

PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

Zveřejněná podle §31 zákona č. 527/1990 Sb.

(21) Číslo dokumentu:

2019-718

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. Cl.:

G02F 1/29 (2006.01)
G02F 1/39 (2006.01)
G02B 6/10 (2006.01)
G02B 6/42 (2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



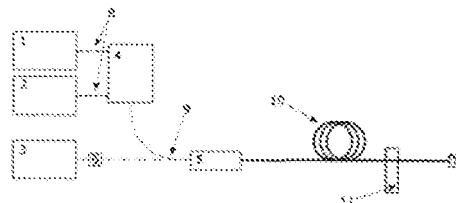
ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: **22.11.2019**

(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **26.08.2020**
(Věstník č. 35/2020)

(71) Přihlašovatel:
Vysoká škola báňská-Technická univerzita Ostrava,
Ostrava, Poruba, CZ

(72) Původce:
prof. RNDr. Vladimír Vašínek, CSc., Vřesina, CZ
Ing. Jakub Kolář, Doubrava, CZ
Ing. Lukáš Hájek, Bohumín, Záblatí, CZ
Ing. Jan Látal, Ostrava, Poruba, CZ
Ing. Zdeněk Wilček, Kujavy, CZ



(54) Název přihlášky vynálezu:
**Stanovení délky dopovaného vlákna
nedestruktivní cestou**

(57) Anotace:
Stanovení délky dopovaného vlákna nedestruktivní cestou se pro předem známý dopant provádí tak, že je stanovena jemu odpovídající vlnová délka záření čerpacího laseru (4) a vlnová délka vstupního signálu zdroje (3), dopované optické vlákno (10) je rovnoměrně rozděleno po celé své délce na jednotlivé body, ve kterých je opakovaně měřena intenzita zesílení optického signálu zařízením (11) pro monitorování provozu na optických vláknech. Získané výsledky měření jsou zpracovány do grafu a následně jsou vyhodnoceny metodou klouzavých průměrů, která umožňuje namodelování trendové složky, a tak dostáváme křivku, která ve svém maximu znázorňuje konkrétní bod, který odpovídá maximálnímu zesílení dopovaného vlákna pro nastavené parametry. Tento bod nám určuje délku, ve které má být vlákno zkráceno.

Stanovení délky dopovaného vlákna nedestruktivní cestou

Oblast techniky

5

Vynález se týká způsobu, kterým je možno nedestruktivně zjišťovat- měřit vhodnou délku optických vláken v závislosti na použitém dopantu, kterým mohou být například prvky vzácných zemin, jako je například erbium, ytterbium, holmium apod. Tento postup je možné využít například při výrobě a konstrukci optovláknových zesilovacích systémů založených na použití dopovaných vláken jako je například nejčastěji používaný Erbiem dopovaný vláknový zesilovač (EDFA).

10

Dosavadní stav techniky

15

Optická dopovaná vlákna se využívají v telekomunikačních technice převážně u optovláknových zesilovačů, jako je například nejčastěji používaný erbiem dopovaný vláknový zesilovač (EDFA). Tento zesilovač využívá optické vlákno, které je při vlastní výrobě dopováno vzácnými zeminami, v tomto případě tedy erbiem (Er^{3+}). Erbium není jediným prvkem vzácných zemin, který je používán v dopovaných optovláknových zesilovačích. Dalšími dopanty jsou například Yterbium, Holmium, Neodium atd.

