

PATENTOVÝ SPIS

(11) Číslo dokumentu:

307 839

(13) Druh dokumentu: **B6**

(51) Int. Cl.:

G02B 6/138 (2006.01)

G02B 6/132 (2006.01)

G02B 1/04 (2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA

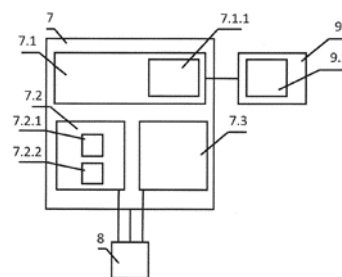


ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2018-92**
(22) Přihlášeno: **23.02.2018**
(40) Zveřejněno: **12.06.2019**
(Věstník č. 24/2019)
(47) Uděleno: **02.05.2019**
(24) Oznámení o udělení ve věstníku: **12.06.2019**
(Věstník č. 24/2019)

(56) Relevantní dokumenty:
Bc. Petr Hypš: Flexibilní optické polymerní vlnovody pro přenos dat mezi elektrooptickými moduly, diplomová práce, ČVUT Praha 2015.
CZ 306971 B6; EP 0535861 A2; US 6778753 B2; US 2003/0002836 A1.

(73) Majitel patentu:
České vysoké učení technické v Praze, Praha 6,
Dejvice, CZ
(72) Původce:
doc. Ing. Václav Prajzler, Ph.D., Praha 5, Stodůlky,
CZ
Ing. Miloš Neruda, Rosice, CZ
Petr Jašek, Buštěhrad, CZ
(74) Zástupce:
RNDr. Silvie Dokulilová, Ph.D., Bašného 279/51,
623 00 Brno, Kohoutovice



(54) Název vynálezu:
**Zařízení pro výrobu samonosných
flexibilních polymerních optických
mnohavidových planárních vlnovodů**

(57) Anotace:
Zařízení pro výrobu samonosných flexibilních polymerních mnohavidových optických planárních vlnovodů, které obsahuje alespoň jeden blok (7) nanášení polymerních vrstev a alespoň jeden blok (8) osvětlování polymerních vrstev UV zářením. Polymerní vrstvy přitom zahrnují spodní funkční vrstvu (1), vlnovodnou vrstvu (2) a horní krycí funkční vrstvu (3) a také alespoň jednu dočasnou polymerní vrstvu (5). Blok (7) nanášení dočasných polymerních vrstev v sobě zahrnuje blok (7.1) nanášení dočasných polymerních vrstev (5), když tento blok (7) obsahuje také sekci (7.1.1) vkládání dočasné podložky (6) pro nanášení dočasných polymerních vrstev (5). Zařízení dále zahrnuje rovněž alespoň jeden blok (9) odstraňování dočasných polymerních vrstev (5), v němž je obsažena také sekce (9.1) oddělení dočasné podložky (6).

CZ 307839 B6

Zařízení pro výrobu samonosných flexibilních polymerních optických mnohavidových planárních vlnodů

5 Oblast techniky

Mnohavidové optické planární vlnovody řeší problém přenosu dat pomocí světla na krátké vzdálenosti. Optické planární vlnovody umožní přenos dat s větší přenosovou rychlostí a s větším objemem dat než umožňuje doposud hlavně používané spojení pomocí metalického propojování nebo bezdrátové komunikace. Hlavní využití této komunikace je propojování desek plošných spojů, pro optickou komunikaci mezi čipy nebo pro spojení rack-rack v datových centrech.

15 Dosavadní stav techniky

Datové komunikace na velké vzdálenosti v současnosti výhradně používají komunikaci pomocí optických vláknových vlnodů, kde jsou používána křemenná optická vlákna s průměrem jádra optického vlnovodu 4 až 9 μm a pláštěm 125 μm . V metropolitních sítích na kratší vzdálenosti jsou pak používána křemenná optická vlákna s průměrem jádra vláken 50 nebo 62,5 μm a průměrem pláště 125 μm . Tato křemenná optická vlákna jsou provozována v rozsahu vlnových délek 1250 až 1650 nm. Je to z důvodu, že na těchto vlnových délkách mají křemenná vlákna nízký optický útlum a na vlnové délce 1310 nm mají nízkou disperzi. V automobilovém průmyslu jsou také používána polymerní optická vlákna POF, Platic Optical Fiber, kdy tato vlákna mají nejčastěji průměr vlnovodného jádra 980 μm a průměr pláště 1000 μm . V poslední době jsou také používána POF vlákna s průměrem jádra vlnovodu 730 μm a průměrem pláště 750 μm . Vlnovodná jádra těchto vlnodů jsou zpravidla vyrobena z polymeru polymethylmethakrylát, označovaného zkratkou PMMA, a jsou používána na vlnové délce ve viditelném spektru, zpravidla na vlnové délce 650 nm, kdy přenos dat probíhá do vzdálenosti maximálně 100 až 200 m.

S rozvojem informačních technologií stále narůstají požadavky na přenosové rychlosti a objem přenášených a zpracovávaných dat. Z tohoto důvodu v systémech jako jsou datová centra, super rychlé počítače apod., kde doposud byla komunikace prováděna pomocí metalických propojení, je tato komunikace nahrazována pomocí komunikace optické. Pro tyto nové aplikace jsou vyvíjeny nové technologie a nové typy optických vlnodů. Jednou z možností je místo propojení pomocí optických vláknových vlnodů použít vlnovody planární. Pro realizaci vlastní fotonické struktury je pak základem kanálkový vlnovod, kde je vlnovodná struktura prostorově omezena.

Planární optické vlnovody mohou být vyrobeny z polovodičových materiálů, kde je vlnovodná vrstva nanášena na planární podložku (substrát), nebo do skleněných podložek nebo optických krystalů, kde je vlnovod vytvořen pomocí difuze nebo iontové výměny. Tento typ vlnodů má vhodné vlastnosti, ale jejich výroba je náročnější a také v mnoha případech je nutné pracovat s technologickými procesy, které vyžadují užití chemických látek, které zatěžují životní prostředí. Ve výsledku mají takto vyrobené optické vlnovody vysokou cenu. Při použití těchto materiálů nelze také vyrobit vlnovody, které by byly ohebné (pružné, flexibilní) protože jsou realizovány na pevné planární podložce.

