

UŽITNÝ VZOR

(11) Číslo dokumentu:

30 054

(13) Druh dokumentu: **U1**

(51) Int. Cl.:

G02B 6/138 (2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2016-32954**
(22) Přihlášeno: **18.10.2016**
(47) Zapsáno: **22.11.2016**

(73) Majitel:
České vysoké učení v Praze, fakulta
elektrotechnická, katedra mikroelektroniky, Praha
6, CZ.

(72) Původce:
doc. Ing. Václav Prajzler, Ph.D., Praha 13, CZ.
Ing. Radek Maštera, Havlíčkův Brod, CZ.

(74) Zástupce:
RNDr. Silvie Dokulilová, Ph.D., Bašného 279/51,
623 00 Brno

(54) Název užitého vzoru:
**Zařízení pro výrobu flexibilních
mnohavidových optických planárních
vlnovodů**

CZ 30054 U1

Zařízení pro výrobu flexibilních mnohavidových optických planárních vlnovodů

Oblast techniky

Flexibilní mnohavidové optické planární vlnovody řeší problém přenosu dat pomocí světla na střední vzdálenosti (do 40 cm). Tímto řešením lze dosáhnout vyšších přenosových rychlostí a objemu dat než v případě přenosu dat pomocí metalických propojení nebo bezdrátového spojení. Tyto optické vlnovody mohou být využity v datových centrech při propojování desek plošných spojů, pro spojení čip-čip nebo pro propojení rack-rack.

Dosavadní stav techniky

V optické telekomunikační technice pro distribuci optického signálu na velké vzdálenosti se používají optické vláknové vlnovody, kdy v páteřních sítích se používají křemenná optická jednovlákenná vlákna, jejichž geometrický rozměr jádro/plášť je 9/125 μm , nebo mnohavidová optická vlákna s geometrickými rozměry 50/125 μm nebo 62,5/125 μm .

Méně často se pro přenos dat a pro senzorové systémy s nižší přenosovou kapacitou a na kratší vzdálenosti používají také další typy mnohavidových optických vláken s rozměry např. 200/230 μm , 730/750 μm , 980/1000 μm a další.

Telekomunikační optické systémy v páteřních sítích používají vlnové délky 1550 nm, tzv. třetí telekomunikační okno, kdy křemenná vlákna mají nejnižší optický útlum nebo pak vlnové délky 1310 nm, tzv. druhé telekomunikační okno, kdy křemenná vlákna mají nejmenší disperzi. V některých případech je používána vlnová délka 850 nm, takzvané první telekomunikační okno. Tato vlnová délka je používána 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 posledních letech jsou také používána optická vlákna POF, Plastic Optical Fiber, s velkým průměrem vlnovodné vrstvy 980 μm , která jsou především používána pro datové přenosy v automobilovém průmyslu a tyto vlákna používají nejčastěji vlnové délky 650 nm.

S masovým rozvojem internetu a stále se zvyšujícími nároky na přenosové rychlosti je přenos dat, na krátké a střední vzdálenosti, který byl doposud výhradně prováděn pomocí metalického nebo pomocí bezdrátového spojení nahrazován přenosem dat pomocí optických linek. V poslední době je zaměřen vývoj a výzkum na optické vlnovody, které umožní optickou komunikaci na krátkou vzdálenost do 300 m (SR – Short Reach), velmi krátkou vzdálenost do 5 cm (ESR - Extra Short Reach) nebo dokonce na ultra krátkou vzdálenost do 1 cm (USR - Ultra Short Reach). Dále je také v současnosti především v datových centrech a u super rychlých výkonných počítačů testováno nahrazení metalického propojení, které pro přenos dat byl doposud používán elektrický signál, propojení pomocí optických vlnovodů, které umožní přenos a zpracování dat optického signálu. Pro tento typ přenosu dat jsou vyvíjeny nové typy optických planárních vlnovodů.

Optické planární vlnovody jsou realizovány nanášením vlnovodné vrstvy na planární podložku (substrát), nebo přímo difúzí do podložky. Pro realizaci vlastní fotonické struktury je pak základem kanálkový vlnovod, kde je vlnovodná struktura prostorově omezena.