20

Při konstrukci samotného vláknového zesilovače je nezbytné splnit určité podmínky, aby došlo ke stimulované emisi elektronů a tím tedy k zesílení vstupního signálu. Vlnová délka vstupního signálu se musí nacházet v rozsahu vlnových délek, které je použitý dopant schopen ve vlákně zesílit. Dále je nutné určit vhodnou vlnovou délku čerpacího laseru, která musí odpovídat vlnové délce, která je zapotřebí k excitaci elektronů atomů prvků vzácných zemin do vyšších energetických hladin. Optická dopovaná vlákna jsou využívána při výrobě senzorů

25

Pro zjištění optimální délky dopovaného vlákna jsou současné době používány nejčastěji tyto dvě techniky:

30

- Matematické modelování – v případě že, je známo základní chemické složení materiálu optického vlákna, koncentrace dopantu v dopovaném vlákně a jeho rozložení. Pak je možné vypočítat optimální délku zesilovacího vlákna z výše uvedených známých parametrů.

35

- Metoda postupného zkracování – tato metoda je využívána v případě, kdy neznáme přesné složení zesilovacího vlákna. Optimální délku dopovaného vlákna tak zjišťujeme postupným jeho zkracováním po určitém kroku, například po 1 metru a poté po každém zkrácení musí následovat přeměření úrovně výkonu na výstupu.

40

V prvním případě se jedná o metodu, která je využívána při výrobě dopovaných vláken a výrobce tedy zná přesně proces výroby, a také všechny parametry daného užitého vlákna a také následně i parametry vyráběného zesilovače. Její nevýhodou je, že pro stanovení délky užitého vlákna je nutné znát veškeré parametry dopovaného vlákna a parametry samotného vláknového zesilovače. Výrobní informace, jsou však často součástí firemního know-how a nelze je běžně zjistit. Výrobci dopovaných vláken tyto informace obvykle nezveřejňují.

45

Hlavní nevýhodou druhé metody je destruktivní přístup při kterém dochází k nevratnému zničení části dopovaného vlákna. Tato metoda je z hlediska ekonomického velmi nevýhodná, jelikož vstupní náklady při nákupu optických vláken mohou být velmi vysoké. Další nevýhodou je celková časová náročnost měření.

50

Podstata vynálezu

Výše uvedené nevýhody do značné míry odstraňuje způsob pro stanovení délky dopovaného vlákna nedestruktivní cestou, jehož výsledkem je určení takové délky optického vlákna, která ideálně odpovídá použitému dopantu.

Princip, který je k tomuto cíli využit, je založen na ohybovém jevu znázorněném na obr. 2. Optické zesilovací vlákno představuje optický vlnovod, ve kterém vlivem ohybu dochází k částečnému vyvázání světelného záření mimo jeho optickou vlnovodnou strukturu. Takto vyvázané optické záření je poté měřitelné a jeho intenzita je přímo úměrná velikosti daného ohybu.