45 Proto jsou hledány nové materiály, které by měly nízký optický útlum na provozovaných vlnových délkách. V poslední době je věnována velká pozornost polymerům, které by umožnily nahrazení optických planárních vlnodů, realizovaných pomocí polovodičů atd.

50 Tyto nově vyvinuté polymery se vyznačují nižšími náklady, méně zatěžují životní prostředí a pro výrobu lze použít technologie kompatibilní s polovodičovými technologiemi.

Takto realizované optické vlnovody jsou určeny pro pracovní vlnové délky 850 nm, kde mají nově vyvinuté polymery nízký optický útlum a lze použít optické zdroje, vysílače a detektory, optické přijímače s nižšími náklady, kde jsou standardně používané vysílače a přijímače pracující v systémech

s křemennými optickými vlákny 1250 až 1650 nm. Tyto vlnovody jsou také zpravidla realizovány s rozměry jádra vlnovodu 50 x 50 μm (šířka x výška) a jsou tedy kompatibilní s mnohavidovými optickými vlákny 50/125 μm . Další výhodou je jejich mechanická ohebnost-flexibilita. Proto pro tento typ planárních optických vlnovodů jsou testovány nové polymerní vlnovody realizované na flexibilních podložkách.

Je známé řešení pro výrobu polymerního vlnovodu na pevné podložce jako je Si (křemíková podložka) nebo sklo, které bylo popsáno v práci autorů N. Bamiedakis et al. s názvem Cost-Effective Multimode Polymer Waveguides for High-Speed On-Board Optical Interconnects, zveřejněné v IEEE Journal of Quantum Electronics, vol. 45, no. 4, 2009, kde autoři použili standardní fotolitografický proces a vytvořili vlnovod ve tvaru spirály z polymerních materiálů vyvinutých firmou Dow Corning, kde siloxanový polymer OE-4140 byl použit jako jádro vlnovodu a polymer OE-4141 byl použit jako dolní mezivrstva a horní krycí vrstva.

Byly také popsány polymerní flexibilní optické vlnovody, prezentované V. Prajzlerem et al. s názvem Properties of Multimode Optical Epoxy Polymer Waveguides Deposited on Silicon and TOPAS Substrate, Radioengineering, vol. 26, no. 1, 2017. Tyto vlnovody byly realizovány na ohebné podložce z polymeru Cyclic Olefin Copolymer TOPAS 8007X4 a vlnovodnou vrstvou pak tvořil epoxy polymer EpoCore a odděľující vrstvou tvořil epoxy polymer EpoClad dodané firmou Micro resist technology GmbH. Realizované vlnovody měly geometrické rozměry 50 x 50 μm (výška x šířka) a měly optický útlum nižší než 0,3 $\text{dB}\cdot\text{cm}^{-1}$ a nejnižší útlum byl změřen 0,16 $\text{dB}\cdot\text{cm}^{-1}$ na vlnové délce 850 nm.

Je také známé řešení, popsané Y. Huang et al.: Demonstration of Flexible Freestanding All-Polymer Integrated Optical Ring Resonator Devices, Adv. Mater. Vol. 16, No. 1, 2004, kde byl popsán optický polymerní mikrozonaťor, který byl realizován jako samonosný, tzv. free standing. Rozměr vlnovodů byl 2 x 2 μm (výška x šířka) s poloměrem mikrozonaťoru 100 μm . Struktura byla určena pro vlnovou délku 1550 nm. Mikrozonaťor byl vyroben na křemíkové podložce, na kterou byla napařena vrstva zlata a chromu. Na tuto podložku byla nanášena přechodová vrstva z polymeru UV 15, následovalo nanášení vlnovodné vrstvy z polymeru Su8 a horní krycí vrstvou tvořil polymer OG125. Struktura mikrozonaťoru byla vytvořena pomocí elektronové litografie a mokrého leptání. V závěrečném výrobním kroku byl mikrozonaťor odtrhnut od křemíkové podložky a výsledný mikrozonaťor pak měl podobu tzv. free standing struktury.

Je také známé řešení popsané v českém patentu CZ 306971 B6 - Způsob výroby flexibilních mnohavidových optických planárních vlnovodů a zařízení k provádění tohoto způsobu a užitém vzoru CZ 30054 U1 - Zařzení pro výrobu flexibilních mnohavidových optických planárních vlnovodů, kde je zveřejněn postup pro výrobu flexibilních polymerních optických vlnovodů.

Nevýhodou výše zmíněných řešení je, že umožní realizaci optických vlnovodů za nutnosti použití podložek anebo technologicky náročných zařízení jako je elektronová litografie a použití drahých kovů jako je zlato a chrom.

Podstata vynálezu

Výše uvedené nedostatky odstraňuje zařízení pro výrobu samonosných flexibilních mnohavidových optických planárních vlnovodů podle předkládaného vynálezu, v němž je navrženo jejich provedení bez podložky, jde tedy o tzv. free standing struktury.

Navržené zařízení je určeno pro výrobu samonosných flexibilních polymerních mnohavidových optických planárních vlnovodů obsahujících polymerní vrstvy. Zařzení obsahuje alespoň jeden blok nanášení polymerních vrstev a alespoň jeden blok osvětlování polymerních vrstev UV zářením, přičemž tyto polymerní vrstvy zahrnují spodní funkční vrstvu, vlnovodnou vrstvu a horní krycí funkční vrstvu.

5 Polymerní vrstvy přitom obsahují také dočasné polymerní vrstvy. Podstatou zařízení je to, že blok pro nanášení polymerních vrstev obsahuje také sekci vkládání dočasné podložky pro nanášení dočasných polymerních vrstev, přičemž zařízení dále zahrnuje rovněž alespoň jeden blok pro odstraňování dočasných polymerních vrstev, v němž je obsažena také sekce oddělení dočasné podložky. Blok nanášení polymerních vrstev přitom zahrnuje zvláštní blok nanášení dočasných polymerních vrstev.