Optické planární vlnovody jsou vyráběny z polovodičových materiálů, optických skel, speciálních optických krystalů a nově jsou také testovány možnosti použití nových polymerních materiálů. Optické vlnovody v případě polovodičových vlnovodů jsou vyráběny pomocí technologií tenkých vrstev. V případě vlnovodů z optických skel a optických krystalů jsou nejčastěji vyráběny pomocí jednostupňové nebo dvoustupňové iontové výměny, popřípadě pomocí elektro difuze. Tyto technologické procesy jsou dobře zvládnuté, ale technologicky náročné a tedy finančně nákladné. Tento typ technologických procesů také pracuje s chemickými látkami a materiály, které značně zatěžují životní prostředí.

Pro výrobu polymerních planárních optických vlnovodů je snaha použít technologických procesů, které jsou kompatibilní s technologickými procesy pro optické vlnovody vyrobené z polovodičů. Takto vyrobené planární optické vlnovody mají geometrické rozměry takové, aby byly jednovlákenné, to znamená, že mají rozměry řádově mikrometrů a délka těchto vlnovodů je jen

několik málo milimetrů maximálně centimetrů. Tyto vlnovody jsou provozovány na obvyklých telekomunikačních vlnových délkách 1310 nm a 1550 nm. Pro optické propojování pomocí optických planárních vlnovodů pro střední vzdálenosti jsou používány mnohavidové vlnovody obvykle s rozměry jádra vlnovodu 50x50 μm (šířka x výška) a jsou provozovány na vlnové délce 850 nm.

Pro přenos dat, který probíhá mezi deskami plošných spojů FR4 board-board, nebo k propojování čip-čip, rack-rack apod. bylo donedávna výhradně používáno propojení pomocí metalických vedení. V současnosti jsou vyvíjeny systémy, kde by metalické propojení bylo nahrazeno propojením optickým. Nejdříve bylo zkoušeno propojení pomocí optických vláken a v současnosti jsou studovány možnosti propojení pomocí optických planárních vlnovodů. Jedna z důležitých vlastností těchto vlnovodů je jejich mechanická ohebnost-flexibilita. Proto pro tento typ planárních optických vlnovodů jsou testovány nové polymerní vlnovody realizované na flexibilních podložkách.

Jsou známá řešení, kdy tyto vlnovody byly realizovány na podložkách z flexibilních tenkých folií, podložkách Pyralux, Kapton nebo FR4. Realizované vlnovody měly geometrické rozměry 50x50 μm (výška x šířka) a byly určeny pro pracovní vlnové délky 850 nm. Tyto optické vlnovody byly vyrobeny pomocí metody rotačního lití, kde geometrické rozměry byly pak realizovány pomocí optické litografie a mokrého leptání. Nevýhodou tohoto řešení jsou vysoké pořizovací náklady na fotolitografické zařízení. Další nevýhodou tohoto technologického postupu je možnost realizovat optické vlnovody s maximální délkou 4,5 cm v případě použití 2" optické litografie nebo maximálně 9,5 cm při použití 4" optické litografie. V současnosti je dostupná optická litografie s maximálním rozměrem 8" (20 cm). Takto by bylo možno realizovat vlnovody do maximální velikosti/délky 20 cm. Nevýhodou této metody je také neefektivní nanášení jednotlivých vrstev a nutnost většího množství materiálu pro vlnovodnou a krycí vrstvu. Při nanášení polymerů metodou rotačního lití, aby došlo k homogennímu/rovnoměrnému nanesení jednotlivých vrstev, je nutné před odstředěním polymerem pokrýt celou podložku, ze které je pak velké množství polymeru odstředěno a tedy ztraceno.

Je známé řešení pro výrobu polymerního vlnovodu na pevné podložce jako je Si (křemíková podložka), FR4 (podložka pro tištěné spoje, FR4 je označení pro vyztužené laminátové desky z epoxidového skelného laminátu) 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 standartní fotolitografický proces a vytvořili vlnovod ve tvaru spirály z polymerních materiálů vyvinutých firmou Dow Corning, kde siloxane polymer OE-4140 byl použit jako jádro vlnovodu a polymer OE-4141 byl použit jako dolní mezivrstva a horní krycí vrstva.

