PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

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

(19) ČESKÁ REPUBLIKA

ÚŘAD PRŮMYSLOVÉHO VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: **07.06.2005**

(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **10.01.2007**
(Věstník č. 2/2007)

(21) Číslo dokumentu:

2005-360

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. Cl.:

D01D 5/06	(2006.01)
D01D 1/00	(2006.01)
D04H 5/08	(2006.01)
D04H 1/70	(2006.01)
D04H 1/72	(2006.01)

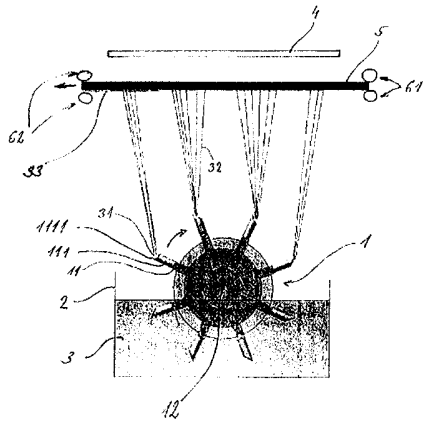
(71) Přihlašovatel:
Elmarco, s. r. o., Liberec, CZ

(72) Původce:
Petráš David Ing., Praha, CZ
Mareš Ladislav Ing., Liberec, CZ
Hořčicová Denisa Ing., Kojetín, CZ

(74) Zástupce:
Ing. Dobroslav Musil, patentová kancelář, Ing. Dobroslav Musil, Cejl 38, Brno, 60200

(54) Název přihlášky vynálezu:

Způsob a zařízení k výrobě nanovláken z polymerního roztoku elektrostatickým zvlákňováním



(57) Anotace:

Způsob výroby nanovláken z polymerního roztoku elektrostatickým zvlákňováním v elektrickém poli vytvořeném rozdílem potenciálů mezi sběrnou elektrodou (4) a otočně uloženou zvlákňovací elektrodou (1) protáhlého tvaru, zasahující částí svého obvodu do polymerního roztoku (3), přičemž rotací zvlákňovací elektrody (1) se alespoň částmi jejího povrchu vynáší polymerní roztok (3) do elektrického pole v němž se na povrchu sběrné elektrody (4) vytvářejí nanovlákna, která jsou unášena ke sběrné elektrodě (4) a ukládána na povrch podkladového materiálu (5) vedeného mezi zvlákňovací elektrodou (1) a sběrnou elektrodou (4) v blízkosti sběrné elektrody (4). Na polymerní roztok (3) na povrchu zvlákňovací elektrody (1) v místě průsečnice povrchu zvlákňovací elektrody (1) s rovinou proloženou osou zvlákňovací elektrody (1) a kolmou na rovinu podkladového materiálu (5) se po celé délce zvlákňovací elektrody (1) působí elektrickým polem maximální a stejné intenzity, čímž se dosáhne vysokého a rovnoměrného zvlákňovacího účinku po celé délce zvlákňovací elektrody (1). Vynález se týká také zařízení k výrobě nanovláken z polymerního roztoku elektrostatickým zvlákňováním.

CZ 2005 - 360 A3

PS3441GZ_1
12.5.2006
PV 2005-360

Způsob a zařízení k výrobě nanovláken z polymerního roztoku elektrostatickým zvlákňováním

Oblast techniky

Vynález se týká způsobu výroby nanovláken z polymerního roztoku elektrostatickým zvlákňováním v elektrickém poli vytvořeném rozdílem potenciálů mezi sběrnou elektrodou a otočně uloženou zvlákňovací elektrodou protáhlého tvaru, zasahující částí svého obvodu do polymerního roztoku, přičemž rotací zvlákňovací elektrody se alespoň částmi jejího povrchu vynáší polymerní roztok do elektrického pole v němž se na povrchu sběrné elektrody vytvářejí nanovlákna, která jsou unášena ke sběrné elektrodě a ukládána na povrch podkladového materiálu vedeného mezi zvlákňovací elektrodou a sběrnou elektrodou v blízkosti sběrné elektrody.

Dále se vynález týká zařízení k výrobě nanovláken z polymerního roztoku elektrostatickým zvlákňováním v elektrickém poli vytvořeném rozdílem potenciálů mezi sběrnou elektrodou a otočně uloženou zvlákňovací elektrodou protáhlého tvaru spřaženou s pohonem a zasahující alespoň částmi svého povrchu do polymerního roztoku s cílem vynášení polymerního roztoku těmito částmi povrchu do elektrického pole mezi zvlákňovací elektrodou a sběrnou elektrodou přičemž mezi zvlákňovací elektrodou a sběrnou elektrodou je vytvořena dráha pro průchod podkladového materiálu, jehož povrch ze strany zvlákňovací elektrody slouží k ukládání vytvářených nanovláken.

Dosavadní stav techniky

Nanovlákna se připravují ze široké škály polymerů a směsí polymerů a to buď z roztoků za použití rozpouštědel na vodné nebo nevodné bázi. Do roztoků se podle potřeby mohou i nemusí přidávat různá nízkomolekulární aditiva, která pak regulují některé důležité fyzikální vlastnosti zvlákňovaného roztoku nebo přináší do výsledného polymeru nové chemické, fyzikální, biologické nebo jiné. vlastnosti. Současně lze nanovlákna připravovat i z tavenin polymerů, ale na

rozdíl od principiálně podobných procesů formování polymerních tavenin se při zpracování roztoků dosahuje menších průměrů vláken díky nižším viskozitám roztoků oproti taveninám. K formování roztoků se využívá mechanických sil proudícího plynného média nebo coulombovských sil v elektrostatickém poli, tak zvané elektrostatické zvlákňování, které vede k vláknům s menšími průměry.

Příkladem přípravy nanovláken z polymerních roztoků proudem vzduchu jsou například patenty US 6 382 526 a US 6 520 425. Průměry nanovláken získaných touto technologií jsou 200 až 3000 nanometrů.

Příklady přípravy nanovláken z polymerních roztoků za účinku elektrostatického pole o průměrné intenzitě 50.000 až 500.000 V/m jsou popsány v patentových přihláškách WO 0127365, WO 0250346, US 2002/0175449 A1, US 2002/084178 A1 a WO 2005/024101 A1. První čtyři reprezentují řešení, které částečně připomíná řešení citované v patentech využívajících mechanických sil proudu plynu. Jsou zde opět trysky kruhového průřezu a vnitřního průměru 0,5 až 1,5 mm), na které je přivedeno stejnosměrné napětí. Proti trysce, z které je polymerní roztok vytlačován, je umístěna nejčastěji uzemněná elektroda (sběrná elektroda). Důsledkem takového uspořádání je vytahování tenkého a dále se štěpícího paprsku roztoku polymeru, který pak v konečném důsledku poskytuje nanovlákna. Největším problémem tohoto způsobu je nízký výkon. Na jedné zvlákňovací trysce lze zpracovat 0,1 až 1 gram polymeru za hodinu, což z pohledu průmyslového využití činí výrobu nanovláken podle těchto řešení velmi problematickou. Ve prospěch výkonu a také homogenity nanesené vrstvy na sběrnou elektrodu nebo na podklad, který je umístěn mezi tryskou a sběrnou elektrodou v její blízkosti, lze sestavit skupinu statických nebo pohybujících se trysek. Bohužel nelze zvyšovat počet trysek neomezeně a stejně tak existují i limity na vzdálenost trysek mezi sebou, což je dáno vlastním elektrickým polem, takže ani tato řešení nepřináší zlomový obrat ve výkonnosti. Dále zůstávají další limity plynoucí z obecných fyzikálních zákonitostí, jako je nemožnost zvyšování napětí nad mez elektrické pevnosti vzduchu v prostoru zvlákňování, neopodstatněnost tomu úměrného zvyšování vzdálenosti elektrod apod.

Z GB 1 346 231 je známé zařízení na elektrostatické zvlákňování polymerních roztoků obsahující prstencovou zvlákňovací elektrodu otočně uloženou ve svislé rovině dolní částí v polymerním roztoku a horní částí mezi dvěma svisle uloženými sběrnými elektrodami. Zvlákňovaný roztok je vynášen povrchem prstence zvlákňovací elektrody, přičemž zvlákňovací proces probíhá v horní části prstencové zvlákňovací elektrody nacházející se mezi sběrnými elektrodami v místech, která jsou těmto plochým elektrodám nejbližší. Zařízení je průmyslově velmi obtížně využitelné, neboť je složité, neproduktivní a případná elektrostatickým zvlákňováním vyrobená vrstva vláken respektive netkaná textilie by měla velmi nerovnoměrnou tloušťku a strukturu.

Dále je známé řešení podle EP 1059106 A2, které popisuje zařízení pro přeměnu roztoku nebo taveniny polymeru do vlákenné struktury zahrnující v podstatě rovinnou sběrnou elektrodu a zvlákňovací elektrodu mezi nimiž je vytvořeno elektrické pole. Zvlákňovací elektroda slouží k dopravě roztoku nebo taveniny polymeru (dále jen roztoku) do elektrického pole, přičemž je nezbytné, aby se na ní vytvářely vrstvy roztoku polymeru o dostatečně vysokém zakřivení, na němž dochází ke koncentraci náboje elektrického pole, až dojede k vytváření nanovláken z vrstvy roztoku nebo taveniny. Vytvořená nanovlákna jsou vlivem Coulombovských sil unášena ke sběrné elektrodě. V jedné z popisovaných variant je zvlákňovací elektrody tvořena otočně uloženým kotoučem opatřeným na obvodu výstupky, který je částí svého obvodu ponořen do roztoku polymeru a vynáší zkapalněný polymer do elektrického pole. Povrch kotouče je smáčitelný roztokem polymeru, takže tento na něm vytváří povlak. Jak kotouč rotuje, je každý výstupek postupně potažen vrstvou polymerního roztoku, který postupně získává náboj elektrody, tedy záporný) a díky vysokému zakřivení na něm dochází ke vzniku nanovláken. Roztok polymeru, který se nespotřebuje se vrací zpět do nádrže. Kotouč je uložen osou otáčení rovnoběžně se směrem pohybu podkladové textilie. Nevýhodou tohoto řešení je malá účinnost, neboť do elektrostatického pole se dostane malé množství zvlákňovaného polymerního roztoku a z něho se podaří přeměnit na vlákna jen část. Další nevýhodou je nerovnoměrnost tloušťky vrstev nanovláken po šířce.

Dále je popisováno šikmé uložení většího množství kotoučů opatřených na obvodě výstupky, které mohou být uloženy šikmo vzhledem k vylučovací elektrodě. Přitom je podle vynálezu výhodné, jsou-li jádra kotoučů z izolačního materiálu, aby se zabránilo efektům superponujícím elektrické pole. Řešení má přinášet výhodu v rovnoměrnějším nanášení vrstvy vláken na podkladový materiál. Řešení je velmi složité vzhledem k rotačnímu pohonu šikmo uložených kotoučů a zvýšení rovnoměrnosti nanášené vrstvy nanovláken je možné jen ve směru pohybu podkladového materiálu a nelze je ani předpokládat ve směru šířky podkladového materiálu.

V dalším provedení jsou popisovány kotouče znázorněné na obr. 14, na jejichž obvodu jsou vytvořeny tvarové výstupky a pod nimi sběrné dutiny pro polymerní roztok pro usnadnění odměřování množství polymerního roztoku a jeho výhoda má spočívat v tom, že se do elektrostatického pole pro zvlákňování opakovaně dopravuje vždy stejné množství polymerního roztoku. Nevýhodou tohoto provedení je, že zvlákňování probíhá na vrcholech výstupků, kde je největší koncentrace náboje, zatímco sběrné dutiny jsou uspořádány na menším průměru než vrcholy výstupků, takže je problematické dopravit odměřené množství polymerního roztoku k příslušnému vrcholu. Kromě toho při směru otáčení kotouče ve směru šipky znázorněné na obr. 14 šipkou se do sběrných dutin (151) nenabere žádný polymerní roztok, pouze by bylo možné, aby do nich stekl roztok, který ulpěl na povrchu výstupků při jejich rotaci směrem vzhůru. Při tom je velmi nepravděpodobné, že by se do sběrných dutin odměřilo vždy stejné množství polymerního roztoku.