Prvním krokem pro provedení měření, je nutné znát typ dopantu, vzácné zeminy, která bude při měření použita. Podle tohoto prvku je pak druhým krokem určení vlnové délky záření čerpacího laseru a zdroje vstupního signálu, která musí odpovídat dopantu, který je pro měření použit. Po tomto kroku a je-li zajištěna podmínka stimulované emise, následuje zapojení měřicího pracoviště, jak je uvedeno na obrázku 1. Na pracovišti, pomocí optického vazebního členu sloučíme čerpací laser a signálový zdroj záření do jednoho optického vlákna. Na výstup z optického vazebního členu připojíme dopované vlákno u kterého vím, jakým prvkem vzácných zemin (Erbium Yterbium, Holmium apod.) je dopováno. Dopované vlákno je rovnoměrně nataženo na rovné podložce. V následujícím kroku nastavíme výkon čerpacího laseru a výkon zdroje vstupního signálu, pro který má být zjištěna optimální délka optického vlákna. Je důležité, aby výkon čerpacího laseru nebyl příliš nízký, protože v takovém případě bude v měřeném vláknu převládat absorpce. Poté určíme rozestupy pro měření - určíme si body po celé délce optického vlákna. Čím menší je interval mezi jednotlivými zvolenými body, tím přesnější je výsledek měření. Například pro vlákna kratší než 10 metrů je vhodný rozstup maximálně 0,5 metru, pro vlákna delší než 10 m bude tento rozstup 1 metr. Následně zprovozníme zařízení pro monitorování provozu na optických vláknech – analyzátor viz obrázek 2, jehož parametry odpovídají zvolené vlnové délce vstupního signálu. Tento analyzátor zjišťuje výkon optického signálu pro zvolenou vlnovou délku v bodech, které byly vyznačeny po celé délce optického vlákna. Takto měřené optické vlákno je optickým vlnovodem, ve kterém vlivem ohybu dochází k částečnému vyvázání světelného záření mimo jeho optickou vlnovodnou strukturu. Toto optické záření je poté měřitelné a jeho intenzita je přímo úměrná velikosti daného ohybu. Pro zajištění přesnosti měření, je toto monitorování opakováno v každém ze stanovených bodů nejméně 10x. Množství opakování pak ovlivňuje přesnost stanovení optimální délky dopovaného vlákna. Za předpokladu, že je poloměr ohybu přesně definován a při každém jednotlivém měření je stejný, pak výsledkem měření je zjištění výkonu v určitém bodě optického vlákna. Získané výsledky měření jsou zaznamenány do grafu a následně jsou zpracovány metodou klouzavých průměrů, která umožňuje namodelování trendové složky. Metoda klouzavých průměrů spočívá v tom, že nad hodnotami v určitém rozmezí počítáme jejich celkový průměr. Klouzavý průměr je určitou lineární kombinací členů původní řady v našem případě jsou to pak naměřené a zprůměrované hodnoty výkonu pomocí optického analyzátoru provozu.

Pokud je celkový počet naměřených hodnot lichý, pak $p=2m+1$. Kde p je celkový počet prvků nad kterými se provádí klouzavý průměr a m je koeficient prvků před a za středovým prvkem. Rovnice pro výpočet pak bude následující:

$$\bar{y}_t = \frac{y_{t-m} + y_{t-m+1} + y_t + \dots + y_{t+m-1} + y_{t+m}}{2m + 1}$$

Pokud je celkový počet naměřených hodnot sudý počet, pak $p=2m$. Kde p je celkový počet prvků nad kterými se provádí klouzavý průměr a m je koeficient prvků před a za středovým prvkem. V tomto případě je nutné použít centrováný klouzavý průměr. Tento centrováný klouzavý průměr je pak vypočten jako průměr ze dvou sousedních necentrováných klouzavých průměrů. Rovnice centrovaného klouzavého průměru je následující:

$$\bar{y}_t = \frac{y_{t-m} + 2y_{t-m+1} + \dots + 2y_t + \dots + 2y_{t+m-1} + y_{t+m}}{4m}$$

Takto postupujeme postupně pro všechny naměřené hodnoty. Výsledky z průběžného průměrování zanášíme do grafu a tak dostáváme křivku, která ve svém maximu znázorňuje konkrétní bod, který odpovídá maximálnímu zesílení dopovaného vlákna pro nastavené parametry. Tento bod nám určuje délku ve které má být vlákno zkráceno. Po odstranění přebytečné délky vlákna, tak získáváme vlákno takové délky, která přesně odpovídá použitému dopantu.

Objasňení výkresů

Na obrázku 1 se nachází schéma měřicího pracoviště. Obrázek 2 představuje detailní znázornění zařízení pro monitorování provozu na optických vláknech, tedy analyzátoru. Na obrázku 3 se nachází příkladné provedení dle příkladu 1 a na obr. 4 je znázorněno příkladné provedení dle příkladu 2.