Je výhodné, když v sobě blok nanášení polymerních vrstev zahrnuje rovněž zvláštní blok nanášení spodní funkční vrstvy a horní krycí funkční vrstvy a zvláštní blok nanášení vlnovodné vrstvy.

10 V jednom výhodném provedení je blok nanášení spodní funkční vrstvy a horní krycí funkční vrstvy rozdělen na speciální blok nanášení spodní funkční vrstvy a speciální blok nanášení horní krycí funkční vrstvy.

15 Je navrženo také výhodné provedení, v němž blok nanášení spodní funkční vrstvy a horní krycí funkční vrstvy obsahuje zařízení pro nanášení optické tenké vrstvy s prvním indexem lomu a v němž blok nanášení vlnovodné vrstvy obsahuje zařízení pro nanášení optické tenké vrstvy s druhým indexem lomu, přičemž druhý index lomu je při stejné vlnové délce vyšší než první index lomu.

20 Výhodné je také provedení, v němž blok nanášení dočasných polymerních vrstev obsahuje zařízení pro nanášení polyvinylalkoholu.

Je výhodné, když blok odstraňování dočasných polymerních vrstev obsahuje zařízení pro mechanické oddělování dočasných polymerních vrstev.

25 V jiném výhodném provedení blok odstraňování dočasných polymerních vrstev obsahuje zařízení pro rozpouštění dočasných polymerních vrstev.

V této variantě je také výhodné, když blok odstraňování dočasných polymerních vrstev obsahuje přívod demineralizované vody.

30 Zařízení může být doplněno také tak, že za blok odstraňování dočasných polymerních vrstev je zařazen laminátor určený pro laminaci papíru.

35 Výhodou tohoto zařízení je zejména to, že umožňuje vyrábět flexibilní mnohavidové optické planární vlnovody bez nutnosti použití flexibilních podložek.

Objasnění výkresů

40 Na obr. 1 je uveden příklad finálního provedení optického planárního mnohavidového vlnovodu realizovaného pomocí zařízení podle předkládaného vynálezu.

45 Na obr. 2 je znázorněn meziprodukt výroby tohoto vlnovodu, který ještě obsahuje dočasnou podložku a dočasnou polymerní vrstvu a ještě neobsahuje ochrannou fólii.

Na obr. 3 je znázorněno blokové schéma zařízení, které je předmětem předkládaného vynálezu.

Příklady uskutečnění vynálezu

50 Níže uvedené příklady ukazují jen některá z možných konkrétních provedení zařízení dle předkládaného řešení, přičemž i kombinace těchto výhodných provedení spadají do předmětu ochrany vynálezu. Rovněž do předmětu ochrany spadají zařízení s některými odlišnými parametry oproti těm, které jsou uvedeny níže u výhodných provedení - zařízení dle předkládaného vynálezu tak může
55 například realizovat i vlnovody s jinými rozměry a nanášet polymery jiných např. optických vlastností,

než je uvedeno v příkladech níže, mohou být také využity jiné způsoby nanášení polymerních vrstev, než je níže uvedené rotační lití apod.

5 Na obr. 1 je uvedeno topologické schéma příkladného finálního provedení optického planárního mnohavidového vlnovodu, který je vyroben pomocí zařízení dle předkládaného řešení za použití dočasné polymerní vrstvy 5, typicky z polyvinylalkoholu, zkráceně PVA.

10 Na obr. 1 je znázorněna spodní funkční vrstva 1, typicky z materiálu s komerčním názvem EpoClad nebo jiného polymerního vlnovodného materiálu, vlnovodná vrstva 2, typicky z materiálu s komerčním názvem EpoCore nebo jiného polymerního vlnovodného materiálu, horní krycí funkční vrstva 3, typicky z materiálu s komerčním názvem EpoClad nebo jiného polymerního vlnovodného materiálu a ochranná fólie 4. Vždy přitom platí, že index vlnovodné vrstvy 2 je při stejné vlnové délce vyšší než index lomu spodní funkční vrstvy 1 i než index lomu horní krycí funkční vrstvy 3. Pro příklad uvádíme indexy lomu výše zmíněných typických materiálů na vlnové délce 850 nm: v případě polymeru EpoCore je index lomu 1,586, v případě polymeru EpoClad 1,574.

20 Na obr. 2 je zakresleno topologické schéma meziprojektu výroby tohoto vlnovodu v zařízení dle předkládaného vynálezu, kde je vidět také dočasná podložka 6 a dočasná polymerní vrstva 5. Dočasných polymerních vrstev 5 může být naneseno i více na sobě, přitom mohou být z různých druhů polymerů, jejichž různé vlastnosti mohou být vhodné např. z jedné strany u níže uložené dočasné polymerní vrstvy 5 pro aplikaci na dočasnou podložku 6 a z druhé strany u výše uložené dočasné polymerní vrstvy 5 vhodné pro nanesení spodní funkční vrstvy 1: Dočasná polymerní vrstva 5 může být v jednom provedení z polymeru PVA. Dočasnou podložkou 6 může být s výhodou podložka z křemíku nebo ze skla.

25 Blokové schéma zařízení pro výrobu samonosných flexibilních polymerních optických mnohavidových planárních vlnovodů je uvedeno na obr. 3, přičemž zde ukázané zařízení je kombinací několika výhodných provedení, která nemusejí být vždy současně přítomna.

30 Zařízení vždy obsahuje alespoň jeden blok 7 nanášení polymerních vrstev a alespoň jeden blok 8 osvětlování polymerních vrstev UV zářením. Uvedené polymerní vrstvy, které jsou v zařízení nanášeny, zahrnují spodní funkční vrstvu 1, vlnovodnou vrstvu 2 a horní krycí funkční vrstvu 3, a na rozdíl od stavu techniky mezi polymerní vrstvy, které jsou v zařízení nanášeny v bloku 7 nanášení polymerních vrstev, patří i alespoň jedna dočasná polymerní vrstva 5. Tato dočasná polymerní vrstva 5 se v zařízení nanáší na dočasnou podložku 6. Blok 7 nanášení polymerních vrstev obsahuje také sekci 7.1.1 vkládání této dočasné podložky 6.