Problém s výkonem a další problémy výše popsaných řešení se úspěšně snaží vyřešit technologie uvedená v patentu WO 2005/024101 A1. Zde je zvlákňovací elektroda tvořena elektrodou ve tvaru válce, který se podle své hlavní osy otáčí a dolní částí povrchu se namáčí do roztoku polymeru. Osa válce je přitom uložena v rovině rovnoběžné s rovinou podkladového materiálu a kolmo na směr pohybu podkladového materiálu. Na povrchu válce se vynáší tenký film, z kterého se za současné tvorby tzv. Taylorových kuželů vytahují výše zmíněné paprsky roztoku, které pak vytvářejí na sběrné protielektrodě nebo na vhodné podkladové vrstvě před ní vrstvu nanovláken. Uvedená

technologie velmi dobře funguje pro roztoky polymerů na vodné bázi. Pro roztoky na nevodné bázi problém zvlákňování neřeší. Je to spojeno se zásadně rozdílným charakterem vodných a nevodných roztoků, který je především dán přítomností silného dipólového momentu v malé molekule vody. To předurčuje zcela rozdílné vlastnosti vodných a nevodných roztoků polymerů z hlediska účinků vnějšího elektrického pole. Ani u vodných roztoků polymerů není však vytvořená vrstva nanovláken zcela rovnoměrná po celé délce zvlákňovací elektrody.

Z výše uvedeného je patrné, že podstatou dosud zkonstruovaných zařízení na přípravu kvalitních nanovláken a vrstev z nanovláken je vždy dvojice elektrod na rozdílném elektrickém potenciálu. Bez nadsázky jsou elektrody a jejich konstrukce srdcem celého zařízení a předurčují podstatným způsobem úspěch či neúspěch celého zařízení v produkci nanovláken.

Cílem vynálezu je vytvořit způsob a zařízení, které by bylo průmyslově využitelné i pro zvlákňování roztoků polymeru v rozpouštědlech na nevodné bázi a dosahovalo vysokého zvlákňovacího výkonu a u vodných i nevodných roztoků polymerů dále zvyšovalo rovnoměrnost vytvářené vrstvy nanovláken.

Podstata vynálezu

Cíle vynálezu je dosaženo způsobem výroby nanovláken z polymerního roztoku elektrostatickým zvlákňováním v elektrickém poli podle vynálezu, jehož podstata spočívá v tom, že na polymerní roztok na povrchu zvlákňovací elektrody v místě průsečnice povrchu zvlákňovací elektrody s rovinou proloženou osou zvlákňovací elektrody a kolmou na rovinu podkladového materiálu se po celé délce zvlákňovací elektrody působí elektrickým polem maximální a stejné intenzity, čímž se dosáhne stejného a rovnoměrného zvlákňovacího účinku po celé délce zvlákňovací elektrody a v důsledku toho také rovnoměrné tloušťky vrstvy nanovláken uložené na podkladovém materiálu.

Je výhodné, když se polymerní roztok do elektrického pole přivádí v množství stejných od sebe oddělených dávek pohybujících se po kruhových

drahách v elektrickém poli, přičemž vzájemná poloha dávek se nemění a dávky jsou uspořádány ve skupinách dávek, situovaných po délce zvlákňovací elektrody v rovině procházející osou zvlákňovací elektrody a kolmé na rovinu podkladového materiálu vzhledem ke sběrné elektrodě na ekvipotenciále o nejvyšší intenzitě elektrického pole mezi zvlákňovací elektrodou a sběrnou elektrodou. Rozdělení polymerního roztoku do dávek a umístění každé dávky v době kdy je nejblíže sběrné elektrodě v místě s nejvyšší intenzitou elektrického pole.

Směr přivádění od sebe oddělených dávek polymerního roztoku je s výhodou obrácený vzhledem ke smyslu pohybu podkladového materiálu, čímž se dosáhne větší rovnoměrnosti vytvářené vrstvy nanovláken.

Podstata zařízení k výrobě nanovláken z polymerního roztoku elektrostatickým zvlákňováním v elektrickém poli spočívá v tom, že obalová plocha částí povrchu zvlákňovací elektrody sloužících k vynášení polymerního roztoku do elektrického pole má v rovině procházející osou zvlákňovací elektrody a kolmé na rovinu podkladového materiálu tvar tvořený ekvipotenciálou elektrického pole mezi zvlákňovací elektrodou a sběrnou elektrodou o nejvyšší intenzitě.

Pro zvlákňování vodných roztoků polymerů je dostačující, je-li obalová plocha plná, což zjednodušuje konstrukci těchto zařízení.

Pro zvlákňování vodných i nevodných roztoků polymerů obsahuje zvlákňovací elektroda soustavu vlnitě tvarovaných lamel z plochého elektricky vodivého materiálu, které jsou vzhledem k ose rotace uloženy svým zvlněním tangenciálně, přičemž v rovině kolmé na rovinu podkladového materiálu a procházející osou rotace zvlákňovací elektrody a středem vlnitě tvarované lamely jsou vytvarovány do tvaru ekvipotenciály o nejvyšší intenzitě elektrického pole mezi zvlákňovací elektrodou a sběrnou elektrodou. Taková zvlákňovací elektroda je schopna vynášet dostatečné množství polymerního roztoku do nejvhodnějších míst elektrického pole mezi zvlákňovací a sběrnou elektrodou a zároveň dobře zvlákňovat i nevodné roztoky polymerů.

Přitom je výhodné zejména pro rychlejší zahájení zvlákňování a udržení stálého zvlákňovacího procesu, jsou-li lamely na vnější straně opatřeny výstupky.

Zvlákňovací elektroda obsahuje soustavu lamel uspořádaných radiálně a podélně kolem osy rotace zvlákňovací elektrody rovnoměrně po jejím obvodu a opatřených směrem ven směřujícími hroty, přičemž v poloze, kdy se hroty zvlákňovací elektrody nacházejí v rovině kolmé na rovinu podkladového materiálu, vrcholy těchto hrotů leží na ekvipotenciále o nejvyšší intenzitě elektrického pole mezi zvlákňovací elektrodou a sběrnou elektrodou.

Lamely jsou podle nároku 9vytvořeny z tenkého plochého elektricky vodivého materiálu společně s hroty a jejich vrcholy. Toto provedení je jednoduché a nezvyšuje příliš cenu zvlákňovací elektrody.

Přitom je pro dobré nastartování zvlákňovacího procesu výhodné, jsou-li vrcholy hrotů tvarovány do oblouku nebo do špičky.

Podle nároku 12 jsou lamely vytvořeny z plochého elektricky vodivého materiálu a směrem ven jsou opatřeny hroty hranolovitého tvaru zakončenými tvarovými vrcholy.

Tyto hroty jsou podle nároku 13 válcové a jsou zakončeny tvarovými vrcholy.

Tvarové vrcholy jsou podle nároku 14 tvořeny zkosenou plochou orientovanou ve směru rotace zvlákňovací elektrody.

Tvarové vrcholy jsou podle dalšího provedení tvořeny zkosenou plochou orientovanou ve směru rotace zvlákňovací elektrody, přičemž ve zkosené ploše je vytvořeno vybrání sloužící pro odměření vždy stejného množství nabíraného polymerního roztoku a vystavení dávky polymerního roztoku působení elektrického pole mezi zvlákňovací elektrodou a sběrnou elektrodou.

Tvarové vrcholy jsou podle nároku 16 tvořeny sedýlkem, které s výhodou obsahuje horní prohnutou plochu orientovanou ve směru délky lamely a vzhledem ke směru otáčení zvlákňovací elektrody orientovanou přední prohnutou plochu a zadní prohnutou plochu a umožňuje ideální vystavení dávky

polymerního roztoku nacházejícího se na sedýlku působení elektrického pole, které na dávku působí rovnoměrně ze všech stran.

Pro dosažení větších šířek vyráběné vrstvy nanovláken jsou alespoň dvě vedle sebe zvlákňovací elektrody uspořádány na jedné ose.

Pro dosažení větší tloušťky vyráběné vrstvy nanovláken jsou zvlákňovací elektrody uspořádány alespoň dvě za sebou vzhledem ke směru pohybu podkladového materiálu.

Pro dosažení velkých šířek vyrobené vrstvy nanovláken jsou zvlákňovací elektrody uspořádány alespoň dvě vedle sebe na jedné ose a alespoň ve dvou řadách za sebou, přičemž zvlákňovací elektrody následující řady jsou situovány v místech mezer mezi zvlákňovacími elektrodami předcházející řady.

Přitom jsou řady zvlákňovacích elektrod uloženy kolmo na směr pohybu podkladového materiálu nebo

jsou uloženy šikmo ke směru pohybu podkladového materiálu.

Přehled obrázků na výkrese

Příklady provedení zařízení podle vynálezu jsou schematicky znázorněny na přiložených výkresech, kde značí obr. 1 příčný řez zařízením s lamelovou zvlákňovací elektrodou s lamelami opatřenými hroty s tvarovými vrcholy, obr. 2 podélný řez zařízením se zvlákňovací elektrodou s plnou obalovou plochou, obr. 3a a 3b pohled na lamelovou zvlákňovací elektrodu s plochými lamelami, obr. 4a a 4b pohled na vlnkovou lamelovou zvlákňovací elektrodu, obr. 5a pohled na lamelovou zvlákňovací elektrodu s lamelami opatřenými válcovými hroty s tvarovými vrcholy, 5b pohled na lamelu s hroty uspořádanými ve vzájemném odstupu, obr. 6 pohled na lamelovou zvlákňovací elektrodu s lamelami opatřenými hroty ve tvaru hranolu, obr. 7a detail tvarových vrcholů ploché lamely lamelové zvlákňovací elektrody, obr. 7b vrcholy hrotů lamelové zvlákňovací elektrody s jednoduchou zkosenou ploškou upravenou do jamky, obr. 7c vrcholy hrotů lamelové zvlákňovací elektrody s jednoduchou zkosenou ploškou upravenou do jamky, obr. 7d vrcholy hrotů lamelové zvlákňovací elektrody se sedýlkem, obr. 8a sériové uspořádání zvlákňovacích elektrod,

obr. 8b paralelní uspořádání zvlákňovacích elektrod, obr. 8c sériové a paralelní uspořádání zvlákňovacích elektrod v kombinaci a s posunem o polovinu délky zvlákňovacích elektrody a obr. 8d uspořádání podle obr. 8c s osou rotace zvlákňovacích elektrod různoběžnou se směrem posunu podkladové vrstvy.

Příklady provedení vynálezu

Zařízení k výrobě nanovláken z polymerního roztoku elektrostatickým zvlákňováním znázorněné na obr. 1, 3 až 7 obsahuje zvlákňovací elektrodu **1** tvořenou lamelami **11** radiálně a podélně uspořádanými kolem osy **12**, která je známým neznázorněným způsobem otočně uložena v tělese zařízení. Jednotlivé lamely **11** zvlákňovací elektrody **1** nebo celá zvlákňovací elektroda **1** jsou známým neznázorněným způsobem propojeny s neznázorněným zdrojem vysokého napětí nebo uzemněny. Lamely **11** se prostírají po celé délce zvlákňovací elektrody **1** a jsou rovnoměrně rozděleny po jejím obvodu. Osa **12** zvlákňovací elektrody je ve znázorněném provedení tvořena hřídelem **121**, který je známým neznázorněným způsobem spřažen s pohonem zajišťujícím jeho rotační pohyb.

