstník č. 22/2015)

(56) Relevantní dokumenty:

(Multimode-Waveguide-Based Optical Power Splitters in Glass, Gao Yang et al., Chinese Phys. Lett. vol. 25, no. 8), 19 March 2008; (Optické planární pasivní a aktivní fotonické struktury, Václav Prajzler, Habilitační práce, [on/line] https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/18542/habilitace_Prajzler_2013.pdf?sequence=1) 2013.

CZ 25454 U1; CZ 25535 U1; CZ 25538 U1; WO 9732228 A1; WO 2008118177 A1; US 2012288278 A1; JP 2006039080 A.

(73) Majitel patentu:

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta elektrotechnická, Praha 6, CZ

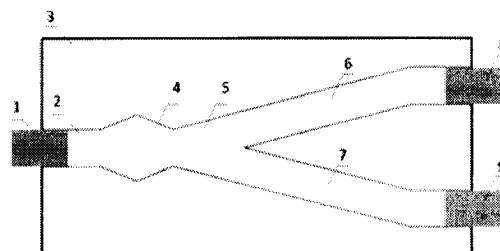
skokovou změnou indexu lomu.

(72) Původce:

Ing. Václav Prajzler, Ph.D., Praha 13, CZ
Bc. Miloš Neruda, Rosice, CZ
doc. Ing. Vítězslav Jeřábek, CSc., Praha 1, CZ

(74) Zástupce:

Ing. Hana Dušková, Na Kočově 180, 281 03
Chotutice



(54) Název vynálezu:

Optická planární mnohavidová rozbočnice

(57) Anotace:

Optická planární mnohavidová rozbočnice je tvořena vstupním mnohavidovým vláknovým vlnovodem (1), který je připojený na planární vlnovodnou strukturu vytvořenou na substrátu (3). Planární vlnovodnou strukturu tvoří vstupní kanálkový vlnovod (2), který je vyústěn do dvojitého kuželovitého modového scrambleru (4), za kterým následuje taperovaný kanálkový vlnovod (5) rozšiřující se ve směru šíření optického signálu, který je vyústěn do levého kanálkového vlnovodu (6) a do pravého kanálkového vlnovodu (7). Na planární vlnovodnou strukturu je navázán na konci levého kanálkového vlnovodu (6) první výstupní mnohavidový vláknový vlnovod (8), a na konci pravého kanálkového vlnovodu (7) druhý výstupní mnohavidový vláknový vlnovod (9). Optická planární mnohavidová rozbočnice může být opatřena horní krycí vrstvou, jejíž hodnota indexu lomu, jakož i hodnota indexu lomu substrátu (3) je nižší než hodnota indexu lomu vrstvy tvořící planární vlnovodnou strukturu. Vlnovodná struktura je vytvořena z materiálu se skokovou změnou indexu lomu, s výhodou z polymerní epoxydové pryskyřice ENR. Je výhodné, jsou-li i vláknový vlnovod (1), první výstupní mnohavidový vláknový vlnovod (8) a druhý výstupní mnohavidový vláknový vlnovod (9) z materiálu se

CZ 305196 B6

Optická planární mnohavidová rozbočnice

Oblast techniky

5

Předkládaná topologie optické mnohavidové rozbočnice se skokovou změnou indexu lomu řeší problém rozdělení optického signálu z jednoho vstupního mnohavidového vlnovodu do dvou výstupních mnohavidových vlnovodů.

10

Dosavadní stav techniky

Pro přenos optického signálu na velké vzdálenosti se používají v páteřních sítích křemenná optická jednovidová vlákna, jejichž geometrický rozměr jádro/plášť je 4/125 μm nebo 9/125 μm , nebo mnohavidová vlákna s geometrickými rozměry 50/125 μm nebo 62,5/125 μm . Telekomunikační optické systémy používají zpravidla pracovní vlnové délky 850 nm, takzvané první telekomunikační okno. Systémy využívající první telekomunikační okno jsou určeny pro méně náročný přenos dat, a to jak po ekonomické, tak i technické stránce, který probíhá na kratší vzdálenosti s nižším objemem přenášených dat. V páteřních sítích se používají vlnové délky 1310 nm, tzv. druhé telekomunikační okno, kdy křemenná vlákna mají nejmenší disperzi, nebo pak vlnové délky 1550 nm, tzv. třetí telekomunikační okno, kdy křemenné vlákna mají nejnižší optický útlum.