40 Zařízení dále také vždy zahrnuje rovněž alespoň jeden blok 9 odstraňování dočasných polymerních vrstev 5, v němž je obsažena také sekce 9.1 oddělení dočasné podložky 6.

Tento blok 9 pro odstraňování dočasných polymerních vrstev 5 je řazen vedle bloku 7 nanášení polymerních vrstev.

45 Další bloky zahrnuté na obr. 3 už odpovídají specifickým výhodným provedením, která nemusejí být v zařízení dle předkládaného vynálezu obsažena vždy.

50 Je tak například výhodné, když je blok 7 nanášení polymerních vrstev rozdělen na různé bloky pro nanášení různých typů polymerních vrstev, což ale není podmínkou nutnou fungování zařízení, je možné také provedení, v němž blok 7 není rozdělen, a všechny typy polymerních vrstev se tedy nanášejí v jediném bloku, nebo je rozdělen na méně podbloků, než je uvedeno na obr. 3.

Jak je znázorněno na obr. 1, blok 7 nanášení polymerních vrstev v sobě zahrnuje zvláštní blok 7.1 nanášení dočasných polymerních vrstev 5.

Rovněž je výhodné, když v sobě blok 7 nanášení polymerních vrstev zahrnuje také samostatný blok 7.2 nanášení spodní funkční vrstvy 1 a horní krycí funkční vrstvy 3, což je vhodné proto, že spodní funkční vrstva 1 a horní krycí vrstva 3 bývají typicky ze stejného materiálu.

- 5 Naproti tomu vlnovodná vrstva 2 je z jiného materiálu, proto je výhodné, když je v bloku 7 nanášení polymerní vrstev zahrnut i a zvláštní blok 7.3 nanášení vlnovodné vrstvy 2.

Dále jsou možná a výhodná některá specifická provedení výše uvedených bloků:

- 10 Tak například blok 7.2 nanášení spodní funkční vrstvy 1 a horní krycí funkční vrstvy 3 je ve výhodném provedení znázorněném na obr. 3 rozdělen na speciální blok 7.2.1 nanášení spodní funkční vrstvy 1 a speciální blok 7.2.2 nanášení horní krycí funkční vrstvy 3, což může být výhodné pro urychlení procesu výroby.

- 15 Jelikož spodní funkční vrstva 1 a horní krycí funkční vrstva 3 jsou z materiálu s nižším indexem lomu než vlnovodná vrstva 2, je výhodné, když blok 7.2 nanášení spodní funkční vrstvy 1 a horní krycí funkční vrstvy 3 obsahuje zařízení pro nanášení optické tenké vrstvy s indexem lomu, zatímco blok 7.3 nanášení vlnovodné vrstvy 2 obsahuje zařízení pro nanášení optické tenké vrstvy s druhým indexem lomu, přičemž druhý index lomu je při stejné vlnové délce vyšší než první index lomu. Blok 7.2
20 nanášení spodní funkční vrstvy 1 a horní krycí funkční vrstvy 3 může být uzpůsoben například pro nanášení materiálu EpoClad, blok 7.3 nanášení vlnovodné vrstvy 2 může být uzpůsoben pro nanášení materiálu EpoCore.

- 25 Původci tohoto vynálezu experimentálně ověřili, že jako dočasnou polymerní vrstvu 5 je vhodné zvolit vrstvu z materiálu polyvinylalkohol (dále PVA). Je proto výhodné, když blok 7.1 nanášení dočasných polymerních vrstev 5 obsahuje zařízení pro nanášení vrstvy PVA.

- 30 Blok 9 odstraňování dočasných polymerních vrstev 5 v sobě s výhodou obsahuje zařízení pro mechanické oddělování dočasných polymerních vrstev 5.

- 35 Alternativou je pak odstraňování dočasných polymerních vrstev 5 mechanicky. Pro tento účel blok 9 odstraňování dočasných polymerních vrstev 5 obsahuje zařízení pro rozpouštění dočasných polymerních vrstev 5. Rozpouštění je s výhodou prováděno pomocí demineralizované vody, proto blok 9 odstraňování dočasných polymerních vrstev 5 ve výhodném provedení obsahuje přívod demineralizované vody.

- 40 Je rovněž výhodné, když je na konci procesu výroby vzniklý vlnovod zalaminován, proto je výhodné, když je za blok 9 odstraňování dočasných polymerních vrstev 5 zařazen laminátor, přičemž s výhodou lze využít laminátor určený pro laminaci papíru.

- 45 Funkce zařízení je popsána níže, přičemž kromě základní funkce zařízení jsou specifikovány i např. některé výhodné způsoby nanášení polymerních vrstev, které ale nejsou nezbytné. Rozměrové, teplotní a časové parametry i komerční označení použitých materiálů jsou uváděny pro příklad výhodných provedení, jsou možná ale i jiná provedení vynálezu s odlišnými parametry.

- 50 V jednom příkladném provedení je dočasná polymerní vrstva 5 nanášena optimálně pomocí metody rotačního lití v bloku 7.1 nanášení dočasných polymerních vrstev na dočasnou podložku 6, která je vložena v sekci vkládání dočasné podložky 7.1.1. Spodní funkční vrstva 1, horní krycí funkční vrstva 3 a vlnovodná vrstva 2 mohou být v jednom příkladném provedení také nanášeny pomocí metody rotačního lití. Jsou ale možné i jiné způsoby nanášení těchto vrstev. Blok osvětlování polymerních vrstev UV zářením 8 slouží k vytvrzení spodní funkční vrstvy 1, vlnovodné vrstvy 2 a horní krycí funkční vrstvy 3. V jednom výhodném provedení může být blok 8 osvětlování polymerních vrstev UV zářením obsahovat optický litograf, v jiném výhodném provedení osvitovou jednotku určenou pro osvit
55 desek plošných spojů, možná je také kombinace obou těchto zařízení v jednom bloku 8 osvětlování polymerních vrstev UV zářením. Blok 9 odstraňování dočasných polymerních vrstev obsahuje sekci

9.1 oddělení dočasné podložky 6. V jenom výhodném provedení je dočasná podložka rozpuštěna v demineralizované vodě.