Pod zvlákňovací elektrodou **1** je uložena nádoba **2** s polymerním roztokem **3**. Lamely **11** v dolní části zvlákňovací elektrody **1** jsou ponořeny v polymerním roztoku **3**. Každá lamela obsahuje množství hrotů **111**, na jejichž koncích jsou vytvořeny tvarové vrcholy **1111**, které jsou nosnými plochami pro kapky **31** polymerního roztoku **3**, jak je znázorněno na obr. 1.

Nad zvlákňovací elektrodou **1** je uspořádána sběrná elektroda **4** připojená známým neznázorněným způsobem ke zdroji vysokého napětí opačné polarity než zvlákňovací elektroda **1** nebo uzemněná. Osa **12** zvlákňovací elektrody je uložena rovnoběžně se sběrnou elektrodou **4**, respektive s rovinou sběrné elektrody **4**. Mezi sběrnou elektrodou **4** a zvlákňovací elektrodou **1** se po přivedení vysokého napětí alespoň na jednu z nich a uzemnění druhé elektrody nebo připojení druhé elektrody na vysoké napětí opačné polarity vytvoří intenzivní elektrické pole, které zajistí vytváření Taylorových kuželů na vrcholech **1111** hrotů **111** lamel **11** a vytahování paprsku

32 polymerního roztoku 3 z vrcholů 1111 hrotů 111 směrem ke sběrné elektrodě 4.

Mezi zvlákňovací elektrodou 1 a sběrnou elektrodou 4, obvykle v blízkosti sběrné elektrody 4, je vytvořeno vedení pro podkladový materiál 5, tvořený podkladovou textilií nebo jiným vhodným materiálem podle požadavků na užití vyráběné textilie obsahující vrstvu nanovláken nebo textilie nanovlákennou vrstvou tvořené. Vedení obsahuje ve znázorněném provedení dvě dvojice válců – podávací válce 61 a odváděcí válce 62. Nebo může být podkladový materiál tvořen nekonečným pásem uloženým na dvojici válců, z nichž alespoň jeden je hnaný, přičemž vrstva nanovláken se z nekonečného pásu známým způsobem snímá a ukládá do návinu. Směr pohybu podkladového materiálu 5 je obvykle souhlasný se směrem rotace zvlákňovací elektrody 1. Pro zvýšení rovnoměrnosti nanášené vrstvy 33 nanovláken je však výhodné směr otáčení zvlákňovací elektrody 1 obrátit a zvlákňovací elektrodou 1 otáčet proti smyslu pohybu podkladového materiálu 5.

Tvarové vrcholy 1111 jsou tvořeny malými plochami tvarovanými k optimalizaci tvaru kapky 31 polymerního roztoku 3 na tvarovém vrcholu v elektrickém poli po vynesení polymerního roztoku z nádoby lamelou 11. Každá taková kapka 31 představuje dávku polymerního roztoku 3 přivedenou do elektrického pole pro zvlákňování.

Na obr. 2 je znázorněna alternativa provedení zařízení k výrobě nanovláken z vodného polymerního roztoku elektrostatickým zvlákňováním podle vynálezu. V tomto případě je ve srovnání s WO 2005/024101 A1 válcové těleso tvořící zvlákňovací elektrodu 1 vytvarováno v rovině procházející osou 12 rotace zvlákňovací elektrody 1 a kolmé na rovinu podkladového materiálu 5 do tvaru ekvipotenciály elektrického pole mezi zvlákňovací elektrodou 1 a sběrnou elektrodou 3 o nejvyšší intenzitě pro zvolený potenciál elektrického pole. Obalová plocha zvlákňovací elektrody 1 je plná a není tedy tvořena lamelami uspořádanými po délce zvlákňovací elektrody 1, jako je tomu u výše popsaných provedení. U provedení zvlákňovací elektrody 1 podle obr. 2 je možné vnější plochu tvarovat například pomocí radiálních výstupků ve tvaru nákružků nebo

hrotů, výstupků ve tvaru spirály nebo axiálních výstupků podobně jako u WO 2005/024101 A1.

V dalším alternativním provedení, které není znázorněno, může být pro výrobu nanovláken zejména z vodných roztoků polymerů zvlákňovací elektroda tvořena soustavou kol uspořádaných souose vedle sebe na společném hřídeli, přičemž obalová plocha takové soustavy je v rovině procházející osou zvlákňovací elektrody a kolmé na rovinu podkladového materiálu tvořena ekvipotenciálou elektrického pole mezi zvlákňovací elektrodou a sběrnou elektrodou o nejvyšší intenzitě pro zvolený potenciál elektrického pole. Kola přitom mohou být uspořádána těsně vedle sebe nebo s určitým rozestupem a na obvodě mohou být opatřena výstupky různých tvarů.

Provedení zvlákňovací elektrody **1** pro zvlákňování polymerů z nevodných i vodných roztoků je znázorněno na obr. 3a v celkovém pohledu a na obr. 3b v detailu části elektrody. Zvlákňovací elektroda **1** obsahuje hřídel **12**, na němž jsou upevněna čela **122** a v nich jsou radiálně uloženy ploché podlouhlé lamely **11**, na nichž jsou vytvořeny směrem ven směřující ploché hroty **111** zakončené tvarovými vrcholy **1111**, které jsou vytvarovány do oblouku. Hroty **111** jednotlivých lamel **11** mají rozdílnou délku, přičemž jejich obalová křivka je ekvipotenciálou elektrického pole vytvořeného mezi zvlákňovací elektrodou **1** a sběrnou elektrodou **4** v rovině procházející osou **12** zvlákňovací elektrody a kolmé na rovinu podkladového materiálu **5**.

Další příkladné provedení zvlákňovací elektrody **1** pro zvlákňování polymerů z vodných i nevodných roztoků je znázorněno na obr. 4a v pohledu proti ose elektrody a na obr. 4b je znázorněno uspořádání lamel vzhledem k hřídeli v axonometrickém pohledu. Lamely **11** jsou u tohoto provedení tvořeny vlnitě vytvarovaným plochým elektricky vodivým materiálem a jsou svými konci uloženy v čelech **122** upevněných na hřídeli **121**, přičemž vzhledem k hřídeli **121** jsou lamely **11** uloženy svým zvlněním tangenciálně. Směrem vně ze zvlákňovací elektrody **1** tedy směřuje tenká plocha vlnovky lamely **11**, která je v radiálním směru v rovině kolmé na rovinu podkladového materiálu a procházející středem vlnitě tvarované lamely **11** tvarována do tvaru ekvipotenciály o nejvyšší intenzitě pro zvolený potenciál elektrického pole

vytvořeného mezi zvlákňovací elektrodou **1** a sběrnou elektrodou **4**. V neznázorněném příkladu provedení jsou jednotlivé lamely **11** opatřeny na vnější straně výstupky.

V příkladu provedení podle obr. 5a je znázorněna zvlákňovací elektroda **1** pro zvlákňování polymerů z vodných i nevodných polymerních roztoků **3**, která obsahuje na hřídeli **121** upevněná čela **122**, mezi nimiž jsou radiálně uloženy lamely **11** opatřené směrem ven směřujícími hroty **111**, které jsou zakončeny tvarovými vrcholy **1111**. Obalová křivka vrcholů **1111** hrotů lamely je ekvipotenciálou o nejvyšší intenzitě elektrického pole vytvořeného mezi zvlákňovací elektrodou **1** a sběrnou elektrodou **4** v poloze, kdy se hroty **111** zvlákňovací elektrody nacházejí v rovině kolmé na rovinu podkladového materiálu **5**.

U provedení podle obr. 5a jsou hroty **111** válcové, jsou uspořádány těsně vedle sebe a jejich tvarové vrcholy **1111**, znázorněné v detailním pohledu na obr. 7c, obsahují zkosenou plochu **1111a**, v níž je vytvořeno vybrání **1111b**, které je s výhodou kulového nebo kuželového tvaru. Tvarový vrchol **111** lamely zvlákňovací elektrody je v jiném provedení tvořen pouze zkosenou plochou **1111a**, jak je znázorněno na obr. 7b, nebo sedýlkem **1111c**, znázorněným na obr. 7d. Sedýlko obsahuje horní prohnutou plochu **S1** orientovanou ve směru délky lamely **11** a přední prohnutou plochu **S2** orientovanou vzhledem ke směru otáčení zvlákňovací elektrody dopředu a zadní prohnutou plochu **S3** orientovanou vzhledem ke směru otáčení zvlákňovací elektrody dozadu. V neznázorněném provedení mohou být přední a zadní plochy sedýlek **1111c** tvořeny rovinnými zkosenými plochami. V jiném neznázorněném provedení může být v horní prohnuté ploše sedýlka **1111c** vytvořeno vybrání nebo jamka.

Na obr. 5b je znázorněno příkladné provedení lamely zvlákňovací elektrody podle obr. 5a, u níž jsou hroty **111** na lamele **11** uspořádány s určitým odstupem. Tvarové vrcholy **1111** obsahují zkosenou plochu **1111a**, v níž je vytvořeno vybrání **1111b**. Obalová křivka vrcholů **1111** hrotů lamely je ekvipotenciálou elektrického pole vytvořeného mezi zvlákňovací elektrodou **1** a sběrnou elektrodou **4**.

Zvlákňovací elektroda podle obr. 6 obsahuje ploché lamely **11** určité tloušťky, které jsou obdobně jako u předchozích provedení uloženy na hřídeli a směrem ven jsou opatřeny výstupky hranolovitého tvaru uspořádanými odděleně od sebe a zakončenými na koncích tvarovými vrcholy **1111**, které jsou tvořeny zkosenou plochou **1111a**. Tvarové vrcholy **1111** lamel mohou být vytvořeny i jiným, zejména výše popsaným způsobem, tedy například vybráními **1111b** nebo sedýlky **1111c**.

Zvlákňovací elektrody **1** mohou být pro dosažení větší šířky a popřípadě i větší rovnoměrnosti a/nebo větší tloušťky vyráběné vrstvy **33** nanovláken uspořádány různým způsobem, jak je znázorněno na obr. 8a až 8d.

V provedení podle obr. 8a jsou na jedné ose **12** s určitým odstupem od sebe uloženy alespoň dvě zvlákňovací elektrody **1**, ve znázorněném příkladu provedení tři zvlákňovací elektrody **1**. Vzdálenost mezi zvlákňovacími elektrodami **1** je volena tak, aby se vrstva **33** nanovláken vytvářela na podkladovém materiálu **5** i mezi elektrodami.

U provedení podle obr. 8b jsou uspořádány tři zvlákňovací elektrody **1** ve třech řadách **1210**, **1220**, **1230** za sebou vzhledem ke směru pohybu podkladového materiálu **5**. Toto provedení je určeno k dosažení vyšší tloušťky vrstvy **33** a musí obsahovat alespoň dvě zvlákňovací elektrody **1** ve dvou řadách za sebou.

Pro dosažení větší šířky vyráběné vrstvy **33** nanovláken a větší rovnoměrnosti vrstvy **33** nanovláken jsou zvlákňovací elektrody **1** uspořádány alespoň dvě vedle sebe na jedné ose **12** a alespoň ve dvou řadách za sebou, přičemž zvlákňovací elektrody **1** druhé řady **1220** jsou situovány v místech mezer mezi zvlákňovacími elektrodami **1** první řady **1210**.

Řady **1210**, **1220**, **1230** a **1240** zvlákňovacích elektrod **1** jsou v provedení podle obr. 8c uloženy kolmo na směr pohybu podkladového materiálu **5**.