Planární vlnovody se používají pro distribuci a zpracování signálů z optických vláken na vzdálenosti maximálně několik centimetrů a základní planární fotonickou strukturou, která je používaná ve všech optických sítích je optická Y rozbočnice, která slouží k rozdělení optických signálů z jednoho vstupního do dvou nebo více výstupních vlnovodů, a to jak pro jednovidové, tak mnohavidové vlnovody.

Jsou známá řešení struktur optických jednovidových planárních rozbočnic s gradientním indexem lomu vyrobených pomocí iontové výměny do skleněných podložek nebo do optických kystalů. Byly také vyrobeny odbočnice na bázi polovodičů nebo z polymerních materiálů. Topologie těchto rozbočnic spočívá v rozdělení optického signálu pomocí vlnovodů ve tvaru Y. Jsou známá také řešení planárních mnohavidových rozbočnic se skokovou změnou indexu lomu, které umožní připojení optického signálu pomocí standardních POF vláken. Plastic Optical Fiber s rozměrem 900/1000 μm . Byly popsány struktury, které používají podložky z polymeru Polymethylmethakrylátu (PMMA) ($n_s=1,49$ index lomu podložky a horní krycí vrstvy PMMA pro vlnovou délku $\lambda=650$ nm, vlnová délka) a vlnovodná vrstva je z různých druhů polymeru Norland Optical Adhesive (NOA) ($n_f=1,51-1,56$ index lomu vlnovodné vrstvy NOA pro vlnovou délku $\lambda=650$ nm). Dále byla popsána struktura, kdy byla opět použita podložka z polymeru PMMA ($n_s=1,49$ index lomu podložky PMMA pro vlnovou délku $\lambda=650$ nm) a vlnovodná vrstva pak byla z polymeru z epoxidové pryskyřice ($n_f=1,58$ index lomu vlnovodné vrstvy pro vlnovou délku $\lambda=650$ nm).

Dále je známo řešení rozdělení optického výkonu dle užitého vzoru CZ 25538, kde rozdělení optického výkonu z jednoho vstupního POF vláknového vlnovodu do dvou výstupních vláknových POF vlnovodů je provedeno pomocí vlnovodné struktury se vstupním kanálkovým vlnovodem a taperovaným kanálkovým vlnovodem rozšiřujícím se ve směru šíření optického signálu a vyústěným do levého a pravého kanálkového vlnovodu ve tvaru S. Na konci levého i pravého kanálkového vlnovodu jsou vloženy první a druhý výstupní POF vláknový vlnovod. Je i známo řešení dle užitého vzoru CZ 25535 a vynálezu CZ 304236, kde symetrické rozdělení planární rozbočnice s jedním vstupním a třemi výstupními POF vlákny je dosaženo vložением obdélníkové oblasti do taperované části planární rozbočnice.

Je také známé řešení optické mnohavidové polymerní rozbočnice se skokovou změnou indexu lomu, která byla publikována N. Bamiedakis et al.: IEEE J. of Quant. Ele., vol. 45, no. 4, 2009 a umožní připojení optických vláken s rozměrem 50/125 μm . Tato rozbočnice byla vyrobena z polymeru Siloxane OE-4140 pomocí fotolitografického procesu na skleněném substrátu.

5

Nevýhodou výše zmíněných rozbočnic je, že neumožňují realizaci optických rozbočnic s menší délkou optické rozbočnice a tedy mají vyšší vložné optické ztráty.