Byla popsána i výroba polymerních vlnovodů na pevné podložce pomocí laserové litografie autory A. Elmogi et al. v článku Comparison of epoxy- and siloxane-based single-mode optical waveguides defined by direct-write lithography, zveřejněném v Optical Materials vol. 52, 2016 pp. 26–31, ale tato technologie neumožňuje jednoduchou výrobu dlouhých optických vlnovodů. Komerční laserové litografy z důvodu technologické náročnosti neumožňují osvit větší plochy než 15x15 cm, ale zpravidla tyto litografy umožňují osvit maximální plochy menší než 10x10 cm.

Byl také popsán postup pro výrobu polymerních vlnovodů pomocí metody flexible stamping (metoda lisování), která byla popsána autory J. Kobayashi et al. v článku Low loss polymer optical waveguide replicated from flexible film stamp made of polymeric material, zveřejněném v Japanese Journal of Applied Physics 52 (2013) 072501. Tato metoda, ale opět neumožňuje vyrobit delší vlnovody než 10 cm, z důvodu, že nejsou k dispozici pro tyto aplikace lis s většími rozměry razníku.

Je také známe řešení výroby optických mnohavidových vlnovodů, kde tyto vlnovody byly realizovány metodou roll to roll (metoda odvíjení z válce). Na folii, která je odmotávána z válce a na kterou je nanesena mezivrstva, která je teplotně upravována a vytvrzena pomocí UV světla. Následuje nanesení vlnovodné vrstvy, do které je přes razník, který je umístěn na dalším válci, vy-

tvořen hřebenový vlnovod. Vlnovodná vrstva je vytvrzena UV světlem a na závěr je na tuto vlnovodnou vrstvu nanášena ochranná krycí vrstva, která je ze stejného materiálu jako je optická mezivrstva nanášena na folii, která slouží jako podložka. Výhodou této metody je, že flexibilní podložka je odmotávána z válce a lze tedy vyrobit velmi dlouhé planární optické vlnovody (desítky centimetrů až jednotky metrů). Nevýhodou této metody jsou vysoké náklady na pořízení tohoto jednoúčelového zařízení.

Nevýhodou výše zmíněných řešení je, že umožňují realizaci optických vlnovodů jenom za pomoci speciálního technologického vybavení, jehož pořizovací náklady jsou velice finančně náročné. Daná řešení umožňují realizaci optických vlnovodů jenom omezených rozměrů (cca do 10 cm ve výjimečném případě 20 cm) a také depozice je málo efektivní z důvodu větších ztrát materiálů při nanášení pomocí rotačního lití.

Podstata technického řešení

Výše uvedené nedostatky odstraňuje zařízení pro výrobu flexibilních mnohavidových optických planárních vlnovodů podle předkládaného technického řešení.

Toto zařízení obsahuje alespoň jeden blok pro nanášení polymerních vrstev a alespoň jeden blok pro osvětlování těchto vrstev UV zářením. Tyto polymerní vrstvy přitom zahrnují mezivrstvu, vlnovodnou vrstvu a horní krycí vrstvu. Podstatou nového zařízení je, že součástí každého bloku pro nanášení polymerních vrstev je automatický motorizovaný aplikátor filmů určený pro testování nanášení barev vybavený spirálovým natahovacím pravítkem. Toto spirálové natahovací pravítko je provedeno buď jako válcová tyč se závity, nebo jako drát obtočený okolo válcové tyče, kde tento obtočený drát vytváří závity kolem válcové tyče, přičemž hloubka závitů určuje tloušťku nanášené vrstvy. Aktivní plocha pro nanášení filmů v automatickém motorizovaném aplikátoru filmů má šířku nejméně 20 cm, typicky 30 cm, a délku nejméně 30 cm, typicky 40 cm. Součástí každého bloku pro osvětlování UV zářením je velkoplošná osvitová jednotka určená pro osvit desek plošných spojů, přičemž tato osvitová jednotka má šířku osvitové plochy nejméně 40 cm, typicky 1 m, a délku osvitové plochy nejméně 40 cm, typicky 1 m.

V jednom výhodném provedení zařízení obsahuje právě jeden blok pro nanášení polymerních vrstev, přičemž automatický motorizovaný aplikátor filmů zařazený v tomto bloku je vybaven alespoň dvěma vyměnitelnými spirálovými natahovacími pravítky.