Příklady uskutečnění vynálezu

Příklad 1

Pro dopování optického vlákna 10 je použit prvek erbium. Délka užitého optického vlákna 10 je 20 metrů. Aby bylo dosaženo vzniku stimulované emise elektronů, je čerpací laser 4 nastaven na výkon 175 mW. Jeho operační vlnová délka je 980nm. Zdroj 3 vstupního signálu má nastaven výkon 1 mW a vlnovou délku 1550 nm. Poté následuje zapojení měřicího pracoviště, jak je uvedeno na obrázku 1. Čerpací laser 4 a zdroj 3 vstupního signálu je optickým vazebním členem 5 sloučen do jednoho optického vlákna. Na výstup z optického vazebního členu 5 připojíme dopované optické vlákno 10 s erbiem. Dopované optické vlákno 10 je rovnoměrně nataženo na rovné podložce. Po celé délce dopovaného optického vlákna jsou vyznačeny body, v tomto případě jsou sousedící body od sebe vzdáleny 1 metr, pro provedení měření zařízením 11 pro monitorování provozu na optických vláknech. Toto měření je opakováno v každém ze stanovených bodů v závislosti na požadované míře přesnosti. V tomto případě je měření opakováno 20x. Získané výsledky měření jsou pak znázorněny do grafu a následně jsou zpracovány metodou klouzavých průměrů.

Výsledky z průběžného průměrování zanášíme také do grafu a dostáváme tak křivku, která ve svém maximu znázorňuje konkrétní délku odpovídající maximálnímu zesílení dopovaného vlákna pro nastavené parametry, což je v tomto případě bod 16, viz obr. 3. Doporučené zkrácení vlákna tedy je na 16 metrů.

Příklad 2

Pro dopování optického vlákna 10 je použit prvek erbium. Délka užitého optického vlákna 10 je 20 metrů. Aby bylo dosaženo vzniku stimulované emise elektronů, je čerpací laser 4 nastaven na výkon 125 mW. Jeho operační vlnová délka je 980nm. Zdroj 3 vstupního signálu má nastaven výkon 1 mW a vlnovou délku 1550 nm. Poté následuje zapojení měřicího pracoviště, jak je uvedeno na obrázku 1. Čerpací laser 4 a zdroj 3 vstupního signálu je optickým vazebním členem 5 sloučen do jednoho optického vlákna. Na výstup z optického vazebního členu 5 připojíme dopované optické vlákno 10 s erbiem. Dopované optické vlákno 10 je rovnoměrně nataženo na rovné podložce. Po celé délce dopovaného optického vlákna jsou vyznačeny body, v tomto případě jsou sousedící body od sebe vzdáleny 1 metr, pro provedení měření zařízením 11 pro monitorování provozu na optických vláknech. Toto měření je opakováno v každém ze stanovených bodů v závislosti na požadované míře přesnosti. V tomto případě je měření opakováno 20x. Získané výsledky měření jsou pak znázorněny do grafu a následně jsou zpracovány metodou klouzavých průměrů.

- 5 Výsledky z průběžného průměrování zanášíme také do grafu a dostáváme tak křivku, která ve svém maximu znázorňuje konkrétní délku odpovídající maximálnímu zesílení dopovaného vlákna pro nastavené parametry, což je v tomto případě bod 11, viz obr 4. Doporučené zkrácení vlákna tedy je na 11 metrů.