Dále je známá struktura, která byla popsána Y. Gao et al.: Chin. Phys. Lett., vol. 25, no. 8, 2008. Jedná se o strukturu s gradientním indexem lomu, která byla vyrobena jednostupňovou iontovou výměnou do skleněného substrátu pro vlnovody s rozměrem 50/125 μm , kde rozdělení optického signálu bylo realizováno pomocí dvojitého kuželovitého modového scrambleru. Tato realizace, umožňuje symetrické rozdělení optického výkonu, ale účinnost rozdělení optického signálu do výstupních vlnovodů je menší než v případě struktury se skokovou změnou indexu lomu. Toto je způsobeno vzájemným přeléváním energie mezi jednotlivými mody, ze kterých je optický signál složen, kdy dochází k uniku energie na rozhraní mezi vlnovodnou vrstvou a vzduchem.

20

Podstata vynálezu

20

Výše uvedené nedostatky odstraňuje řešení optické rozbočnice s dvojitým kuželovitým modovým scramblerem podle předkládaného řešení. Tato optická planární mnohavidová rozbočnice je tvořená vstupním mnohavidovým vláknovým vlnovodem, který je připojený na planární vlnovodnou strukturu vytvořenou na substrátu. Planární vlnovodnou strukturu tvoří vstupní kanálkový vlnovod, který je vyústěn do dvojitého kuželovitého modového scrambleru, za kterým následuje taperovaný kanálkový vlnovod. Taperovaný kanálkový vlnovod se rozšiřuje ve směru šíření optického signálu a je vyústěn do levého a do pravého kanálkového vlnovodu. Na tuto planární vlnovodnou strukturu je navázán na konci levého kanálkového vlnovodu první výstupní mnohavidový vláknový vlnovod, a na konci pravého kanálkového vlnovodu druhý výstupní mnohavidový vláknový vlnovod. Optická planární mnohavidová rozbočnice je většinou opatřena horní krycí vrstvou, zejména z důvodu, aby nedošlo při manipulaci k poškození planární vlnovodné struktury. Hodnota indexu lomu horní krycí vrstvy i substrátu je vždy nižší než hodnota indexu lomu vrstvy tvořící planární vlnovodnou strukturu. Podstatou nového řešení je, že planární vlnovodná struktura je vytvořená z materiálu se skokovou změnou indexu lomu.

35

Jako materiál se skokovou změnou indexu lomu pro vlnovodnou strukturu je výhodné použít polymerní epoxidovou pryskyřici Epoxy Novolak Resin, dále jen ENR.

40

Je výhodné, jsou-li i vláknový vlnovod a první a druhý výstupní mnohavidový vláknový vlnovod z materiálu se skokovou změnou indexu lomu.

45

Podstatou nového řešení je, že rozdělení optického signálu je provedeno pomocí dvojitého kuželovitého modového scrambleru se skokovou změnou indexu lomu, který je doplněn o taperovaný rozšiřující se vlnovod ve směru šíření optického signálu.

50

Geometrické rozměry dvojitého kuželovitého modového scrambleru a taperovaného kanálkového vlnovodu jsou pro danou vlnovodnou strukturu funkcí indexu lomu užitého substrátu SiO_2 , indexu lomu vlnovodné vrstvy z polymerní epoxidové pryskyřice ENR, indexu lomu krycí vrstvy a použité pracovní vlnové délky. Geometrické rozměry jsou pro tuto vlnovodnou strukturu určeny počítačovou simulací.

Výhodou nového řešení je, že správným zvolením rozměrů dvojitého kuželovitého modového scrambleru a taperového vlnovodu lze dosáhnout symetrického rozbočení optického signálu

u mnohavidových vlnovodů při použití optické odbočnice s menšími rozměry než u rozbočnice tvaru Y. Toto je způsobeno tím, že dvojitý kuželovitý modový scrambler umožní optimalizovat rozložení elektromagnetické pole jednotlivých módů, pro optimální rozdělení optického signálu do výstupních vlnovodů a díky tomu lze realizovat kvalitní optické planární symetrické rozbočnice s menšími rozměry.