Mezi těmito vyměnitelnými spirálovými natahovacími pravítky je alespoň jedno s hloubkou závitů pro nanášení vrstvy o tloušťce z oboustranně uzavřeného intervalu od 20 μm do 30 μm a alespoň jedno s hloubkou závitů pro nanášení vrstvy o tloušťce z oboustranně uzavřeného intervalu od 45 μm do 55 μm .

V jiném výhodném provedení zařízení obsahuje více než jeden blok pro nanášení polymerních vrstev a/nebo více než jeden blok pro osvětlování UV zářením. Přitom spirálová natahovací pravítka v alespoň dvou blocích pro nanášení polymerních vrstev mají navzájem různé hloubky závitů a alespoň jeden z bloků pro osvětlování UV zářením obsahuje fotolitografickou masku.

Mezi spirálovými natahovacími pravítky zařazenými v různých blocích pro nanášení polymerních vrstev je alespoň jedno s hloubkou závitů pro nanášení vrstvy o tloušťce z oboustranně uzavřeného intervalu od 20 μm do 30 μm a alespoň jedno s hloubkou závitů pro nanášení vrstvy o tloušťce z oboustranně uzavřeného intervalu od 45 μm do 55 μm .

Je výhodné, jsou-li všechna spirálová natahovací pravítka, jimiž je osazen automatický motorizovaný aplikátor filmů nebo automatické motorizované aplikátory filmů, z nerezové oceli.

Ve výhodném provedení je v koncové části zařízení za bloky pro nanášení polymerních vrstev planárních optických vlnovodů a bloky pro osvětlování těchto vrstev UV zářením zařazen laminátor určený pro laminaci papíru.

Výhodou tohoto zařízení je zejména to, že umožňuje vyrábět flexibilní mnohavidové optické planární vlnovody velkých rozměrů, až do délky 40 cm, a to s použitím technologií, které se dříve pro výrobu vlnovodů neužívaly a byly určené pro zcela odlišné aplikace. Tyto technologie

- jsou přitom podstatně levnější než technologie obvykle používané pro výrobu flexibilních mnohavidových optických planárních vlnovodů, které navíc umožňovaly vyrábět jen kratší vlnovody. Flexibilní mnohavidové optické planární vlnovody s délkou až 40 cm vyrobené podle nového řešení výhodně nahrazují metalická propojení nebo bezdrátová spojení mezi deskami plošných spojů FR4 board-board a při propojování čip-čip, rack-rack, protože umožňují dosáhnout vyšších přenosových rychlostí a objemů dat.

Objasnění výkresu

Příklad provedení optického planárního mnohavidového vlnovodu realizovaného pomocí výše uvedeného zařízení je uveden na obr. 1.

Příklady uskutečnění technického řešení

- Topologické schéma příkladného provedení optického planárního mnohavidového vlnovodu, který je vyroben pomocí zařízení, které využívá automatické motorizované aplikátory filmů vybavené spirálovými natahovacími pravítky, je uvedeno na obr. 1. Rozměrové, teplotní a časové parametry jsou uváděny pro příklad výhodných provedení, jsou možná ale i jiná provedení technického řešení s odlišnými parametry.

- Vlnovod je tvořen flexibilní podložkou 1, na kterou je nanášena polymerní mezivrstva 2, která musí mít tloušťku minimálně 20 μm . Na mezivrstvě 2 je vlnovodná vrstva 3 s typickými rozměry 50x50 μm (výška x šířka) a délkou až 40 cm, na kterou je nanášena horní vrstva 4, která je ze stejného materiálu jako mezivrstva 2 a také musí mít minimální tloušťku 20 μm . V některých provedeních je pak možno pro větší odolnost mechanického namáhání provést zalaminování pomocí laminační folie 5.