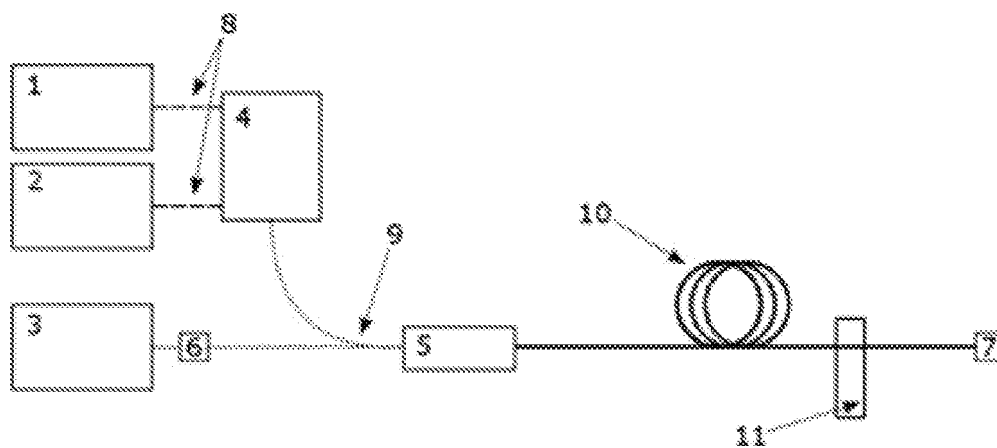
Průmyslová využitelnost

- 10 Nedestruktivní stanovení délky optického vlákna je možné využít například při výrobě a konstrukci optovláknových zesilovacích systémů založených na použití dopovaných vláken jako je například nejčastěji používaný Erbiem dopovaný vláknový zesilovač (EDFA). Tedy v oblastech jako je například senzorika, telekomunikační a sdělovací systémy. A dále v oblasti využívající aplikaci výkonových laserů a v armádních laserových systémech.