Objasnění výkresů

Nové řešení bude dále popsáno pomocí přiložených výkresů. Na Obr. 1 je uvedeno topologické schéma struktury rozbočnice. Příklad řešení optimalizované struktury s vstupními/výstupními mnohavidovými vlnovody navrženým na SiO₂ substrátu a vlnovodnou vrstvou z polymerní epoxidové pryskyřice ENR je uveden na Obr. 2a a Obr. 2b. Na Obr. 2a je uvedeno rozložení indexu lomu navržené struktury z pohledu shora a na Obr. 2b je pak uvedeno šíření optického signálu strukturou.

Příklady uskutečnění vynálezu

Obecně se optické planární vlnovody skládají z planární vlnovodné vrstvy, substrátu a horní krycí vrstvy. Aby optický signál byl veden vlnovodnou vrstvou, tak hodnota indexu lomu vlnovodné vrstvy musí být vyšší než hodnota indexu substrátu i než hodnota indexu lomu krycí vrstvy. V uvedeném příkladu, Obr. 1, je substrát 3 tvořen z SiO₂ a jako planární vlnovodná vrstva je použita polymerní epoxidová pryskyřice ENR. Horní krycí vrstva, která není na výkrese znázorněná, může být tvořena například polymerem PMMA, Polymethylmethakrylát. Tato horní krycí vrstva může být i z jiného materiálu, ale vždy musí mít menší hodnotu indexu lomu než má polymerní epoxidová pryskyřice ENR. Je nutné podotknout, že rozbočnice bude fungovat i když tam nebude krycí vrstva, protože hodnota indexu lomu vzduchu je 1 a to je vždy méně, než je hodnota indexu lomu vlnovodné vrstvy. Horní krycí vrstva má v tomto případě spíše charakter ochranné vrstvy, aby nedošlo k poškození vlnovodné vrstvy při manipulaci. Pro vlnovou délku 1550 nm má vrstva polymerní epoxidové pryskyřice ENR hodnotu indexu lomu $n_f = 1,567$ a hodnota indexu lomu n_s vrstvy SiO₂ je 1,443, a tedy index lomu vlnovodné vrstvy polymerní epoxidové pryskyřice ENR je vyšší než hodnota indexu lomu SiO₂. To znamená, že požadovaná podmínka pro optický vlnovod je splněna.

Topologické schéma optické planární mnohavidové rozbočnice je uvedeno na přiloženém výkrese na Obr. 1. Tato planární mnohavidová rozbočnice je tvořena vstupním mnohavidovým vláknovým vlnovodem 1, který je připojený na planární vlnovodnou strukturu vytvořenou na substrátu 3, který je v uvedeném příkladu z SiO₂. Planární vlnovodnou strukturu tvoří vstupní kanálkový vlnovod 2, který je vyústěn do dvojitého kuželovitého modového scrambleru 4. Za dvojitým kuželovitým modovým scramblerem 4 následuje taperovaný kanálkový vlnovod 5 rozšiřující se ve směru šíření optického signálu, který je vyústěn do levého kanálkového vlnovodu 6 a do pravého kanálkového vlnovodu 7. Na konci levého kanálkového vlnovodu 6 je umístěn první výstupní mnohavidový vláknový vlnovod 8, a na konci pravého kanálkového vlnovodu 7 je druhý výstupní mnohavidový vláknový vlnovod 9. Celá planární vlnovodná struktura je vytvořena z materiálu se skokovou změnou indexu lomu, zde vrstvou polymerní epoxidové pryskyřice ENR vytvořenou na substrátu 3 SiO₂. V uvedeném příkladu byly jako vstupní mnohavidový vláknový vlnovod 1, první výstupní mnohavidový vláknový vlnovod 8 a druhý výstupní mnohavidový vláknový vlnovod 9 použity standardní vláknové optické vlnovody se skokovou změnou indexu lomu s rozměrem 50/125 μm nebo 62,5/125 μm jádro/plášť. Toto provedení je výhodné, ale bylo by možné vstupní mnohavidový vláknový vlnovod 1, první výstupní mnohavidový vláknový vlnovod 8 a druhý výstupní mnohavidový vláknový vlnovod 9 realizovat i s gradientní změnou indexu lomu, což by ale vedlo ke zvýšení optického útlumu z důvodu špatnému přizpůsobení

elektromagnetického pole na rozhraní optického vlnovodu se skokovou a gradientní změnou indexu lomu.