- Automatický motorizovaný aplikátor filmů použitý v rámci předkládaného technického řešení je určen pro testování nanášení barev a nátěrových hmot, pro výrobu optických vlnovodů nebo fotonických struktur nebyl doposud použit. Automatický motorizovaný aplikátor filmů je vybaven spirálovým natahovacím pravítkem, případně sadou těchto pravítek. Spirálové pravítko má buď podobu válcové tyče s vyhloubenými závity, nebo obsahuje drát obtočený kolem válcové tyče. Ve druhém zmíněném případě jsou závity tvořeny spirálami drátu obtočeného kolem válcové tyče. Hloubka závitu je pak rovna tloušťce použitého drátu. Ve výhodném provedení mají všechny závity na jednom spirálovém natahovacím pravítku stejnou hloubku. Ve výhodném provedení je spirálové natahovací pravítko vyrobeno z nerezové oceli. Tloušťka aplikované vrstvy polymeru je určena parametry spirálového natahovacího pravítka, tedy zejména hloubkou a charakteristikou závitů. V rámci předkládaného technického řešení je tedy pro každou nanášenou vrstvu vybráno spirálové natahovací pravítko odpovídající požadované tloušťce vrstvy, a to buď v tomtéž automatickém motorizovaném aplikátoru filmů, kde se pak pravítko pro nanášení dalších vrstev vyměňují, nebo je každé tloušťce vrstvy přiřazen vlastní automatický motorizovaný aplikátor filmů s dedikovaným pravítkem. S výhodou lze využít například automatické motorizované aplikátory filmů značky TQC nebo automatický motorizovaný aplikátor filmů značky Elcometer 4340. Jednou z jejich výhod je, že tyto automatické motorizované aplikátory filmů zajistí homogenní nanášení vrstev díky přesně definované rychlosti posuvu spirálového natahovacího pravítka.

- Flexibilní podložka 1 může být z polymerních flexibilních folií (například folie Melinex® ST726 od firmy DuPont Teijin Films, HOSTAPHAN® GN2504600 folie od firmy Mitsubishi Polyester Film GmbH nebo folie PLEXIGLAS® Film OF058 od firmy Evonik Industries AG a další) nebo z materiálu Pyralux, Kapton nebo FR4. Na podložku 1 je mezivrstva 2 nanášena pomocí automatického motorizovaného aplikátoru filmů se spirálovým natahovacím pravítkem, jehož hloubka a charakteristika závitů odpovídají tloušťce mezivrstvy 2. Tloušťka mezivrstvy 2 musí být větší nebo rovna 20 μm . V jednom z provedení může být mezivrstva 2 tvořena z polymerního materiálu epoxydové pryskyřice EpoClad. Vlastností této mezivrstvy 2 musí být nižší hodnota indexu lomu než vlnovodné vrstvy 3. Po nanášení mezivrstvy 2, 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 minut až do teploty 90 °C. Při této teplotě je vzorek nane-

chán po dobu 10 minut. Potom je vzorek ochlazen na pokojovou teplotu a vytvrzen pomocí UV záření po dobu 2 minut. Vytvrzení pomocí UV světla je 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, přičemž pro vytváření struktur s rozměry 50 μm a větší je tato technologie dostatečně přesná a na rozdíl od optického litografu nepotřebuje přídavnou ochranu proti vibracím. Přitom na rozdíl od optických litografů umožňuje vytvářet struktury o délce až 40 cm, zatímco struktury vytvářené litografy umožňují výrobu struktur s maximální možnou délkou 10 cm, výjimečně 20 cm. Následuje opět ohřev na plotně na teplotu 50 $^{\circ}\text{C}$ po dobu 10 minut potom je teplota opět postupně zvyšována rychlostí 10 $^{\circ}\text{C}$ za minutu až do teploty 90 $^{\circ}\text{C}$, kdy je vzorek vystaven této teplotě po dobu 10 minut.

