

# PATENTOVÝ SPIS

(19)  
ČESKÁ  
REPUBLIKA



ÚŘAD  
PRŮMYSLOVÉHO  
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2009-425**  
(22) Přihlášeno: **01.07.2009**  
(40) Zveřejněno: **22.12.2010**  
(**Věstník č. 51/2010**)  
(47) Uděleno: **22.11.2011**  
(24) Oznámení o udělení ve Věstníku: **28.12.2011**  
(**Věstník č. 52/2011**)

(11) Číslo dokumentu:

## 302 876

(13) Druh dokumentu: **B6**

(51) Int. Cl.:  
**D01D 4/06** (2006.01)  
**D01D 5/08** (2006.01)  
**D01D 5/06** (2006.01)  
**D01D 5/11** (2006.01)  
**B82B 3/00** (2006.01)  
**D04H 1/70** (2006.01)  
**D04H 1/72** (2006.01)  
**D04H 5/08** (2006.01)

(56) Relevantní dokumenty:

US 652042 B; CZ 294274 B; EP 1409775 B; GB 134623 A; EP 1059106 B.

(73) Majitel patentu:

Technická univerzita v Liberci, Liberec 1, CZ  
Student Science, s. r. o., Horní Podluží, CZ  
Nanopharma, a. s., Praha 10, CZ  
Ústav experimentální medicíny AV ČR, v.v.i., Praha 4, CZ  
Univerzita Karlova v Praze, 2. lékařská fakulta, Praha 5 - Motol, CZ

(72) Původce:

Pokorný Pavel Ing., Frýdlant v Čechách, CZ  
Lukáš David Prof. RNDr. CSc., Liberec 6 Rochlice, CZ  
Mikeš Petr Ing., Mníšek u Liberce - Chrastava, CZ  
Martinová Lenka Doc. Ing., Liberec 15, CZ  
Zálešáková Denisa Ing., Jablonec nad Nisou, CZ  
Vodseďálková Kateřina, Kosmonosy, CZ  
Sanetník Filip, Liberec 14, CZ

(74) Zástupce:

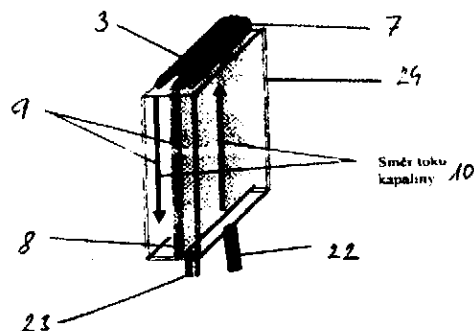
Advokátní, znalecká a patentová kancelář, Mgr. Václav Karlíček, Vinohradská 6, Praha 2, 12000

(54) Název vynálezu:

**Způsob a zařízení k výrobě nanovláken  
přeplavovacím elektrostatickým zvlákňováním**

(57) Anotace:

Způsob výroby nanovláken přeplavovacím elektrostatickým zvlákňováním spočívající v tom, že do elektrostatického pole se přivádí zvlákňovaná kapalina (10), která přepadá přes elektricky nabitou oblou přeplavovací hranu (7) a tím se vytvoří vypouklé kapalinové těleso (3), na jehož povrchu dochází, za současného působení vysokého napětí na elektrodě umístěné nad přeplavovací hranou (7), ke vzniku nanovláknenného materiálu (25). Zařízení je s výhodou tvořeno třemi plochými deskami (8) spojenými a opracovanými tak, že mezi deskami (8) vznikají ploché komory (9) stejných nebo rozdílných rozměrů. Do jedné komory (9) se přivádí zvlákňovaná kapalina (10). V komoře (9) se proud zvlákňované kapaliny (10) usměrní do tenké vrstvy vyplňující plochou komoru (9) a přes přeplavovací hranu (7) oblého tvaru, vytvoří vypouklé kapalinové těleso (3). Na povrchu vypouklého kapalinového tělesa (3) nastane elektrostatické zvlákňování po přiložení vysokého napětí.



CZ 302876 B6

**Způsob a zařízení k výrobě nanovláken přeplavovacím elektrostatickým zvlákňováním**Oblast techniky

5

Vynález se týká průmyslové výroby nanovláken pomocí přeplavovacího elektrostatického zvlákňování.

10 Dosavadní stav techniky

Pro průmyslovou výrobu nanovláken pomocí elektrostatického zvlákňování se používá kupř. řešení podle vynálezu chráněného patentem WO 2005/024101. Zvlákňovací zařízení navržené podle tohoto patentu je založeno na elektricky nabitým válečku pozvolna se otáčejícím ve zvlákňovaném roztoku polymeru nebo polymerní tavenině/kapalině sloužícím zároveň jako elektroda. Na povrchu válce se vytvoří tenká vrstva kapaliny, z níž vznikají Taylorovy kužely, ze kterých následně vznikají nanovlákná, která jsou ukládána na opačně nabitou protielektrodu – kolektor.