5 Rozměry optické planární mnohavidové rozbočnice byly navrženy pomocí specializovaného softwaru. Pro návrh byl použit software BeamPROPTM, který pro výpočet využívá metodu šíření optické svazku. BPM Beam Propagation Method.

10 Příklad optimalizované struktury převzaté ze simulačního programu BeamPROPTM, je uveden na Obr. 2a a na Obr. 2b. Na Obr. 2a je uveden profil indexu lomu navržené struktury v pohledu shora, kde hodnota 1,443 je index lomu substrátu 3 z materiálu SiO₂ a hodnota 1,567 je index lomu vlnovodné vrstvy polymerní epoxidové pryskyřice ENR pro vlnovou délku 1550 nm. Na Obr. 2b je pak uvedeno šíření optického signálu ve struktuře.

15 Na Obr. 2b plná čára označená v legendě římskou číslicí I odpovídá optickému signálu, který se šíří vstupním mnohavidovým vláknovým vlnovodem 1 a dále vstupním kanálkovým vlnovodem 2 tvořeným polymerní epoxidovou pryskyřicí ENR na substrátu 3 z SiO₂. Signál se dále šíří přes dvojitý kuželovitý modový scrambler 4 z polymerní epoxidové pryskyřice ENR, který pokračuje přes rozšiřující se taperovaný vlnovod 5, který je opět z polymerní epoxidové pryskyřice ENR a je vyústěn do levého kanálkového vlnovodu 6 tvořeného polymerní epoxidovou pryskyřicí ENR. Signál je potom veden do prvního 8 mnohavidového vláknového vlnovodu.

20

Čárkovaná čára označená v legendě na Obr. 2b římskou číslicí II odpovídá optickému signálu, který se šíří vstupním mnohavidovým vláknovým vlnovodem 1 a dále vstupním kanálkovým vlnovodem 2 tvořeným vrstvou polymerní epoxidové pryskyřice ENR na substrátu 3 SiO₂. Signál se dále šíří přes dvojitý kuželovitý modový scrambler 4, do taperovaného kanálkového vlnovodu 5 z polymerní epoxidové pryskyřice ENR, který se rozšiřuje ve směru šíření optického signálu a je vyústěn do pravého kanálkového vlnovodu 7 tvořeného opět z vlnovodné vrstvy z polymerní epoxidové pryskyřice ENR. Na konci pravého kanálkového vlnovodu 7 je vložen druhý výstupní mnohavidový vláknový vlnovod 9. Z Obr. 2b vyplývá, že signál, který vstupuje do popisované mnohavidové rozbočnice, je po průchodu kuželovitým modovým scramblerem 4 a taperovaným kanálkovým vlnovodem 5 symetricky rozdělen do levého kanálkového vlnovodu 6 a pravého kanálkového vlnovodu 7. Z Obr. 2b také vyplývá, že dojde k rozdělení 50 % energie do levého kanálkového vlnovodu 6 a 50 % energie do pravého kanálkového vlnovodu 7.

25

30

35

Průmyslová využitelnost

Předkládané řešení je využitelné pro rozdělení optického signálu, který přenáší datovou informaci pomocí jednoho mnohavidového optického vlákna se skokovou změnou indexu lomu do dvou výstupních mnohavidových vláken se skokovou změnou indexu lomu. Šířka spektra, které je možno danou strukturou přenést, je dána spektrální charakteristikou použitých vstupně/výstupních optických vláken a použitím materiálu, ze které je rozbočnice s dojitým kuželovitým modovým scramblerem realizována. Tohoto může být využito při distribuci optické signálu na kratší vzdálenosti v optických metropolitních sítích.