Následuje nanesení optické vlnovodné vrstvy 3, která je tvořena epoxydovou pryskyřicí Epo-Core. Nanesení vrstvy je opět provedeno pomocí automatického motorizovaného aplikátoru filmů, kdy je použit takový typ spirálového natahovacího pravítka, aby byla tloušťka optické vlnovodné vrstvy 50 μm . Po nanesení pomocí automatického motorizovaného aplikátoru filmů je optická vlnovodná vrstva 3 zahřívána na teplotu 50 $^{\circ}\text{C}$ po dobu 10 minut potom je teplota postupně zvyšována rychlostí 10 $^{\circ}\text{C}$ za minutu až do teploty 90 $^{\circ}\text{C}$. Při této teplotě je vzorek ponechán po dobu 10 minut. Po ochlazení vzorku na pokojovou teplotu následuje vložení vzorku do velkoplošné osvitové jednotky pro desky plošných spojů, kde na vzorek je přiložena maska, která je tvořena maskou vytvořenou na tenké folii tmavým polem s průhledným motivem čáry o šířce 50 μm . Vzorek je přes tuto masku osvícen UV zářením. Vzorek je pak zahříván na teplotu 50 $^{\circ}\text{C}$ po dobu 10 minut, potom je teplota postupně zvyšována rychlostí 10 $^{\circ}\text{C}$ za minutu až do teploty 90 $^{\circ}\text{C}$. Při této teplotě je vzorek ponechán po dobu 10 minut. Po ochlazení vzorku na pokojovou teplotu dojde ke vložení vzorku do vývojky OrmoDev. Při tomto technologickém kroku je odleptána neosvícená část optické vlnovodné vrstvy 3. Po vytažení vzorku z vývojky je vzorek omyt v izopropylalkoholu a v demineralizované vodě. Takto je vytvořen optický mnohavidový kanálkový vlnovod 3 s rozměrem 50x50 μm (výška x šířka) a délkou optického vlnovodu až 40 cm.

Následuje nanesení horní krycí vrstvy 4, která je tvořena stejným materiálem jako mezivrstva 2, epoxydovou pryskyřicí EpoClad. Nanesení horní krycí vrstvy 4 je opět provedeno pomocí automatického motorizovaného aplikátoru filmů, opět pomocí spirálového natahovacího pravítka takového typu, aby tloušťka horní krycí vrstvy 4 byla minimálně 20 μm . Po nanesení horní krycí vrstvy 4 je vzorek zahříván na plotně na teplotu 50 $^{\circ}\text{C}$ po dobu 10 minut, potom je teplota postupně zvyšována rychlostí 10 $^{\circ}\text{C}$ za minutu až do teploty 90 $^{\circ}\text{C}$. 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. Následuje opět ohřev a to na teplotu 50 $^{\circ}\text{C}$ po dobu 10 minut potom je teplota opět postupně zvyšována rychlostí 10 $^{\circ}\text{C}$ za minutu až do teploty 90 $^{\circ}\text{C}$ kdy je vzorek vystaven této teplotě po dobu 10 minut.

Následuje zalaminování optického vlnovodu do ochranné folie 5 pro větší odolnost proti mechanickému poškození. Zalaminování je s výhodou provedeno pomocí laminátoru pro laminaci papíru. Vhodný je například laminátor pro kancelářské účely NeptuneTM 2 125 Laminator, kdy je použita standardní laminovací folie s tloušťkou 80 μm .

Potom je optický vlnovod 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.

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

V jednom výhodném provedení je vlnovodná vrstva 3 nanášena ve stejném automatickém motorizovaném aplikátoru filmů jako mezivrstva 2 a horní krycí vrstva 4, přičemž mezi nanášením vrstev s odlišnou tloušťkou se v tomto automatickém motorizovaném aplikátoru filmů vymění spirálové natahovací pravítko. Toto provedení je úspornější, pokud jde o pořizovací náklady. Výměna pravítek ale způsobuje časovou ztrátu.

V jiném výhodném provedení, které umožňuje rychlejší výrobu vlnovodů, zahrnuje zařízení pro jejich výrobu dva nebo tři automatické motorizované aplikátory filmů, přičemž každý z aplikátorů je osazen spirálovým natahovacím pravitkem, jehož parametry odpovídají vrstvě, která je v něm nanášena. V případě dvou automatických motorizovaných aplikátorů filmů má první z nich spirálové natahovací pravitko s parametry pro nanesení mezivrstvy 2 a horní krycí vrstvy 4 a druhý automatický motorizovaný aplikátor filmů má spirálové natahovací pravitko s parametry pro nanesení vlnovodné vrstvy 3. V případě tří automatických motorizovaných aplikátorů filmů má každý z nich spirálové natahovací pravitko s parametry odpovídajícími vrstvě, která je v něm nanášena, tedy první aplikátor má spirálové natahovací pravitko s parametry pro mezivrstvu 2, druhý aplikátor spirálové natahovací pravitko s parametry pro vlnovodnou vrstvu 3 a třetí aplikátor spirálové natahovací pravitko s parametry pro horní krycí vrstvu 4.