Řady **1210**, **1220**, **1230** a **1240** zvlákňovacích elektrod **1** jsou uloženy šikmo ke směru pohybu podkladového materiálu **5**.

Roztok **3** polymeru je v podobě definovaných kapek vynášen do elektrického pole na vrcholech hrotů **111** speciálních lamel **11**, které se v uspořádání radiálně a podélně kolem osy **12** rotace otáčejí na společné ose. Výška hrotů **111** zaručuje, že vrcholy **1111** těchto hrotů jsou při průchodu rovinou kolmou na rovinu podkladového materiálu **5** a procházející osou **12** rotace zvlákňovací elektrody **1** v ekvipotenciálách elektrického pole. Současně malá plocha na vrcholech hrotů **111**, která se pohybuje řádově kolem 1 mm^2, zajišťuje lokální nárůst elektrického pole v místě kapek, což dodá optimální podmínky pro zahájení procesu zvlákňování. Vrcholy **1111** hrotů **111** pak mohou mít různé úpravy, které více nebo méně optimalizují tvar kapky. V nejjednodušším uspořádání to může být rovná ploška **1111a** nebo jamka **1111b** a ve složitější variantě např. sedýlko **1111c**, jehož použití je velmi výhodné. Sedýlko **1111c** zaručí, že kapka bude elektrickému poli vystavována symetricky a současně zásobní polymerní roztok **3** bude lépe vymývat vrcholy od zbytků polymerního roztoku **3**, který již prošel procesem.

Jak už bylo řečeno výše, tak k nastartování procesu zvlákňování je nutné, aby se polymerní roztok **3** (optimálně malá část jeho objemu) dostal do intenzivního elektrického pole. Experimentálně bylo ověřeno, že vodné polymerní roztoky **3** se od nevodných polymerních roztoků **3** ve smyslu zvlákňování pomocí elektrostatických sil zásadně liší. Výsledek tolik nepřekvapuje, protože molekula vody je svým malým rozměrem a silným dipólovým momentem ve výjimečném postavení vůči všem ostatním běžným rozpouštědlům, které mají molekuly větší a s nižším nebo vůbec žádným dipólovým momentem. O diametrálně rozdílném charakteru vody vypovídají i hodnoty statické relativní permetivity ε_r, kdy voda má 81, aceton 21,4, ethanol 25,1 atd. Rozpouštědlo je v roztocích hlavní hmotou (běžně kolem 80% hm.) a definuje tak zásadní měrou vlastnosti polymerního roztoku. Polymerní roztok, který je tvořen převahou nebo zcela molekulami nepolárními zaujme vůči vnějšímu elektrickému poli jiný postoj než polymerní roztok obsahující množství polárních molekul. Je známé, že dipól podobně jako magnetická střelka v magnetickém poli zaujme vůči vnějšímu elektrickému poli jasné postavení a to tak, že vektor dipólu je rovnoběžný s vektorem elektrického pole. Molekulám, u kterých předtím převládal chaotický pohyb, je tak vnuceno pevnější vnitřní

uspořádáni v rámci roztoku. Vodné polymerní roztoky jsou tak schopny vnitřního rozvrstvení na polarizované vrstvičky a to v konečném důsledku vede k přítomnosti intenzivního elektrického pole i celého povrchu kapaliny. Polymerní roztoky z téměř nepolárních nebo nepolárních rozpouštědel jsou vůči vnějšímu elektrickému poli prakticky imunní a pole tak na vnitřní přeuspořádání molekul nemá vliv. U povrchu takových polymerních roztoků nedojde k vytvoření silného elektrického a naopak je zde původní pole oslabeno a míra oslabení je pak dána rozměry kapalinového tělesa (velký povrch a tloušťka notně zeslabují intenzitu elektrického pole), které tak hraje roli prostého izolantu. Vytvoření pole o vysoké intenzitě je nutné zajistit jiným způsobem a slouží k tomu výše zmíněná konstrukce zvlákňovací elektrody **1**. Vrcholy **1111** hrotů lamel v podobě malých plošek (cca 1 - 4 mm^2) zaručují pro kapku, která na nich ulpí to, že se dostává do elektrického pole takové intenzity, které je zejména v místech kontaktu kapky s hranou hrotu **111** (tzv. trojný bod – místo styku tří dielektricky rozdílných prostředí) lamely a následně zahájí tvorbu Taylorových kuželů, vytahování paprsku polymerního roztoku **3** proti sběrné elektrodě **4**. Taylorovy kužele jsou obecným jevem, jsou výsledkem sil, kterým je polymerní roztok vystaven a jejich tvorba nastává, když vnější síla (zde coulombovská) jejíž vektor je kolmý k tečné rovině k povrchu kapaliny v místě působení, začne převládat nad silami vyvolanými vnitřní soudružností molekul kapaliny a silami povrchového napětí.

Mezi polymerní roztoky s minimální šancí na vnitřní změnu v prostředí elektrického pole patří prakticky všechny roztoky polymerů v nevodných rozpouštědlech. Nutno zmínit, že polymerní roztok jako takový musí pro nastartování procesu zvlákňování splňovat i další parametry jako je viskozita roztoku daná molekulovou hmotností polymeru, jeho koncentrací a teplotou, vhodné povrchové napětí dané typem polymeru a přítomností či nepřítomností povrchově aktivní látky a vhodná hodnota elektrické vodivosti roztoku, kterou lze v případě potřeby zvýšit přídavkem nízkomolekulárního elektrolytu.

Množství zvlákňovaného polymerního roztoku **3** a tudíž celkový výkon lze ovlivňovat velikostí zvlákňovací elektrody **1**. Velikost zvlákňovací elektrody se však do výkonu nepromítá přímo úměrně a to dokonce tak, že od určité délky

zvlákňovací elektrody **3** začne být krajně nevýhodné dále délku zvětšovat, neboť výkon je pak na jednotku délky zvlákňovací elektrody podstatně nižší se současným zvýšením nerovnoměrnosti. Toto je dáno obecnými fyzikálními zákony provázející problematiku elektrického pole. Řešení přichází v podobě různých kombinací většího množství „menších" zvlákňovacích elektrod **1**, kdy jednotlivé zvlákňovací elektrody **1** jsou v paralelním nebo sériovém uspořádání nebo v kombinaci obojího a současně hlavní osy **12** zvlákňovacích elektrod **1** nemusí být kolmé na směr posunu podkladového materiálu **5** při systému kontinuální výroby. Dále mohou být zvlákňovací elektrody vůči sobě v paralelním uspořádání posunuty o polovinu své délky, což dále přispívá k rovnoměrnosti nanesené nanovlákenné vrstvy **33**. Konečné uspořádání je vždy dáno konkrétním požadavkem na výkon stroje (šíře a rychlost).

Další modifikací je rotace zvlákňovací elektrody **1** vůči posunu podkladového materiálu **5** během kontinuálního procesu. Nerovnoměrnost ve formě diagonálních rozdílů v naneseném množství nanovlákenné vrstvy **33** na posouvajícím se podkladovém materiálu **5**, může u některých roztoků **3** polymerů vznikat tím, že proces nastartovává postupně a odděleně z každé lamely **11**. Účinnou kompenzací je rychlost a směr rotace zvlákňovací elektrody **1**. V případě rychlosti je optimální, když je obvodová rychlost otáčející se zvlákňovací elektrody **1** patnácti až dvacetinásobkem rychlosti posunu podkladového materiálu **5**. Dále je důležitý smysl rotace zvlákňovací elektrody **1** vzhledem ke směru pohybu podkladového materiálu **5**. K rovnoměrnějším výsledkům vede obrácená - retrográdní rotace zvlákňovací elektrody vůči posunu podkladového materiálu **5**, přičemž rychlost rotace již nemusí v takovém násobku převyšovat rychlost posunu podkladového materiálu **5** jako v případě rotace souhlasné s posunem.

Další modifikací, kterou vynález přináší, je použití různých hodnot napětí na elektrodách. Je totiž výhodné vytvářet potřebný potenciál tak, že se na obě elektrody (zvlákňovací a sběrnou) přivedou napětí opačných polarit. Elektrické pole je tak daleko definovanější a kontrolovatelnější než v případě, kdy bylo napětí přivedeno pouze na jednu z elektrod a zpravidla se jednalo o elektrodu zvlákňovací a na druhou elektrodu (sběrnou) byl umístěn nulový potenciál.

Nulový potenciál a zvláště na sběrné elektrodě přináší řadu nevýhod, které plynou z toho, že v blízkosti zvlákňovacího prostoru a tedy i elektrod se vyskytují další části zařízení, které jsou také na nulovém potenciálu a mohou nedefinovaně modifikovat elektrické pole a strhávat vynášená vlákna do nežádoucích míst. Vzhledem k malým proudům (řádově stovky μA), které jsou nabitou hmotou polymerního roztoku přenášeny, může k uzavření proudového okruhu dojít i přes jinak značné izolanty, jakou jsou třeba plastové součásti zařízení apod. Toto odstraňuje právě opačný potenciál na sběrné elektrodě, kdy je tím elektroda „zviditelněna" pro zvlákňovaný materiál. Konečným výsledkem této změny je definovanější dopad nanovláken na podkladový materiál **5**.

Příklad 1

Zvlákňovací lamelová elektroda podle obr. 3 se otáčí v zásobníku roztoku polyamidu PA 612 (konc. 20 % hm., Mr 2800 g/mol) v kyselině. Ponor lamely je právě takový, že jsou smáčeny pouze plošky hrotů. Elektroda se otáčí retrográdně vůči posunu nevodivé spunbondové podkladové textilie.

Průmyslová využitelnost

Způsob a zařízení podle vynálezu jsou využitelné pro přípravu vrstev z nanovláken zejména z polymerů rozpustných v rozpouštědlech na nevodné bázi o průměrech nanovláken 100 až 500 nanometrů, ale také pro zvlákňování polymerů z vodných roztoků. Tyto vrstvy lze využít k filtraci, jako bateriové separátory, k tvorbě speciálních kompozitů, k výrobě ochranných oděvů, v medicíně a dalších oblastech.

Seznam vztahových značek

1	zvlákňovací elektroda
11	lamely zvlákňovací elektrody
111	hroty lamely zvlákňovací elektrody
1111	vrcholy hrotů lamely zvlákňovací elektrody
1111a	zkosená plocha
1111b	vybrání
1111c	sedýlko
S1	horní prohnutá plocha
S2	přední prohnutá plocha
S3	zadní prohnutá plocha
12	osa zvlákňovací elektrody
121	hřídel zvlákňovací elektrody
122	čelo zvlákňovací elektrody
1210	první řada zvlákňovacích elektrod
1220	druhá řada zvlákňovacích elektrod
1230	třetí řada zvlákňovacích elektrod
1240	čtvrtá řada zvlákňovacích elektrod
2	nádoba s polymerním roztokem
3	polymerní roztok
31	kapka polymerního roztoku
32	kapka polymerního roztoku
33	vrstva nanovláken
4	sběrná elektroda
5	podkladový materiál
61	podávací válce
62	odváděcí válce

PATENTOVÉ NÁROKY

1. Způsob výroby nanovláken z polymerního roztoku (3) elektrostatickým zvlákňováním v elektrickém poli vytvořeném rozdílem potenciálů mezi sběrnou elektrodou (4) a otočně uloženou zvlákňovací elektrodou (1) protáhlého tvaru, zasahující částí svého obvodu do polymerního roztoku (3), přičemž rotací zvlákňovací elektrody (1) se alespoň částmi jejího povrchu vynáší polymerní roztok (3) do elektrického pole, v němž se na povrchu sběrné elektrody (3) vytvářejí nanovlákna, která jsou unášena ke sběrné elektrodě (3) a ukládána na povrch podkladového materiálu (5) vedeného mezi zvlákňovací elektrodou (1) a sběrnou elektrodou (3) v blízkosti sběrné elektrody (3), **vyznačující se tím, že** na polymerní roztok (3) na povrchu zvlákňovací elektrody (1) v místě průsečnice povrchu zvlákňovací elektrody (1) s rovinou proloženou osou zvlákňovací elektrody (1) a kolmou na rovinu podkladového materiálu (5) se po celé délce zvlákňovací elektrody (1) působí elektrickým polem maximální a stejné intenzity, čímž se dosáhne vysokého a rovnoměrného zvlákňovacího účinku po celé délce zvlákňovací elektrody (1).