40

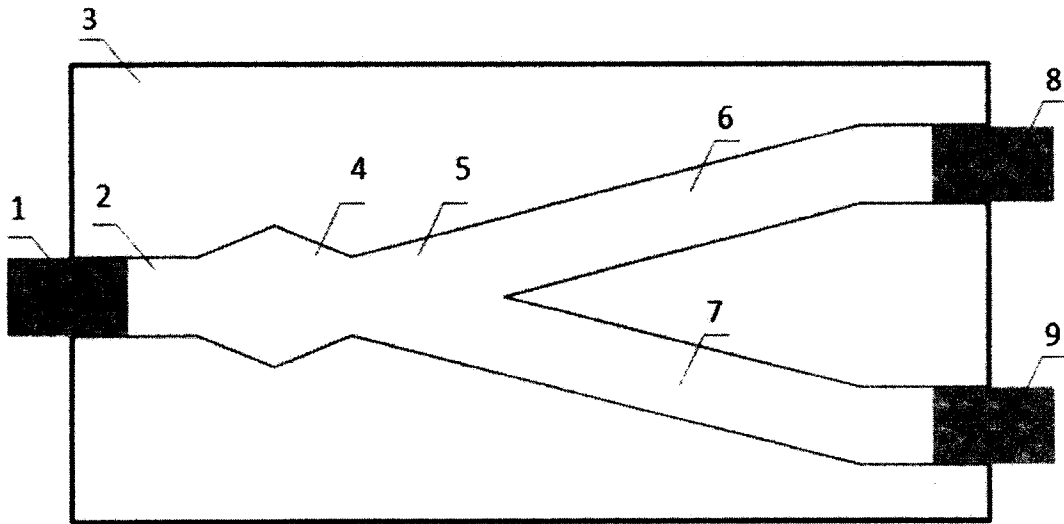
45

PATENTOVÉ NÁROKY

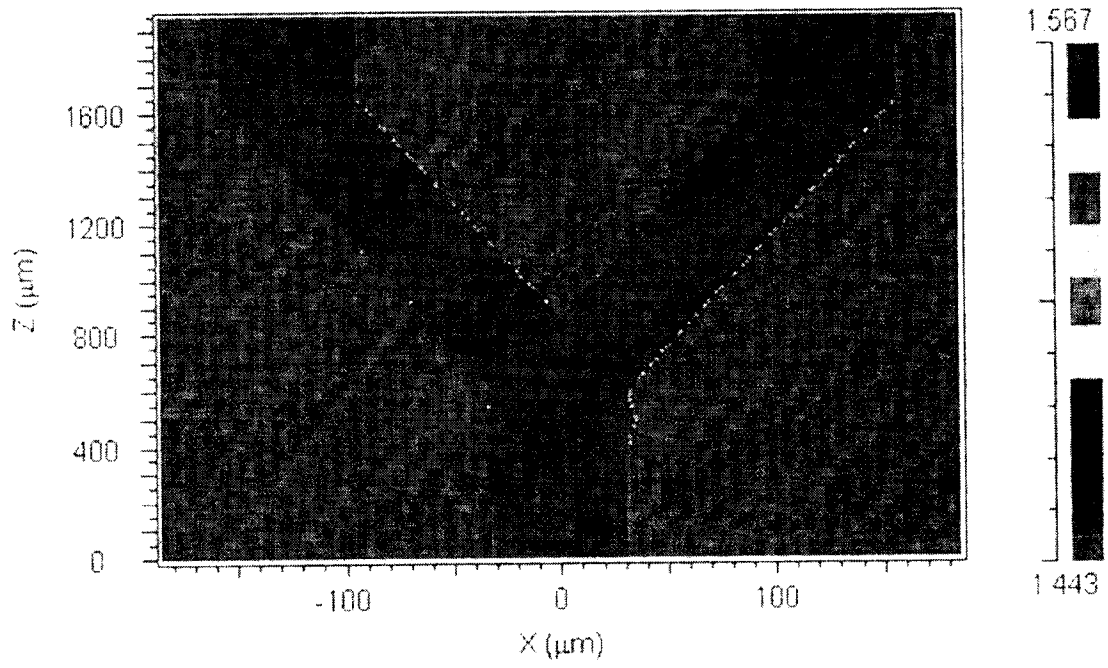
- 5 **1.** Optická planární mnohavidová rozbočnice tvořená vstupním mnohavidovým vláknovým vlnovodem (1), který je připojený na planární vlnovodnou strukturu vytvořenou na substrátu (3), která se skládá ze vstupního kanálkového vlnovodu (2), který je vyústěn do dvojitého kuželovitého modového scrambleru (4), za kterým následuje taperovaný kanálkový vlnovod (5) rozšiřující se ve směru šíření optického signálu, který je vyústěn do levého kanálkového vlnovodu (6) a do
10 pravého kanálkového vlnovodu (7), kde na tuto planární vlnovodnou strukturu je navázán na konci levého kanálkového vlnovodu (6) první výstupní mnohavidový vláknový vlnovod (8), a na konci pravého kanálkového vlnovodu (7) druhý výstupní mnohavidový vláknový vlnovod (9), přičemž tato optická planární mnohavidová rozbočnice je případně opatřena ochrannou horní krycí vrstvou, jejíž hodnota indexu lomu, jakož i hodnota indexu lomu substrátu (3) je nižší než
15 hodnota indexu lomu vrstvy tvořící planární vlnovodnou strukturu, **vyznačující se tím**, že planární vlnovodná struktura je vytvořená z materiálu se skokovou změnou indexu lomu.
- 20 **2.** Optická planární mnohavidová rozbočnice podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že materiál se skokovou změnou indexu lomu tvořící vlnovodnou strukturu je polymerní epoxidová pryskyřice ENR.
- 25 **3.** Optická planární mnohavidová rozbočnice podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že vláknový vlnovod (1), první výstupní mnohavidový vláknový vlnovod (8) a druhý výstupní mnohavidový vláknový vlnovod (9) jsou z materiálu se skokovou změnou indexu lomu.