Dočasná podložka 6 je vložena do bloku 7 nanášení polymerních vrstev v sekci 7.1.1 vkládání dočasné podložky. Na dočasnou podložku 6, která může být ze skla nebo z křemíku, je v bloku 7 nanášení polymerních vrstev, konkrétně ve zvláštním bloku 7.1 nanášení dočasných polymerních vrstev, nanášena dočasná polymerní vrstva 5, typicky z PVA. Jednou z možností je, že materiál PVA je dodáván ve formě granulí nebo prášku a PVA je rozpuštěno v demineralizované vodě v poměru 1 g PVA na 25 ml demineralizované vody, rozpuštění pak probíhá při teplotě 60 °C po dobu 60 minut. Pro rozpuštění je pak kapalné PVA použito jako dočasná polymerní vrstva 5, která je nanášena technologií rotačního lití na dočasnou podložku 6. Na dočasnou polymerní vrstvu 5 je pak nanášena spodní funkční vrstva 1, nejvýhodněji pomocí metody rotačního lití, přičemž otáčky jsou přizpůsobeny nanášené tloušťce. Tloušťka spodní funkční vrstvy 1 musí být větší nebo rovna 20 µm. V jednom z provedení může být spodní funkční vrstva 1 tvořena z polymerního materiálu epoxidové pryskyřice EpoClad.

Po nanášení spodní funkční vrstvy 1, kterou tvoří materiál EpoClad, je vrstva zahřívána na plotně pro ohřev desek na teplotu 50 °C po dobu 10 minut, potom je teplota postupně zvyšována rychlostí 10 °C za minutu až do teploty 90 °C. Při této teplotě je vzorek ponechán po dobu 10 minut. Potom je vzorek ochlazen na pokojovou teplotu a vytvrzen pomocí UV záření v bloku 8 osvětlování polymerních vrstev UV zářením po dobu 2 minut. Vytvrzení pomocí UV světla je v rámci bloku 8 s výhodou provedeno pomocí osvitové jednotky pro desky plošných spojů, která umožňuje velkoformátový osvit. Výhodou tohoto postupu jsou nižší pořizovací a provozní náklady než při použití optického litografu. Následuje opět ohřev na plotně na teplotu 50 °C po dobu 10 minut, potom je teplota opět postupně zvyšována rychlostí 10 °C za minutu až do teploty 90 °C, kdy je vzorek vystaven této teplotě po dobu 10 minut.

Následuje nanášení vlnovodné vrstvy 2, která je s výhodou tvořena epoxidovou pryskyřicí EpoCore. Nanášení vlnovodné vrstvy 2 na spodní funkční vrstvu 1 je opět s výhodou provedeno pomocí metody rotačního lití, kde jsou otáčky nastaveny tak, aby byla nanášena vrstva EpoCore s tloušťkou 50 µm. Po nanášení vlnovodné vrstvy 2 je vlnovodná vrstva 2 zahřívána na plotně na teplotu 50 °C po dobu 10 minut a potom je teplota postupně zvyšována rychlostí 10 °C za minutu až do teploty 90 °C. Při této teplotě je vzorek ponechán po dobu 10 minut. Vytvoření optických vlnovodů o šířce vlnovodných kanálů o rozměru typicky 50 µm je provedeno pomocí optického litografu osvitem UV zářením přes chromovou masku, přičemž optický litograf je umístěn v bloku 8 osvětlování polymerních vrstev UV zářením. Vzorek je pak zahříván na teplotu 50 °C po dobu 10 minut, potom je teplota postupně zvyšována rychlostí 10 °C za minutu až do teploty 90 °C. Při této teplotě je vzorek ponechán po dobu 10 minut. Po ochlazení vzorku na pokojovou teplotu dojde ke vložení vzorku do vývojky, typicky s komerčním označením mr-Dev 600. Při tomto technologickém kroku je odleptána neosvícená část vlnovodné vrstvy 2. Po vytažení vzorku z vývojky je vzorek omyt v izopropylalkoholu a v demineralizované vodě. Takto je vytvořen optický mnohavidový kanálkový vlnovod s rozměrem 50 x 50 µm (výška x šířka) a délkou optického vlnovodu až 8 cm.

Následuje nanášení horní krycí funkční vrstvy 3, která je typicky tvořena stejným materiálem jako spodní funkční vrstva 1, epoxidovou pryskyřicí EpoClad. Nanášení horní krycí funkční vrstvy 3 je opět provedeno pomocí metody rotačního lití tak, aby tloušťka horní krycí funkční vrstvy 3 byla minimálně 20 µm. Po nanášení horní krycí vrstvy 3 je vzorek zahříván na plotně na teplotu 50 °C po dobu 10 minut, potom je teplota postupně zvyšována rychlostí 10 °C za minutu až do teploty 90 °C. Při této teplotě je vzorek ponechán po dobu 10 minut. Potom je vzorek ochlazen na pokojovou teplotu a vytvrzen pomocí UV záření po dobu 2 minut v osvitové jednotce pro osvit desek plošných spojů, která je součástí bloku 8 osvětlování polymerních vrstev UV zářením. Následuje opět ohřev a to na teplotu 50 °C po dobu 10 minut, potom je teplota opět postupně zvyšována rychlostí 10 °C za minutu až do teploty 90 °C, kdy je vzorek vystaven této teplotě po dobu 10 minut.

Nanášení spodní funkční vrstvy 1 se provádí v bloku 7 nanášení polymerních vrstev, s výhodou pak ve zvláštním bloku 7.2 nanášení spodní funkční vrstvy 1 a horní krycí funkční vrstvy 3. V nejvýhodnějším

provedení je pak pro nanášení spodní funkční vrstvy vyhrazen speciální blok 7.2.1 nanášení spodní funkční vrstvy 1.