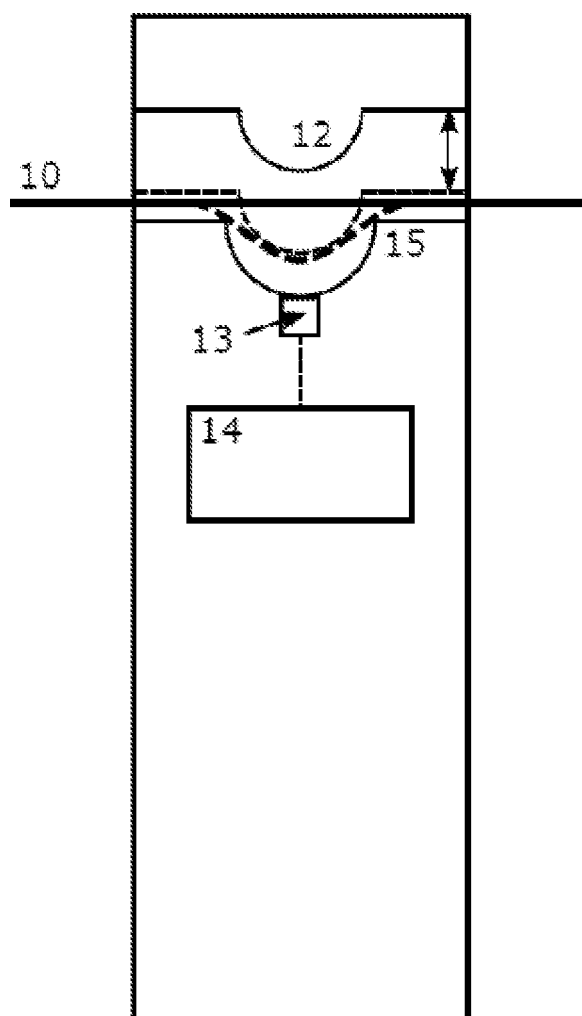
PATENTOVÉ NÁROKY

1. Stanovení délky dopovaného vlákna nedestruktivní cestou **vyznačující se tím**, že pro předem známý dopant je stanovena jemu odpovídající vlnová délka záření čerpacího laseru (4) a vlnová délka vstupního signálu zdroje (3), které jsou optickým vazebním členem (5) sloučeny do jednoho nedopovaného optického vlákna, dopované optické vlákno (10) připojené na optickém vazebním členu (5) je rovnoměrně rozděleno po celé své délce na jednotlivé body pro opakované měření intenzity zesílení optického signálu zařízením (11) pro monitorování provozu na optických vláknech, následně jsou získané výsledky měření graficky znázorněny křivkou, která je porovnána s křivkou z výsledků z průběžného průměrování a získáváme tak bod, který odpovídá maximálnímu zesílení dopovaného vlákna pro nastavené parametry a tedy maximální délku optického vlákna příslušného dopantu.
2. Stanovení délky dopovaného vlákna nedestruktivní cestou podle nároku 1 **vyznačující se tím**, že dopantem je prvek ze skupiny vzácných zemin.
3. Stanovení délky dopovaného vlákna nedestruktivní cestou podle nároku 1 **vyznačující se tím**, že intenzita světelného záření je měřena s prostorovým rozlišením 1 m a méně.
4. Stanovení délky dopovaného vlákna nedestruktivní cestou podle nároku 1 **vyznačující se tím**, že intenzita zesílení optického signálu je přímo úměrná velikosti ohybu dopovaného optického vlákna (10) zařízením (11) pro monitorování provozu na optických vláknech.
5. Stanovení délky dopovaného vlákna nedestruktivní cestou podle nároku 4 **vyznačující se tím**, že poloměr ohybu je přesně definován a neměnný.
6. Stanovení délky dopovaného vlákna nedestruktivní cestou podle nároku 1 **vyznačující se tím**, že je měření nezávislé na typu a složení optického dopovaného vlákna (10).
7. Stanovení délky dopovaného vlákna nedestruktivní cestou podle nároku 1 **vyznačující se tím**, že přesnost měření je přímo úměrná počtu měření, přičemž těchto měření je nejméně 10.

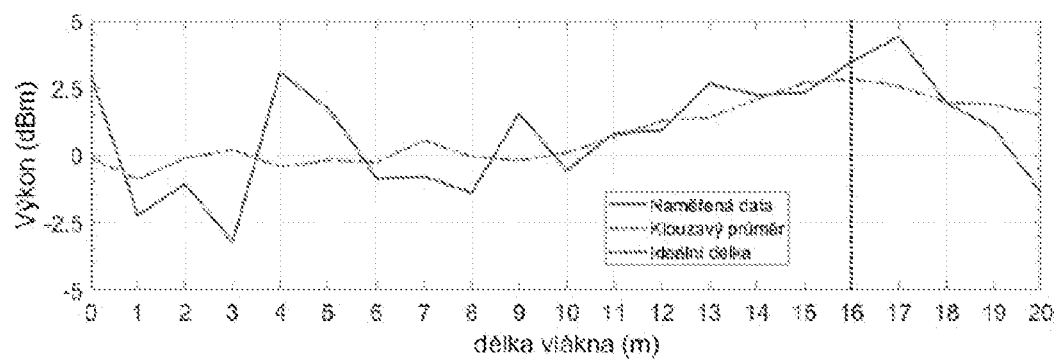
2 výkresy



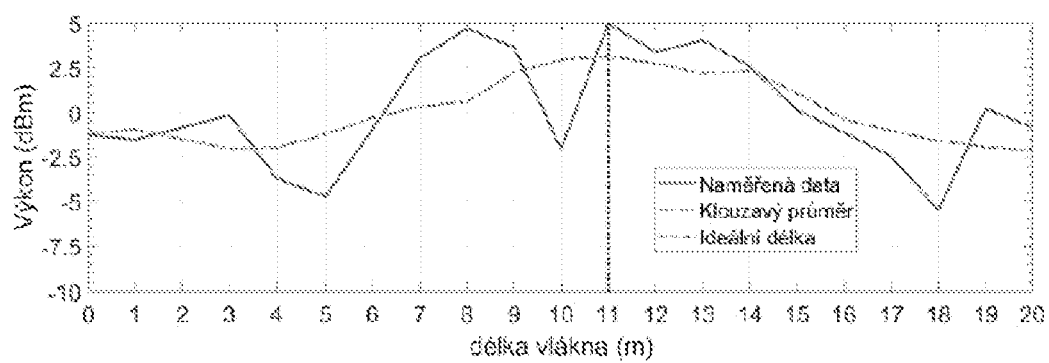
Obr. 1



Obr. 2



Obr. 3



Obr. 4