30

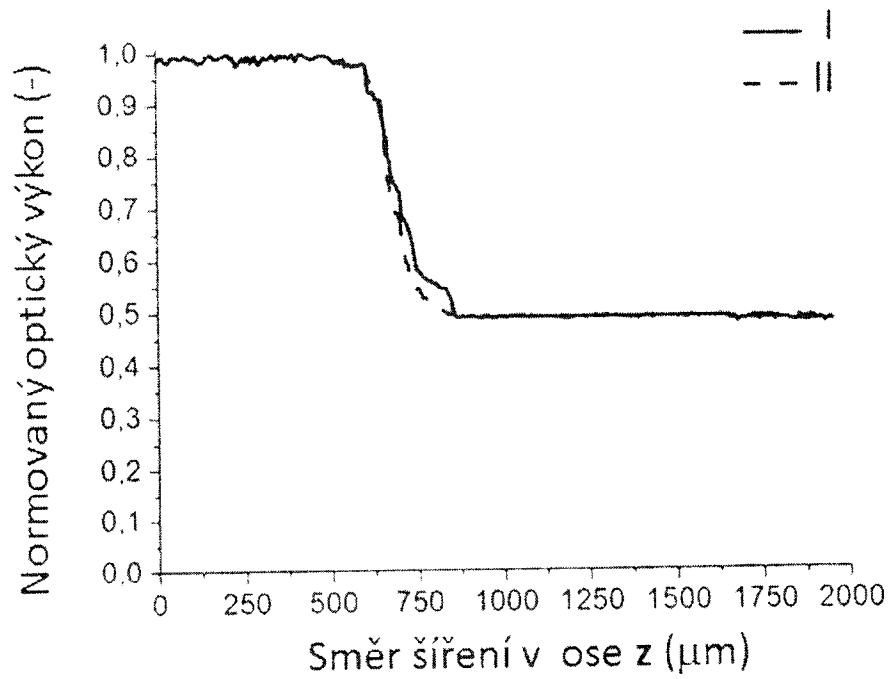
2 výkresy



OBR. 1



OBR. 2a



OBR. 2b

Konec dokumentu