Podobně může zařízení pro výrobu flexibilních mnohavidových optických planárních vlnovodů zahrnovat jednu nebo více velkoplošných osvitových jednotek určených pro osvit desek plošných spojů. V jednom výhodném provedení, které zajišťuje nižší vstupní náklady, probíhají procesy vytvrzování UV zářením mezivrstvy 2 i horní krycí vrstvy 4, jakož i osvit UV zářením vlnovodné vrstvy 3 přes fotolitografickou masku, ve stejné velkoplošné osvitové jednotce určené pro osvit desek plošných spojů. Pro úsporu času mohou, ale některé z těchto procesů nebo všechny tyto procesy probíhat v různých velkoplošných osvitových jednotkách určených pro osvit desek plošných spojů.

Nejrychleji pak výroba flexibilních mnohavidových optických planárních vlnovodů proběhne ve výhodném provedení zařízení, které zahrnuje první automatický motorizovaný aplikátor filmů se spirálovým natahovacím pravitkem s parametry pro nanesení mezivrstvy 2, za nímž je zařazena velkoplošná osvitová jednotka určená pro osvit desek plošných spojů, v níž dojde k vytvrzení mezivrstvy 2 UV zářením. Následuje druhý automatický motorizovaný aplikátor filmů se spirálovým natahovacím pravitkem s parametry pro nanesení vlnovodné vrstvy 3, za nímž je zařazena druhá velkoplošná osvitová jednotka určená pro osvit desek plošných spojů, v níž dojde k osvit vlnovodné vrstvy 3 UV zářením přes fotolitografickou masku. Dále je pak zařazen třetí automatický motorizovaný aplikátor filmů se spirálovým natahovacím pravitkem s parametry pro nanesení horní krycí vrstvy 4, za nímž je zařazena třetí velkoplošná osvitová jednotka určená pro osvit desek plošných spojů, v níž dojde k vytvrzení horní krycí vrstvy 4 UV zářením. Mezi právě vyjmenované automatické motorizované aplikátory filmů a velkoplošné osvitové jednotky pro osvit desek plošných spojů jsou ještě vložena stanoviště pro mokré procesy a tepelnou úpravu, tak jak bylo popsáno výše. Na výstupu zařízení je pak zařazen laminátor pro laminaci papíru, na němž se provede zalaminování vyrobeného vlnovodu do ochranné fólie 5.

35 Průmyslová využitelnost

Předkládané řešení je využitelné pro propojování mezi deskami plošných spojů FR4 board-board, k propojování čip-čip, rack-rack pomocí optického signálu. Výhodou tohoto řešení je možnost výroby optických flexibilních vlnovodů dlouhých až 40 cm.

N Á R O K Y N A O C H R A N U

40 1. Zařízení pro výrobu flexibilních mnohavidových optických planárních vlnovodů obsahujících polymerní vrstvy, kde toto zařízení obsahuje alespoň jeden blok pro nanášení polymerních vrstev a alespoň jeden blok pro osvětlování těchto polymerních vrstev UV zářením, přičemž tyto polymerní vrstvy zahrnují mezivrstvu (2), vlnovodnou vrstvu (3) a horní krycí vrstvu (4), **v y - z n a č u j í c í s e t í m**, že součástí každého bloku pro nanášení polymerních vrstev je auto-
45 matický motorizovaný aplikátor filmů určený pro testování nanášení barev vybavený spirálovým natahovacím pravitkem, které je provedeno buď jako válcová tyč se závity, nebo jako drát obtočený okolo válcové tyče, kde tento obtočený drát vytváří závity kolem válcové tyče, přičemž hloubka závitů určuje tloušťku nanášené vrstvy a přičemž aktivní plocha pro nanášení filmů

v automatickém motorizovaném aplikátoru filmů má šířku nejméně 20 cm, typicky 30 cm, a délku nejméně 30 cm, typicky 40 cm, a že součástí každého bloku pro osvětlování UV zářením je velkoplošná osvitová jednotka určená pro osvit desek plošných spojů, přičemž tato osvitová jednotka má šířku osvitové plochy nejméně 40 cm, typicky 1 m, a délku osvitové plochy nejméně 40 cm, typicky 2 m.