5 Obdobně nanášení horní krycí funkční vrstvy 3 se provádí v bloku 7 nanášení polymerních vrstev, s výhodou pak ve zvláštním bloku 7.2 nanášení spodní funkční vrstvy 1 a horní krycí funkční vrstvy 3. V nejvýhodnějším provedení je pak pro nanášení horní krycí funkční vrstvy vyhrazen speciální blok 7.2.2 nanášení horní krycí funkční vrstvy 3.

10 Nanášení vlnovodné vrstvy 2 se provádí v bloku 7 nanášení polymerních vrstev, s výhodou pak ve zvláštním bloku 7.3 nanášení vlnovodné vrstvy 2.

Vznikne tak struktura, která je vyobrazena na obr. 2.

15 Následuje oddělení vytvořené struktury vrstev 1, 2 a 3 od skleněné nebo křemíkové dočasné podložky 6 v bloku odstraňování dočasné polymerní vrstvy 5. Oddělení lze provést mechanicky odtržením spodní funkční vrstvy 1 od dočasné polymerní vrstvy 5. Mechanické oddělení se může provádět strojově nebo manuálně. V případě manuálního oddělení se nejdříve opatrně skalpelem oddělí začátek spodní funkční vrstvy 1 od dočasné polymerní vrstvy 5, která je na dočasné podložce 6. Pak dojde k úplnému oddělení vrstev 1, 2 a 3 od dočasné podložky 6 s dočasnou polymerní vrstvou 5 pomocí
20 pinzety, kde toto proběhne v sekci 9.1 oddělení dočasné podložky 6.

Jinou možností, jak oddělit dočasnou podložku 6 od struktury vrstev 1, 2 a 3, je rozpuštění dočasné
25 polymerní vrstvy 5 v bloku 9 odstraňování dočasných polymerních vrstev. Po tomto rozpuštění je v sekci 9.1 oddělení dočasné podložky 6 tato podložka oddělena od struktury vrstev 1, 2 a 3. Rozpuštění dočasné polymerní vrstvy 5 je s výhodou provedeno pomocí demineralizované vody a dojde tím k oddělení struktur vrstev 1, 2 a 3 od dočasné podložky 6. Za tímto účelem blok 9 odstraňování dočasných polymerních vrstev 5 obsahuje přívod demineralizované vody. Demineralizovaná voda je přivedena do nádoby, kterou je možno zahřát na vyšší teplotu až cca 50 °C pro snazší a rychlejší oddělení vlnovodné struktury vrstev 1, 2, 3 od dočasné podložky 6.

30 Následuje zalaminování optického vlnovodu do ochranné fólie 4 pro větší odolnost proti mechanickému poškození. Zalaminování je s výhodou provedeno pomocí laminátoru pro laminaci papíru. Laminátor je zařazen za blok 9 odstraňování dočasných polymerních vrstev 5. Vhodný je například laminátor pro kancelářské účely Neptune™ 2 125 Laminator, kdy je použita standartní laminovací fólie s tloušťkou 80 µm. Po tomto kroku je vytvořena struktura podle vyobrazení na obr. 1. Výhodou oproti vlnovodným strukturám, které navíc obsahují podložku a/nebo strukturám, které nejsou zalaminovány, je větší odolnost proti mechanickému poškození, menší hmotnost, větší ohebnost a snazší manipulace.

40 Následuje nařezání na čipy a případně nakonektorování.

Optický kanálkový vlnovod je na obou koncích seříznut pomocí diamantové kotoučové pily, kde je pro dosažení optické kvality čel vlnovodů použito rychlost otáček 30 000 otáček za minutu s rychlostí posunu 1 mm/s.

45 Na závěr může být k optickému vlnovodu připevněn optický konektor (např. standartní MTO/MTP konektor), který není uveden na přiloženém výkrese a který umožní propojování běžně používaných optoelektronických modulů.

50 Na závěr uvádíme ještě podrobnosti k technologiím, které mohou být s výhodou použity v zařízení podle předkládaného řešení, a některé výhodné zejména rozměrové parametry.

Součástí bloku 7 nanášení polymerních vrstev i součástí každého z jeho podbloků může být zařízení pro nanášení tenkých vrstev pomocí metody rotačního lití, tzv. spin coater, který umožní nanášení dočasné polymerní vrstvy 5, dále pak nanášení spodní funkční vrstvy 1, vlnovodné vrstvy 2 a horní
55

krycí funkční vrstvy 3. V jednom výhodném provedení je součástí bloku 8 osvětlování polymerních vrstev UV zářením optický litograf, který je určen pro osvit vlnovodné vrstvy 2, a velkoplošná osvitová jednotka určená pro osvit desek plošných spojů, která je určena pro osvit spodní funkční vrstvy 1 a horní krycí funkční vrstvy 3.

V jednom provedení je nanášení vrstev prováděno pomocí technologie rotačního lití, které umožňuje změnu rychlosti otáček držáku podložek, a to tak, aby bylo možno nanést dočasnou polymerní vrstvu 5, typicky z PVA, s tloušťkou v oboustranně uzavřeném intervalu od 10 do 500 nm, spodní funkční vrstvu 1 s tloušťkou větší než 20 µm, vlnovodnou vrstvu 2 s tloušťkou v intervalu od 45 µm do 55 µm a horní krycí funkční vrstvu 3 s tloušťkou větší než 20 µm.

V dalším výhodném provedení zařízení obsahuje právě jeden blok pro nanášení polymerních vrstev, který obsahuje zařízení pro rotační lití, kde tloušťka nanášených vrstev je řízena rychlostí otáček držáku pro podložky.

Vlnovod je tvořen spodní funkční vrstvou 1, která musí mít tloušťku minimálně 20 µm, na kterou je nanášena vlnovodná vrstva 2, s typickými rozměry 50 x 50 µm (výška x šířka) a minimální délkou 4 cm, na kterou je nanášena horní krycí funkční vrstva 3, která je ze stejného materiálu jako spodní funkční vrstva 1 a také musí mít minimální tloušťku 20 µm. V některých provedeních je pak možno pro větší odolnost mechanického namáhání provést zalaminování pomocí laminační ochranné fólie 4.