2. Způsob podle nároku 1, **vyznačující se tím, že** polymerní roztok se do elektrického pole přivádí v množství stejných od sebe oddělených dávek pohybujících se po kruhových drahách v elektrickém poli, přičemž vzájemná poloha dávek se nemění a dávky jsou uspořádány ve skupinách dávek, situovaných po délce zvlákňovací elektrody (1) v rovině procházející osou zvlákňovací elektrody (1) a kolmé na rovinu podkladového materiálu (5) vzhledem ke sběrné elektrodě (3) na ekvipotenciále o nejvyšší intenzitě elektrického pole mezi zvlákňovací elektrodou (1) a sběrnou elektrodou (3).

3. Způsob podle nároku 2, **vyznačující se tím, že** směr přivádění od sebe oddělených dávek polymerního roztoku (3) je obrácený vzhledem ke smyslu pohybu podkladového materiálu (5).

4. Zařízení k výrobě nanovláken z polymerního roztoku elektrostatickým zvlákňováním v elektrickém poli vytvořeném rozdílem potenciálů mezi sběrnou elektrodou a otočně uloženou zvlákňovací elektrodou protáhlého tvaru spřaženou s pohonem a zasahující alespoň částmi svého povrchu do

polymerního roztoku s cílem vynášení polymerního roztoku těmito částmi povrchu do elektrického pole mezi zvlákňovací elektrodou a sběrnou elektrodou přičemž mezi zvlákňovací elektrodou a sběrnou elektrodou je vytvořena dráha pro průchod podkladového materiálu, jehož povrch ze strany zvlákňovací elektrody slouží k ukládání vytvářených nanovláken, **vyznačující se tím, že** obalová plocha částí povrchu zvlákňovací elektrody (1) sloužících k vynášení polymerního roztoku (3) do elektrického pole má v rovině procházející osou (12) zvlákňovací elektrody a kolmé na rovinu podkladového materiálu (5) tvar tvořený ekvipotenciálou elektrického pole mezi zvlákňovací elektrodou (1) a sběrnou elektrodou (3) o nejvyšší intenzitě.

5. Zařízení podle nároku 4, **vyznačující se tím, že** obalová plocha je plná.

6. Zařízení podle nároku 4, **vyznačující se tím, že** zvlákňovací elektroda (1) obsahuje soustavu vlnitě tvarovaných lamel (11) z plochého elektricky vodivého materiálu, které jsou vzhledem k ose rotace uloženy svým zvlněním tangenciálně, přičemž v rovině kolmé na rovinu podkladového materiálu (5) a procházející osou rotace zvlákňovací elektrody a středem vlnitě tvarované lamely (11) jsou vytvarovány do tvaru ekvipotenciály o nejvyšší intenzitě elektrického pole mezi zvlákňovací elektrodou (1) a sběrnou elektrodou (3).

7. Zařízení podle nároku 6, **vyznačující se tím, že** lamely (11) jsou na vnější straně opatřeny výstupky.

8. Zařízení podle nároku 4, **vyznačující se tím, že** zvlákňovací elektroda (1) obsahuje soustavu lamel (11) uspořádaných radiálně a podélně kolem osy (12) rotace zvlákňovací elektrody (1) rovnoměrně po jejím obvodu a opatřených směrem ven směřujícími hroty (111), přičemž v poloze, kdy se hroty (111) zvlákňovací elektrody nacházejí v rovině kolmé na rovinu podkladového materiálu (5), vrcholy (1111) těchto hrotů leží na ekvipotenciále o nejvyšší intenzitě elektrického pole mezi zvlákňovací elektrodou (1) a sběrnou elektrodou (3).

9. Zařízení podle nároku 8, **vyznačující se tím, že** lamely (11) jsou tvořeny z tenkého plochého elektricky vodivého materiálu společně s hroty (111) a jejich vrcholy.

10. Zařízení podle nároku 9, **vyznačující se tím, že** vrcholy hrotů (111) jsou tvarovány do oblouku.

11. Zařízení podle nároku 9, **vyznačující se tím, že** vrcholy hrotů (111) jsou tvarovány do špičky.

12. Zařízení podle nároku 8, **vyznačující se tím, že** lamely (11) jsou vytvořeny z plochého elektricky vodivého materiálu a směrem ven jsou opatřeny hroty (111) hranolovitého tvaru zakončenými tvarovými vrcholy (1111).

13. Zařízení podle nároku 8, **vyznačující se tím, že** hroty (111) jsou válcové a jsou zakončeny tvarovými vrcholy (1111).

14. Zařízení podle libovolného z nároků 8, 12 nebo 13, **vyznačující se tím, že** tvarové vrcholy (1111) jsou tvořeny zkosenou plochou (1111a) orientovanou ve směru rotace zvlákňovací elektrody (1).

15. Zařízení podle libovolného z nároků 8, 12 nebo 13, **vyznačující se tím, že** tvarové vrcholy (1111) jsou tvořeny zkosenou plochou (1111a) orientovanou ve směru rotace zvlákňovací elektrody (1), přičemž ve zkosené ploše je vytvořeno vybrání (1111b).

16. Zařízení podle libovolného z nároků 8, 12 nebo 13, **vyznačující se tím, že** tvarové vrcholy (1111) jsou tvořeny sedýlkem (1111c).

17. Zařízení podle nároku 15, **vyznačující se tím, že** sedýlko (1111c) obsahuje horní prohnutou plochu (S1) orientovanou ve směru délky lamely (11) a vzhledem ke směru otáčení zvlákňovací elektrody (1) orientovanou přední prohnutou plochu (S2) a zadní prohnutou plochu (S3).

18. Zařízení podle libovolného z nároků 4 až 17, **vyznačující se tím, že** zvlákňovací elektrody (1) jsou uspořádány alespoň dvě vedle sebe na jedné ose (12).

15.05.06
PS3441CZ_1
12.5.2006

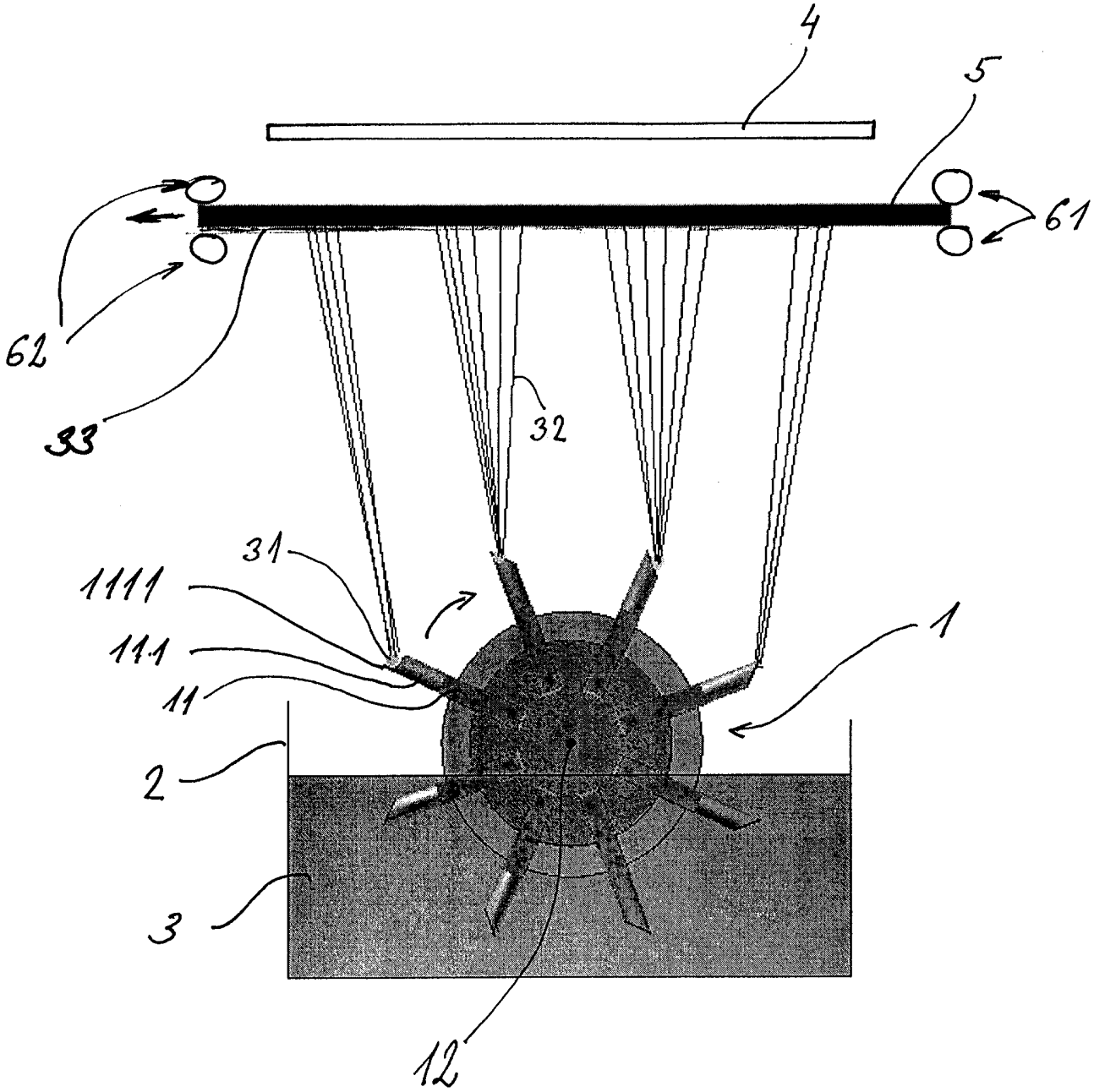
19. Zařízení podle libovolného z nároků 4 až 17, **vyznačující se tím, že** zvlákňovací elektrody (1) jsou uspořádány alespoň dvě za sebou vzhledem ke směru pohybu podkladového materiálu (5).

20. Zařízení podle libovolného z nároků 4 až 17, **vyznačující se tím, že** zvlákňovací elektrody (1) jsou uspořádány alespoň dvě vedle sebe na jedné ose (12) a alespoň ve dvou řadách za sebou, přičemž zvlákňovací elektrody (1) následující řady jsou situovány v místech mezer mezi zvlákňovacími elektrodami (1) předcházející řady.

21. Zařízení podle nároku 20, **vyznačující se tím, že** řady zvlákňovacích elektrod (1) jsou uloženy kolmo na směr pohybu podkladového materiálu (5).