2. Zařízení podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že obsahuje právě jeden blok pro nanášení polymerních vrstev, přičemž automatický motorizovaný aplikátor filmů zařazený v tomto bloku je vybaven alespoň dvěma vyměnitelnými spirálovými natahovacími pravítky.

3. Zařízení podle nároku 2, **vyznačující se tím**, že mezi vyměnitelnými spirálovými natahovacími pravítky je alespoň jedno s hloubkou závitů pro nanášení vrstvy o tloušťce z oboustranně uzavřeného intervalu od 20 μm do 30 μm a alespoň jedno s hloubkou závitů pro nanášení vrstvy o tloušťce z oboustranně uzavřeného intervalu od 45 μm do 55 μm .

4. Zařízení podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že obsahuje více než jeden blok pro nanášení polymerních vrstev a/nebo více než jeden blok pro osvětlování UV zářením, přičemž spirálová natahovací pravítka v alespoň dvou blocích pro nanášení polymerních vrstev mají navzájem různé hloubky závitů a přičemž dále alespoň jeden z bloků pro osvětlování UV zářením obsahuje fotolitografickou masku.

5. Zařízení podle nároku 4, **vyznačující se tím**, že mezi spirálovými natahovacími pravítky zařazenými v různých blocích pro nanášení polymerních vrstev je alespoň jedno s hloubkou závitů pro nanášení vrstvy o tloušťce z oboustranně uzavřeného intervalu od 20 μm do 30 μm a alespoň jedno s hloubkou závitů pro nanášení vrstvy o tloušťce z oboustranně uzavřeného intervalu od 45 μm do 55 μm .

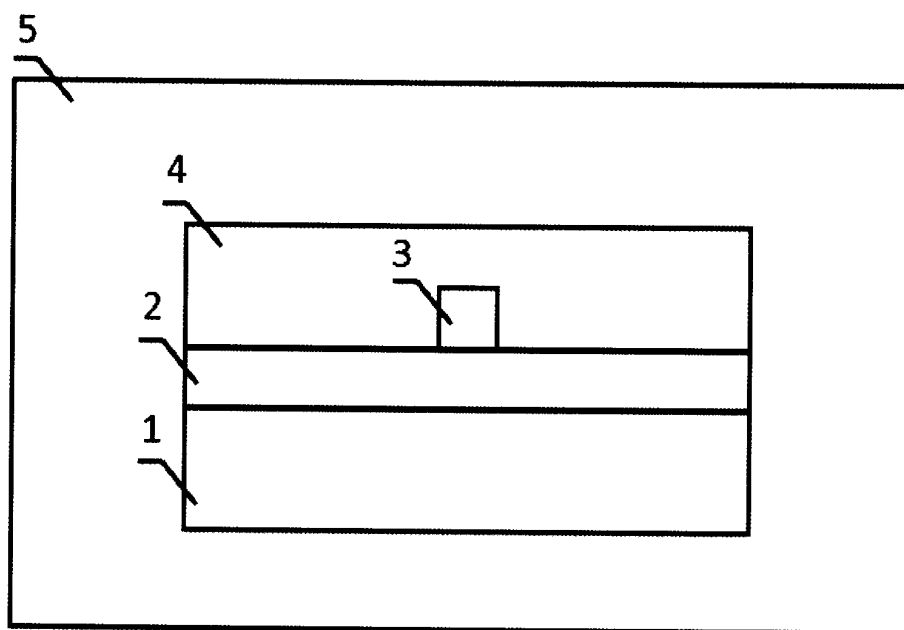
6. Zařízení podle kteréhokoli z nároků 1 až 5, **vyznačující se tím**, že všechna spirálová natahovací pravítka, jimiž je osazen automatický motorizovaný aplikátor filmů nebo automatické motorizované aplikátory filmů, jsou z nerezové oceli.

7. Zařízení podle kteréhokoli z nároků 1 až 6, **vyznačující se tím**, že v jeho koncové části za bloky pro nanášení polymerních vrstev planárních optických vlnodů a bloky pro osvětlování těchto vrstev UV zářením je zařazen laminátor určený pro laminaci papíru.

1 výkres

30 Seznam vztahových značek:

- 1 flexibilní podložka
- 2 mezivrstva
- 3 vlnovodná vrstva
- 4 horní krycí vrstva
- 35 5 ochranná folie.



Obr. 1

Konec dokumentu