Zařízení pro rotační lití je používáno pro nanášení polymerních vrstev, například fotorezistů, v polovodičovém průmyslu. V zařízení dle předkládaného technického řešení musí nanášení polymerních vrstev, tj. spodní funkční vrstvy 1, vlnovodné vrstvy 2, horní krycí funkční vrstvy 3 a dočasné polymerní vrstvy 5, probíhat při přesně definovaných otáčkách, s definovaným zrychlením a po určité době, aby byly jednotlivé nanášené vrstvy homogenní a měly požadovanou tloušťku.

Průmyslová využitelnost

Předkládané řešení je využitelné pro výrobu flexibilních polymerních optických vlnovodů k propojování čip-čip nebo desek plošných spojů pomocí optického signálu. Výhodou tohoto řešení je možnost výroby optických flexibilních vlnovodů, které pro výrobu nevyžadují použití flexibilní podložky.

PATENTOVÉ NÁROKY

1. Zařízení pro výrobu samonosných flexibilních polymerních mnohavidových optických planárních vlnovodů obsahujících polymerní vrstvy, kde toto zařízení obsahuje alespoň jeden blok (7) nanášení polymerních vrstev a alespoň jeden blok (8) osvětlování polymerních vrstev UV zářením, přičemž tyto polymerní vrstvy zahrnují spodní funkční vrstvu (1), vlnovodnou vrstvu (2) a horní krycí funkční vrstvu (3), **vyznačující se tím**, že zmíněné polymerní vrstvy zahrnují také alespoň jednu dočasnou polymerní vrstvu (5) a že blok (7) nanášení polymerních vrstev v sobě zahrnuje blok (7.1) nanášení dočasných polymerních vrstev (5), když tento blok (7) nanášení polymerních vrstev obsahuje také sekci (7.1.1) vkládání dočasné podložky (6) pro nanášení dočasných polymerních vrstev (5), přičemž zařízení dále zahrnuje rovněž alespoň jeden blok (9) odstraňování dočasných polymerních vrstev (5), v němž je obsažena také sekce (9.1) oddělení dočasné podložky (6).

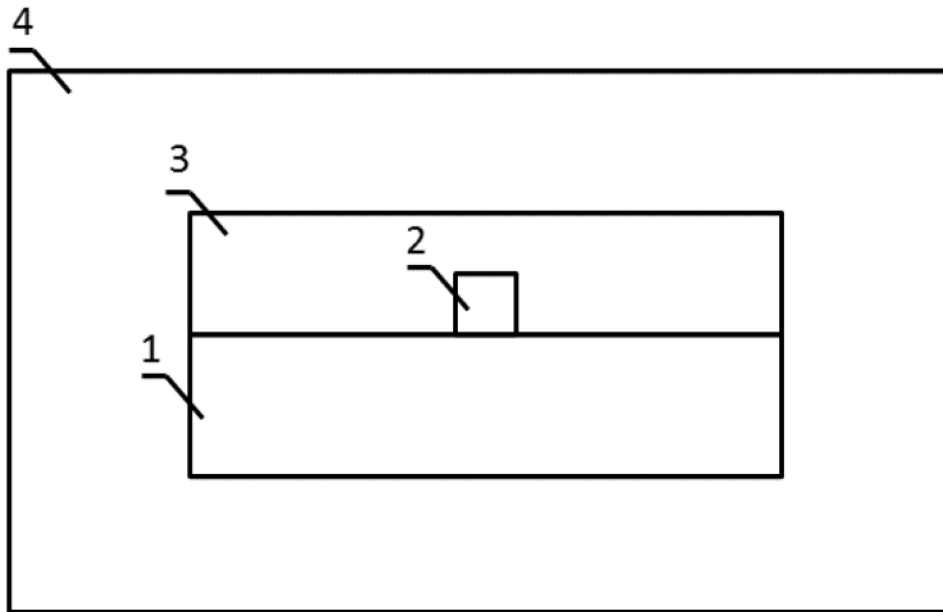
2. Zařízení podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že blok (7) nanášení polymerních vrstev v sobě zahrnuje rovněž blok (7.2) nanášení spodní funkční vrstvy (1) a horní krycí funkční vrstvy (3) a blok (7.3) nanášení vlnovodné vrstvy (2).

3. Zařízení podle nároku 2, **vyznačující se tím**, že blok (7.2) nanášení spodní funkční vrstvy (1) a horní krycí funkční vrstvy (3) je rozdělen na speciální blok (7.2.1) nanášení spodní funkční vrstvy (1) a speciální blok (7.2.2) nanášení horní krycí funkční vrstvy (3).
- 5
4. Zařízení podle nároku 2 nebo 3, **vyznačující se tím**, že blok (7.2) nanášení spodní funkční vrstvy (1) a horní krycí funkční vrstvy (3) obsahuje zařízení pro nanášení optické tenké vrstvy s prvním indexem lomu a že blok (7.3) nanášení vlnovodné vrstvy (2) obsahuje zařízení pro nanášení optické tenké vrstvy s druhým indexem lomu, přičemž druhý index lomu je při stejné vlnové délce vyšší než první index lomu.
- 10
5. Zařízení podle kteréhokoli z nároků 1 až 4, **vyznačující se tím**, že blok (7.1) nanášení dočasných polymerních vrstev (5) obsahuje zařízení pro nanášení polyvinylalkoholu.
- 15
6. Zařízení podle kteréhokoli z nároků 1 až 5, **vyznačující se tím**, že blok (9) odstraňování dočasných polymerních vrstev (5) obsahuje zařízení pro mechanické oddělování dočasných polymerních vrstev (5).
- 20
7. Zařízení podle kteréhokoli z nároků 1 až 5, **vyznačující se tím**, že blok (9) odstraňování dočasných polymerních vrstev (5) obsahuje zařízení pro rozpouštění dočasných polymerních vrstev (5).
- 25
8. Zařízení podle nároku 7, **vyznačující se tím**, že blok (9) odstraňování dočasných polymerních vrstev (5) obsahuje přívod demineralizované vody.
9. Zařízení podle kteréhokoli z nároků 1 až 8, **vyznačující se tím**, že za blok (9) odstraňování dočasných polymerních vrstev (5) je zařazen laminátor.