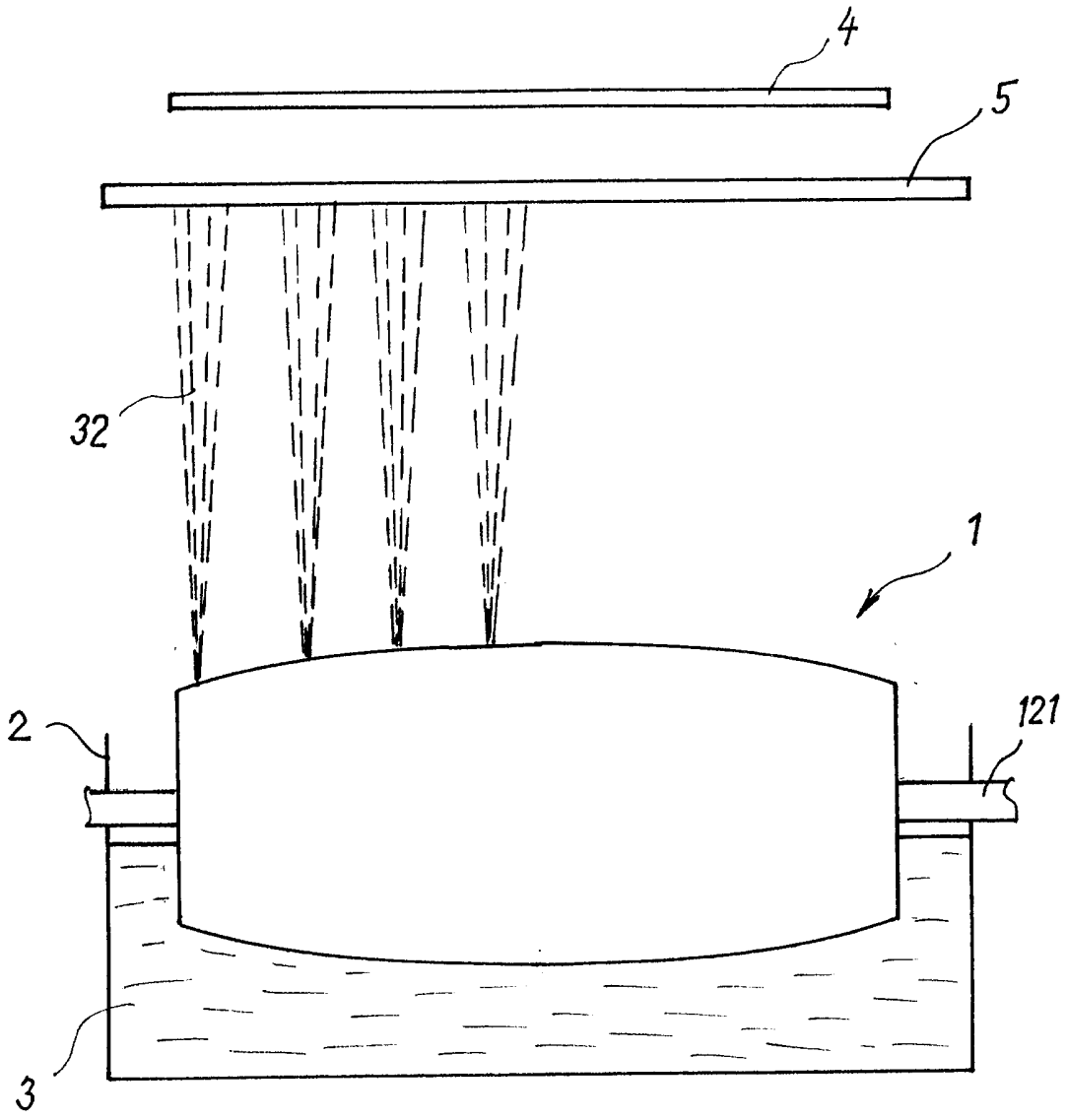
22. Zařízení podle nároku 20, **vyznačující se tím, že** řady zvlákňovacích elektrod (1) jsou uloženy šikmo ke směru pohybu podkladového materiálu (5).

09.06.05
PV 2005-360

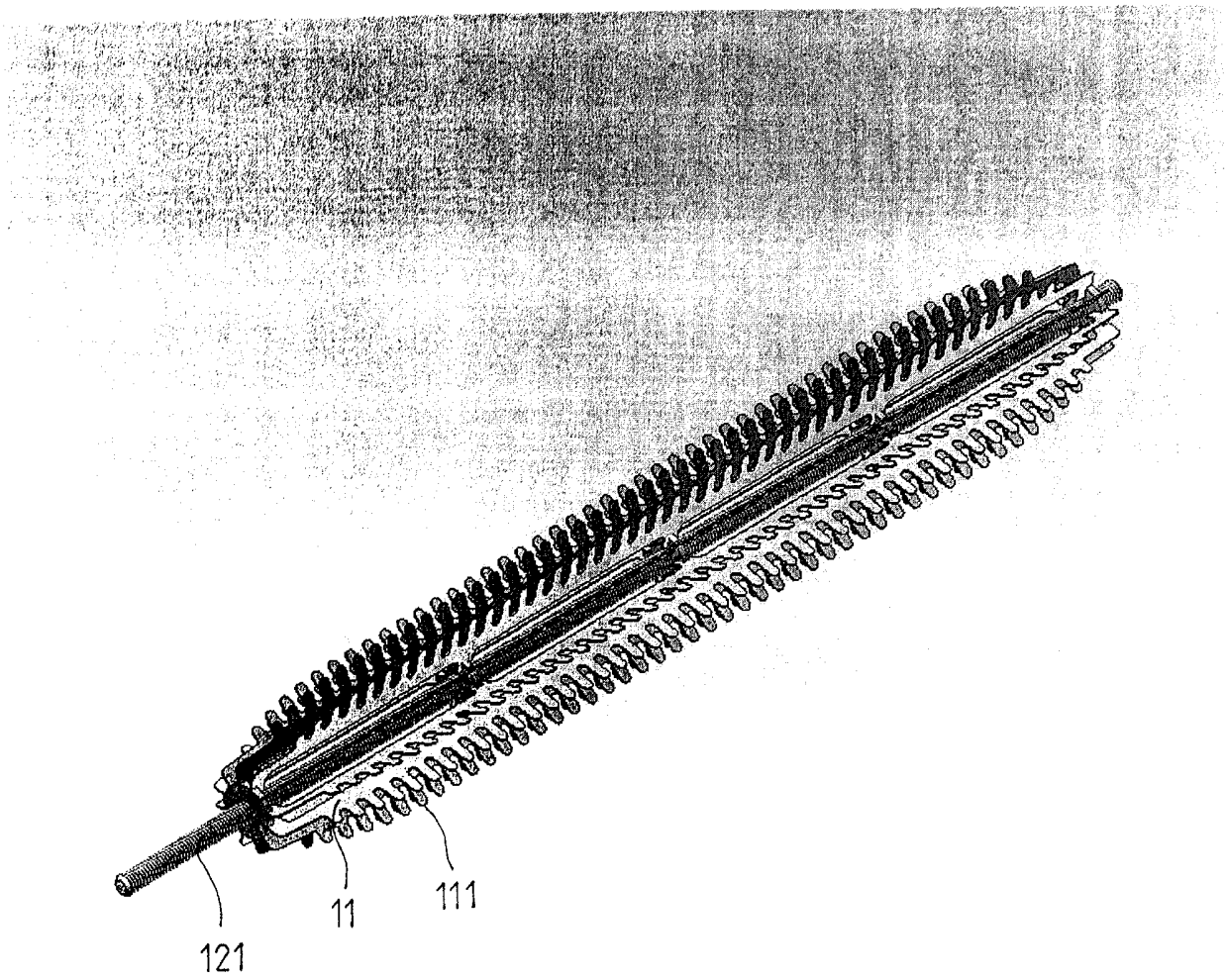


Obr. 1

09.06.05

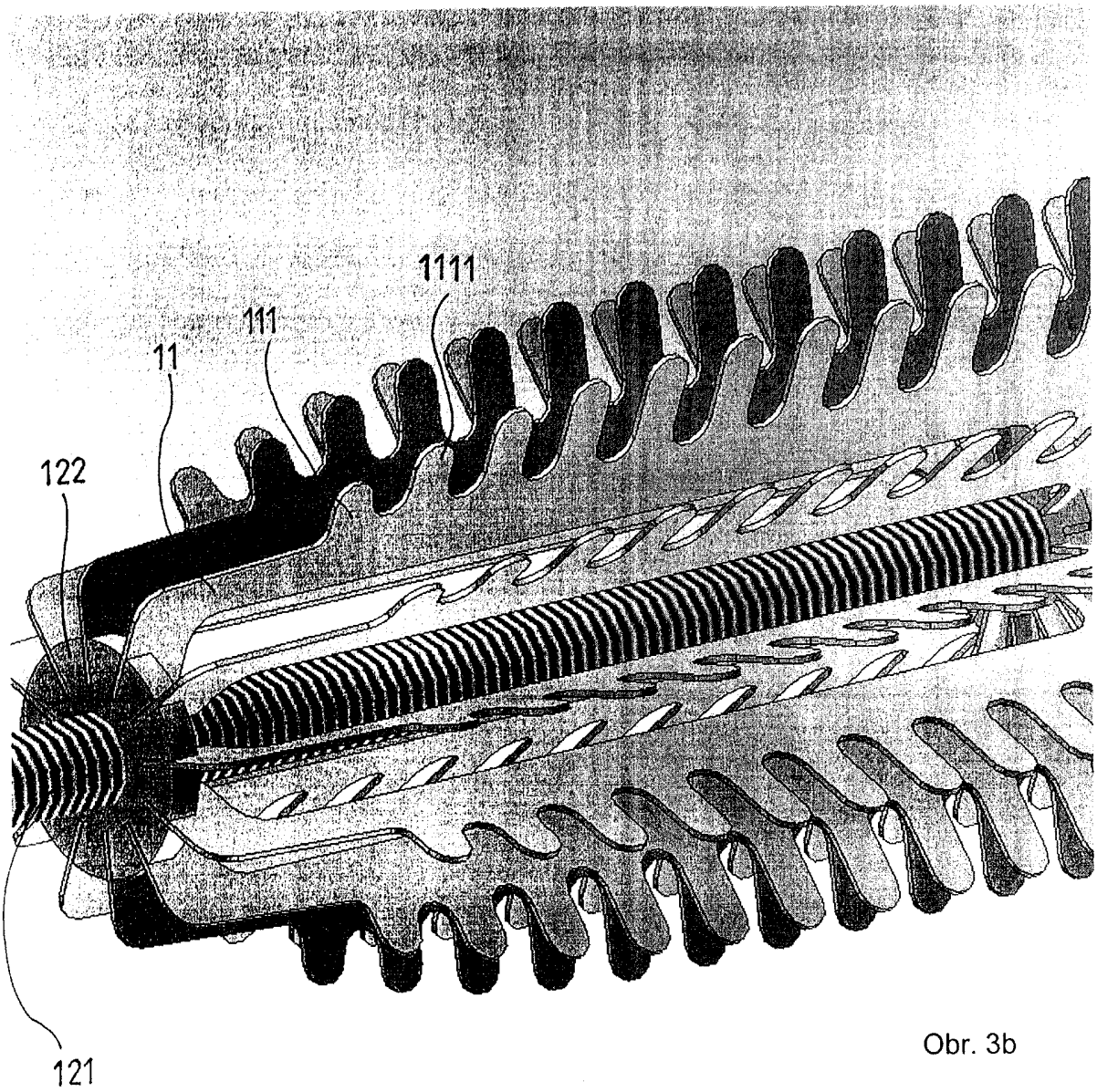


Obr. 2



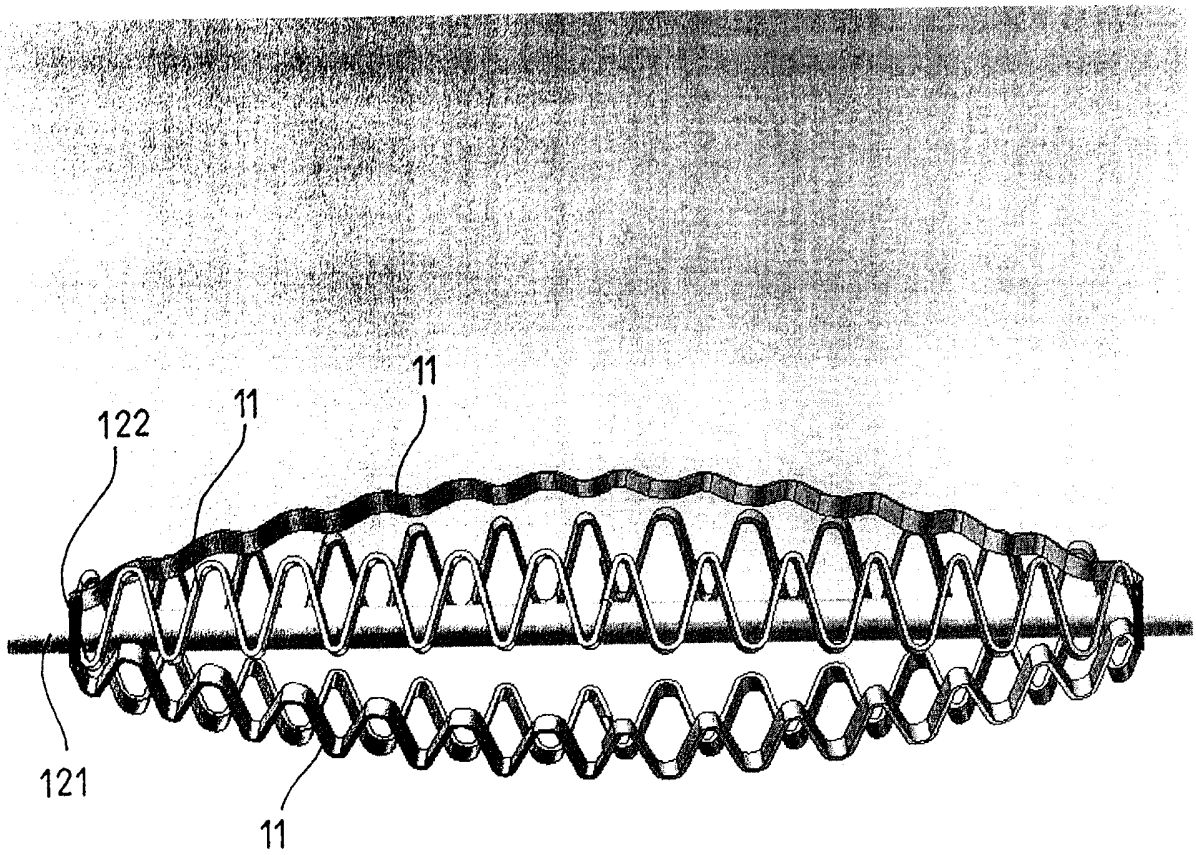
Obr. 3a

09.06.05



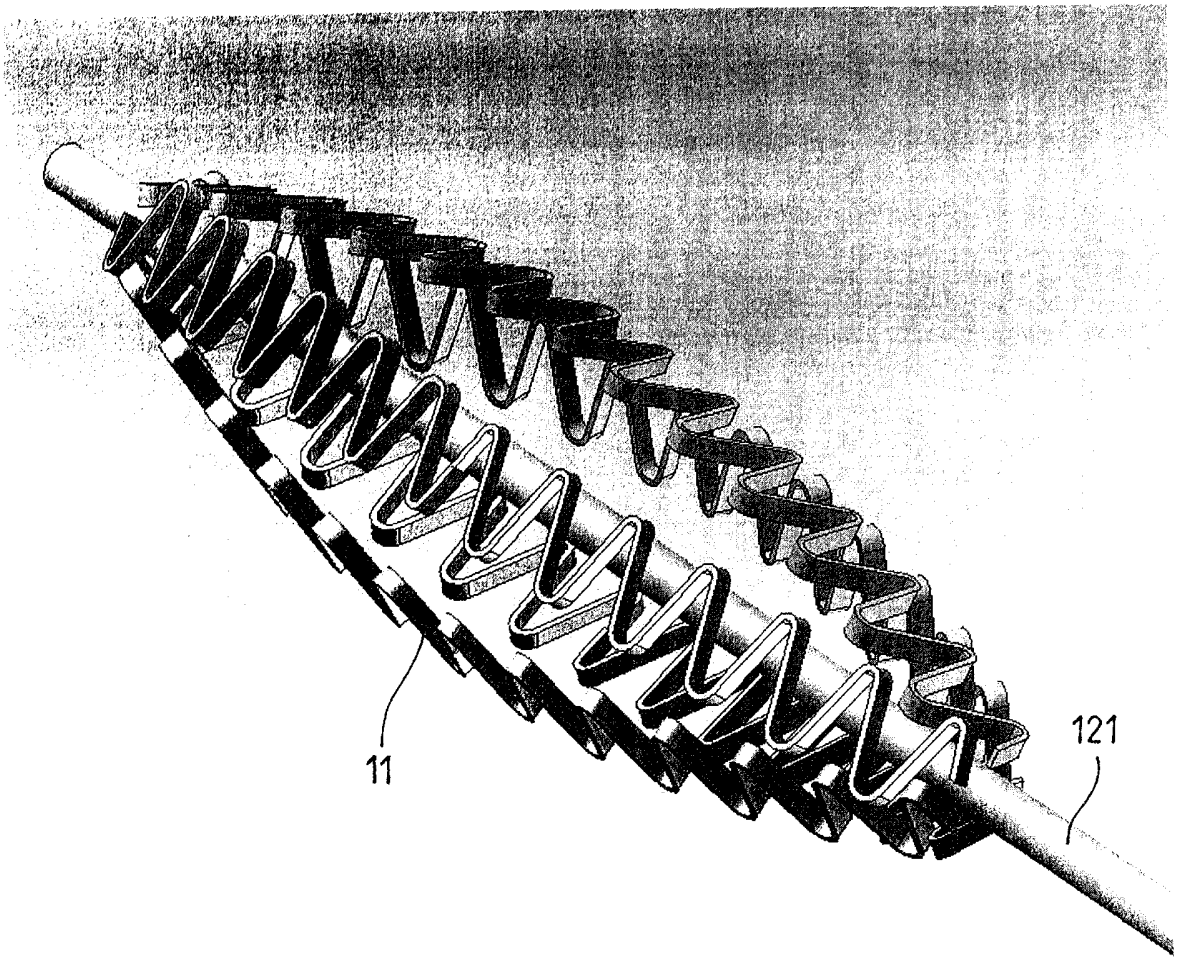
Obr. 3b

09.06.05



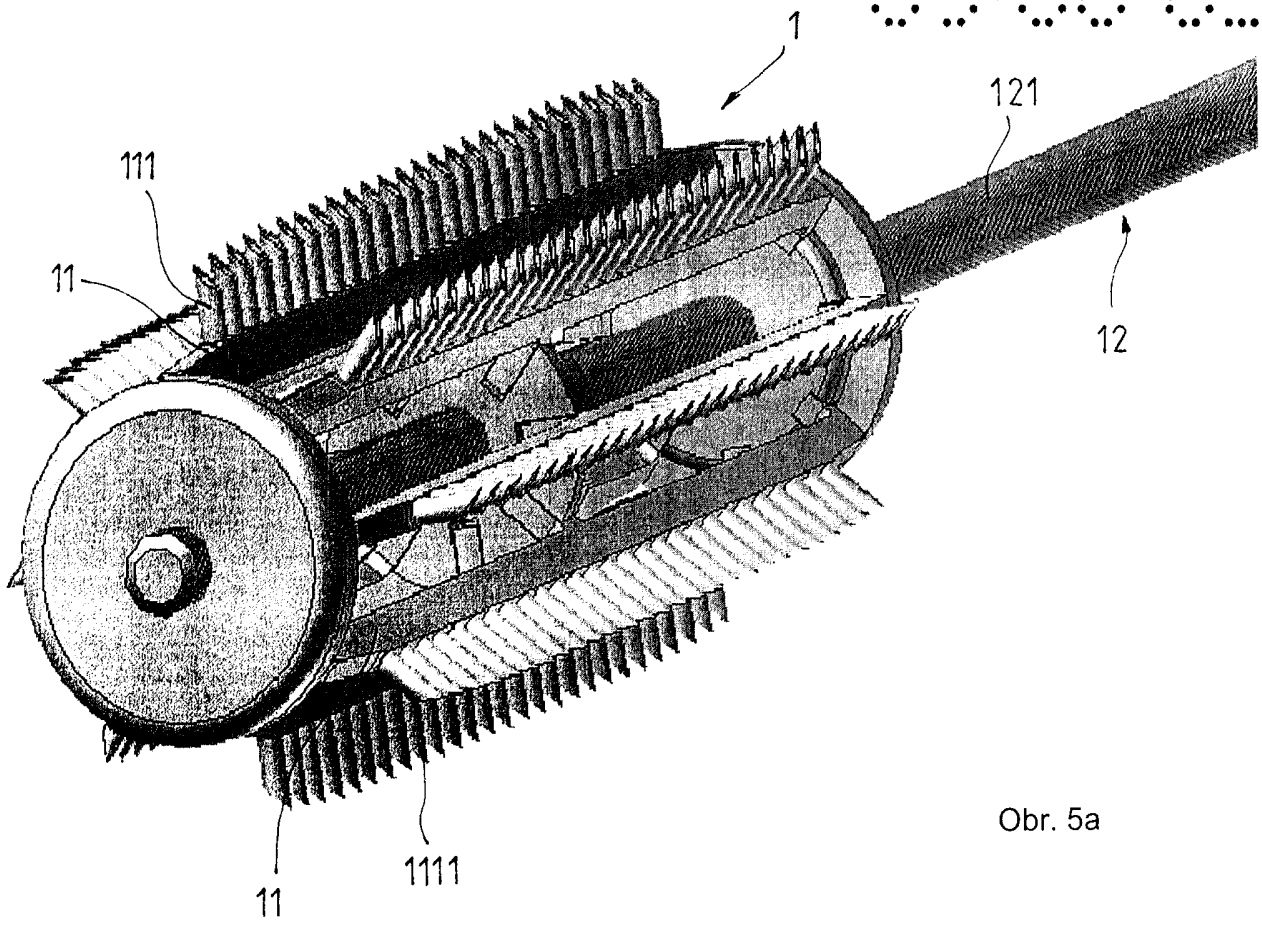
Obr. 4a

09.06.05

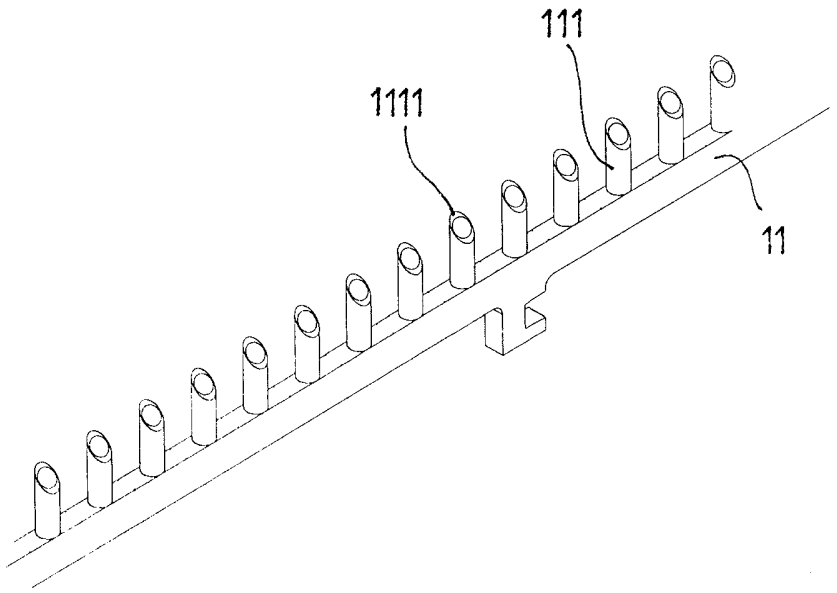


Obr. 4b

09.06.05

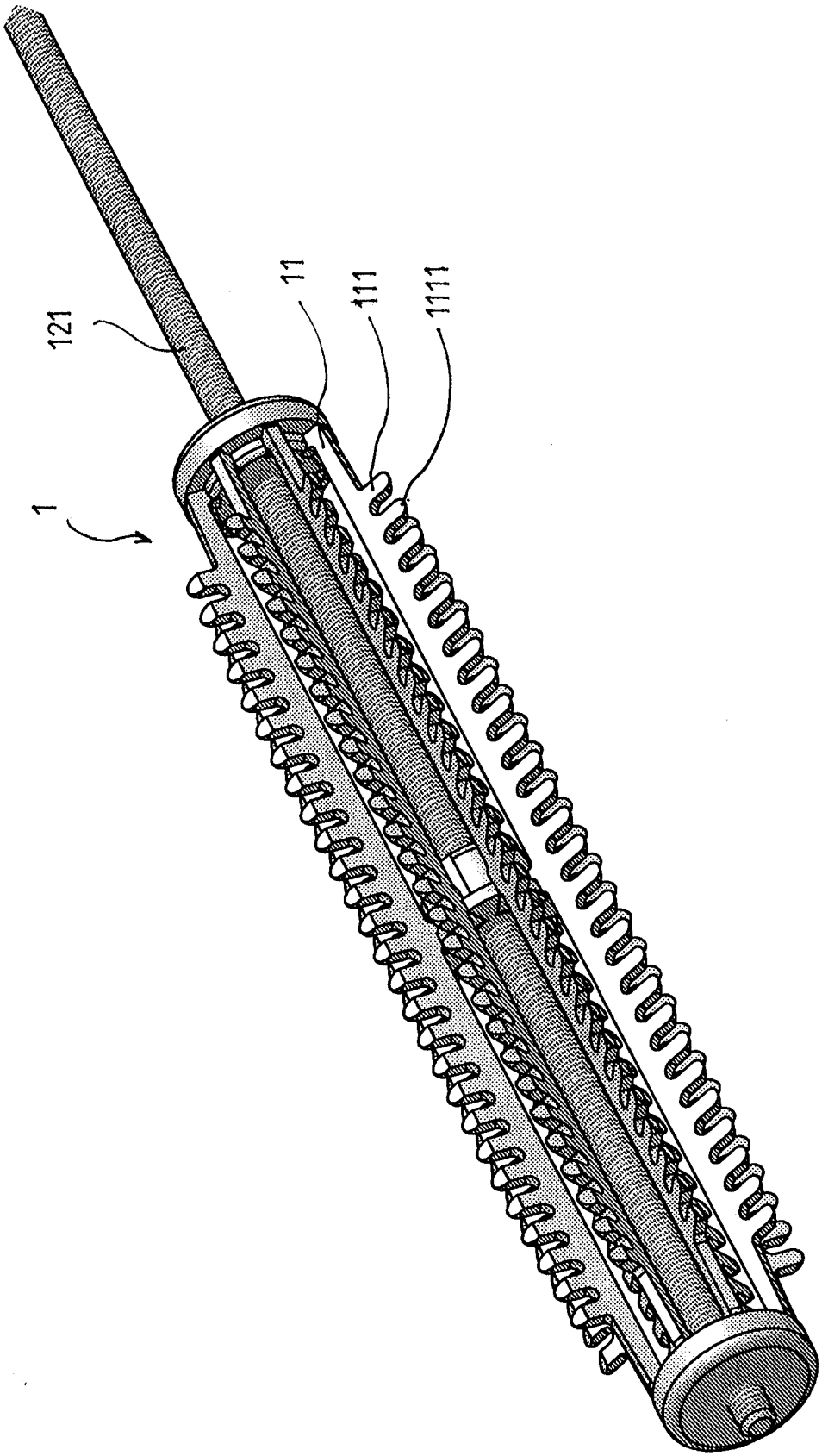


Obr. 5a