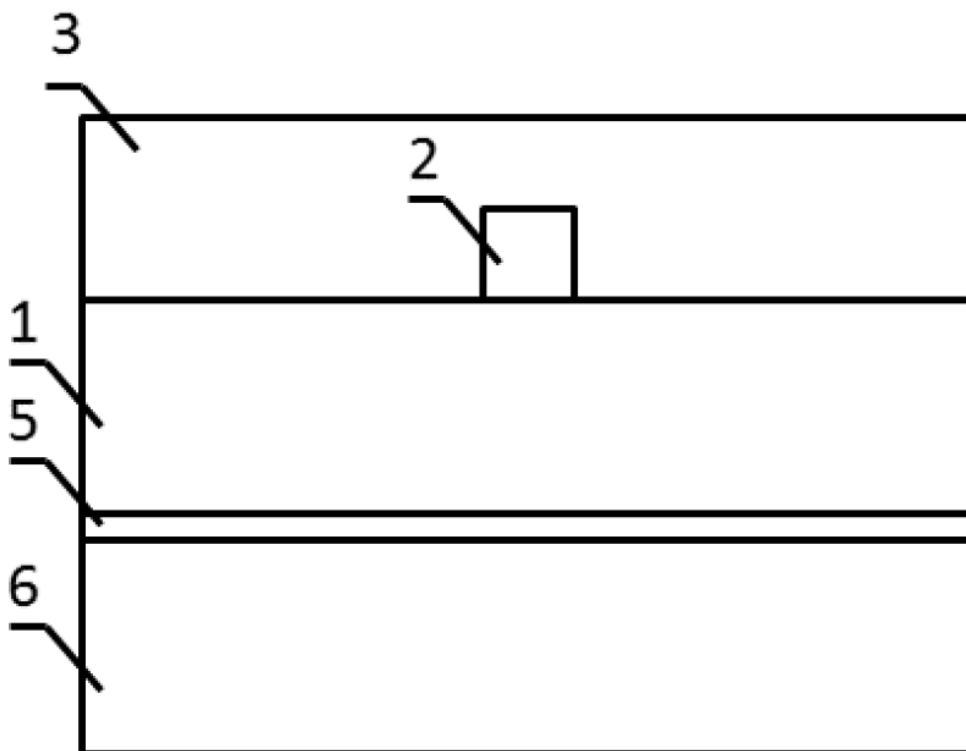
2 výkresy

Seznam vztahových značek

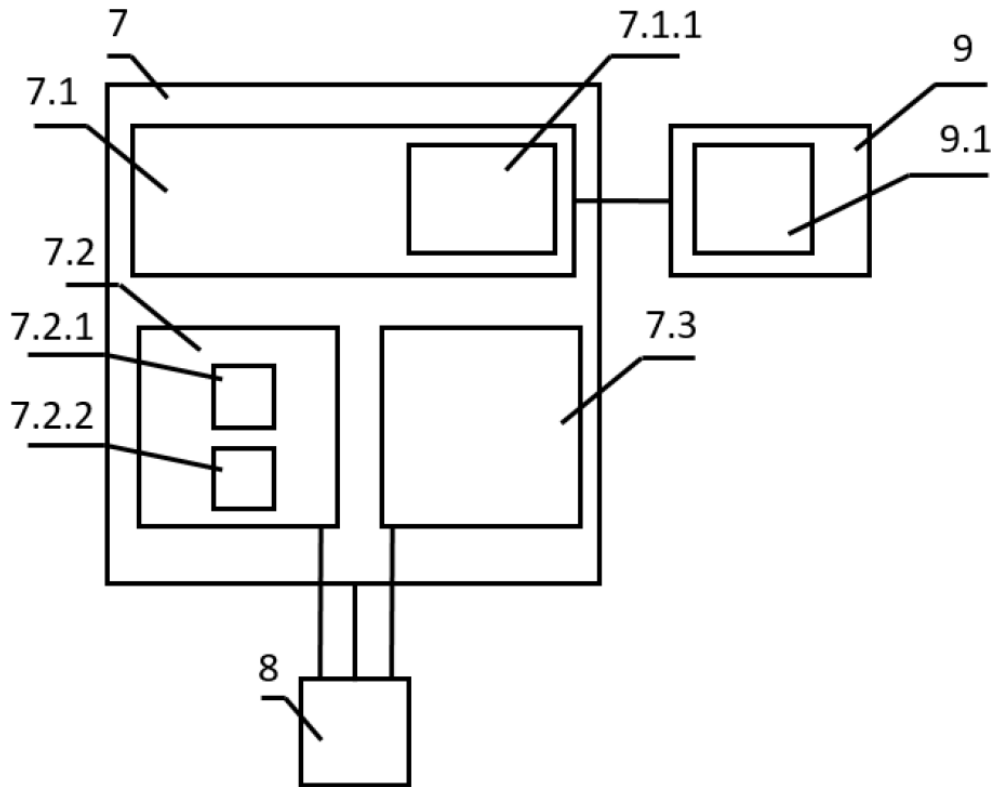
- 1 spodní funkční vrstva (typicky EpoClad)
- 2 vlnovodná vrstva (typicky EpoCore)
- 3 horní krycí funkční vrstva (typicky EpoClad)
- 4 ochranná fólie
- 5 dočasná polymerní vrstva (typicky PVA)
- 6 dočasná podložka
- 7 blok nanášení polymerních vrstev
- 7.1 blok nanášení dočasných polymerních vrstev 5
- 7.1.1 sekce vkládání dočasné podložky 6
- 7.2 blok nanášení spodní funkční vrstvy 1 a krycí funkční vrstvy 3
- 7.2.1 blok nanášení spodní funkční vrstvy 1
- 7.2.2 blok nanášení horní krycí funkční vrstvy 3
- 7.3 blok nanášení vlnovodné vrstvy 2
- 8 blok osvětlování polymerních vrstev UV zářením
- 9 blok odstraňování dočasných polymerních vrstev 5
- 9.1 sekce oddělení dočasné podložky 6



Obr. 1



Obr. 2



Obr. 3