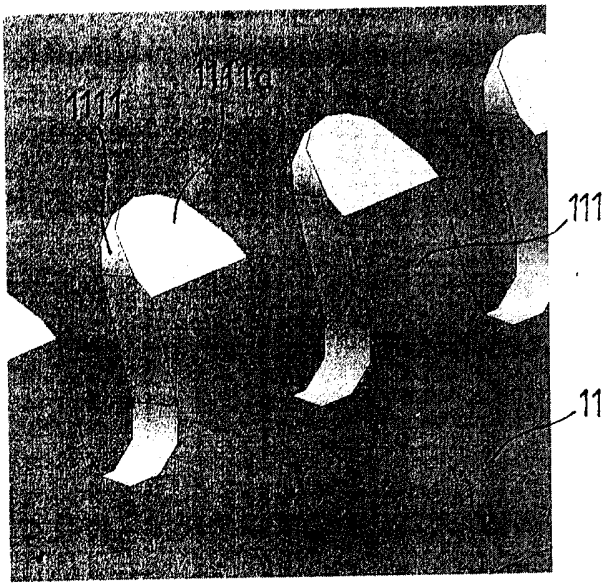
Obr. 5b

09-06-05

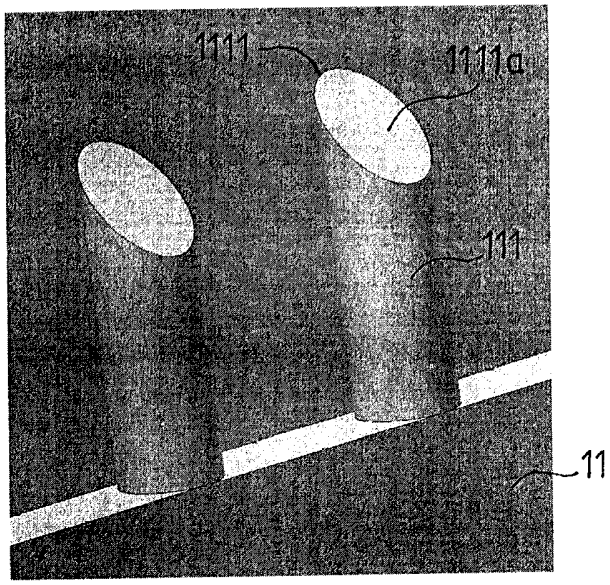


Obr. 6

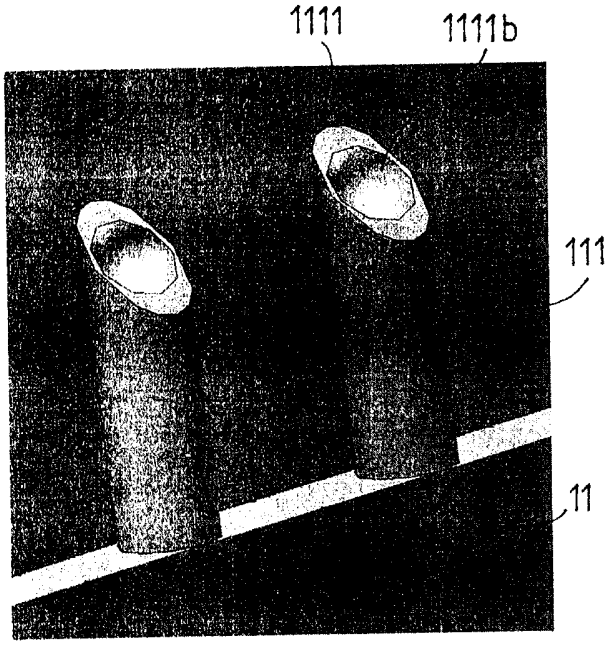
09.06.05



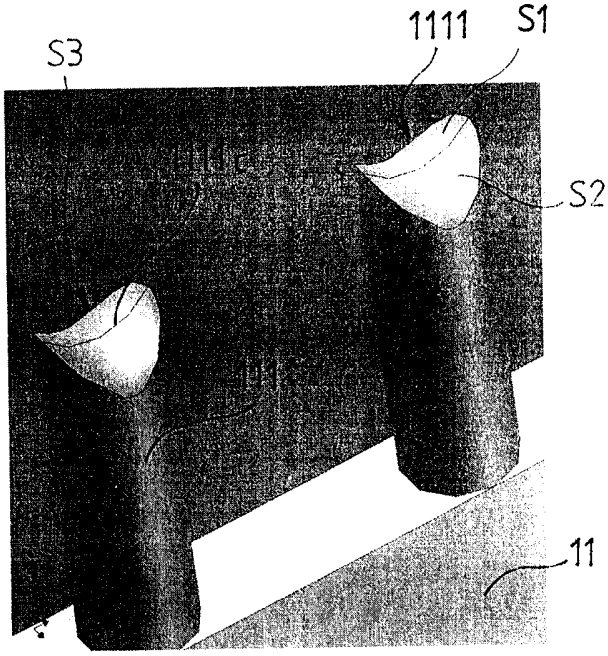
Obr. 7a



Obr. 7b

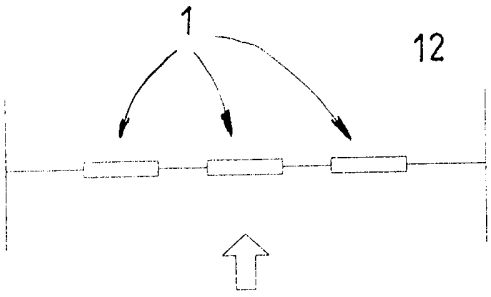


Obr. 7c

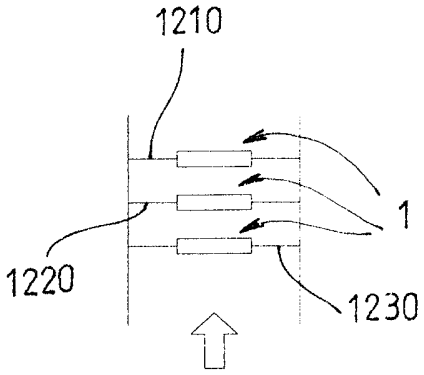


Obr. 7d

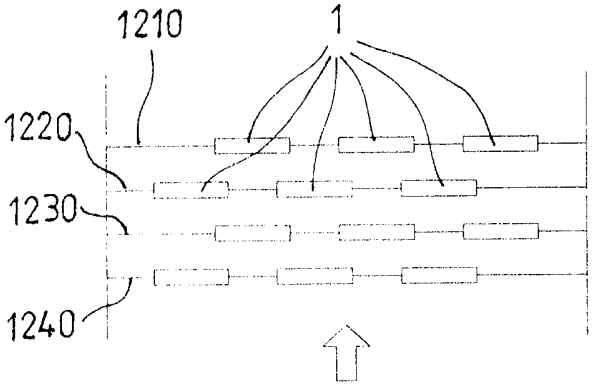
09.06.05



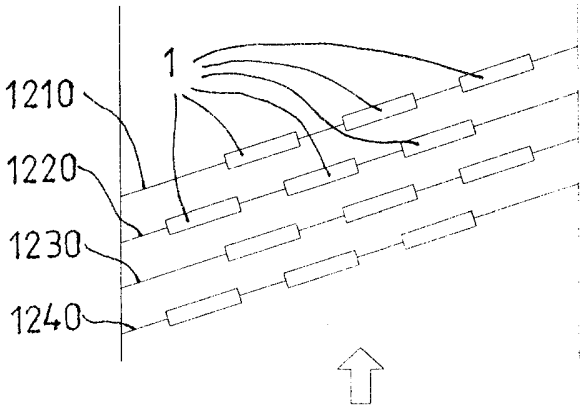
Obr. 8a



Obr. 8b



Obr. 8c



Obr. 8d