V tomto uspořádání válec představuje vypouklé těleso s tenkou kapalinovou vrstvou, které působí jako koncentrátor intenzity elektrického pole. Takto místně zkoncentrované elektrické pole v kapalinovém tělese destabilizuje hladinu zvlákňované kapaliny a tím indukuje/dává vznik velkého množství Taylorových kuželů a z nich vycházejících kapalinových trysek, ze kterých následně vznikají nanovlákná.

Výše uvedeným způsobem a obdobně i jinými známými způsoby, však není možné zvlákňovat mnoho různých látek, a některé jen obtížně.

Podstata vynálezu

30

Výše uvedené nedostatky jsou do jisté míry odstraněny řešením podle vynálezu jehož podstatou je zvlákňování z konvexních tvarů volných hladin proudící kapaliny nebo z pěny na hladině kapaliny vytvořené, nebo z kombinace obojího. Profil proudící kapaliny, nebo na jejím povrchu vytvořené pěny, vůči kolektoru, tedy vůči kolmému průmětu kapalinového tělesa do roviny kolektoru, může být potom značně útlý. Útlost průmětu kapalinového tělesa indukuje na hladině kapaliny silné a velikostí profilu regulovatelné elektrostatické pole.

Vynález spočívá ve využití vypouklého kapalinového tělesa, z jehož volného povrchu dochází k tvorbě kapalinových trysek, které vzniknou vhodně tvarovaným proudem elektricky nabitě kapaliny. Proud kapaliny je tvarován do vypouklé fontány nebo přepadá přes elektricky nabitou přeplavovací hranu. V posledně zmíněném případě vzniká kapalinové těleso vzedmuté do vlny, jejíž podoba je určena tvarem a sklonem přepadové plochy a rychlostí a množstvím tekoucí kapaliny. Z povrchu vlny dochází k elektrostatickému zvlákňování.

Podle výsledků výzkumu Katedry netkaných textilií Fakulty textilní Technické univerzity v Liberci je zřejmé, že tzv. hladinové elektrostatické zvlákňování nastává na volném vypouklém povrchu kapaliny po překročení kritické hodnoty intenzity pole  $E_c$ ,

$$E_c = \sqrt[3]{4\gamma\rho g / \varepsilon^2},$$

Kde, je  $\gamma$  povrchové napětí kapaliny,  $\rho$  je hustota kapaliny,  $g$  značí tíhové zrychlení a  $\varepsilon$  je permisivita okolního plynu.

50

Podle vynálezu lze dosáhnout libovolně rychlého proudění kapaliny a její cirkulace. Dále je možné dosáhnout minimalizace kontaktu kapaliny s okolním vzduchem a tím i snížení nadměrného vypařování zejména organických rozpouštědel.

- 5 V případě patentu WO 2005/024101 je maximální intenzita pole  $E_{MAX}$  na povrchu válce, brodíciho se v kapalině, nezávislá na poloměru válce a v případě „polovičního“ smočení válce rovna

$$E_{MAX} = 2E_0,$$

- 10 kde  $E_0$  je intenzita pole vyjádřená jako napětí  $U$  mezi zvlákňovací elektrodou a kolektorem dělenou jejich vzdáleností  $d$ ,  $E_0 = U / d$ . Zvlákňovací elektrody podle vynálezu, kde fontána nebo přeplavovací hrana slouží jako elektroda bez pokračující rovinné hladiny kapaliny v bazénku, dávají na svém povrchu hodnoty intenzit elektrostatického pole, které na jejich charakteristickém poloměru  $R$  závisejí zhruba podle mocninného zákona

$$E_{MAX} \approx \frac{1}{R}.$$

- 15 Intenzita pole na zvlákňovací elektrodě je pak regulovatelná nejenom hodnotou vnějšího napětí a vzdáleností mezi elektrodou a kolektorem, ale i vhodnou volbou poloměru kapalinového tělesa.

- 20 Výkon zařízení podle vynálezu je větší než výkon zařízení podle patentu WO 2005/024101, respektive jiných známých technických řešení. Vlivem odlišné geometrie elektrického pole v zařízení podle vynálezu na rozdíl od zařízení podle patentu WO 2005/024101 je možné zvlákňovat i látky, které dosud zvlákňovat nešly, nebo jen obtížně. Zařízení podle vynálezu tak výrazně rozšiřuje technologickou použitelnost hladinového elektrostatického zvlákňování.

#### 25 Přehled obrázků na výkresech

- 25 Zařízení podle vynálezu je zobrazeno na přiložených výkresech, kde na obr. 1 je zařízení pro přeplavovací elektrostatické zvlákňování tvořené třemi plochými deskami spojenými a opracovanými tak, že mezi deskami vznikají ploché komory stejných, nebo rozdílných rozměrů. Na obr. 2 je zobrazeno provedení, tzv. „fontánové“, s výhodou tvořené čtyřmi plochými deskami, mezi nimiž vzniknou tři ploché komory stejných, nebo různých rozměrů. Obr. 3 zobrazuje další možné provedení zvlákňovacího zařízení podle vynálezu tvořené dvojicí soustředných trubic. Obr. 4 zobrazuje zařízení podle vynálezu sdružené do dvojic tak, že každá zvlákňovací jednotka je připojena k opačným pólům vysokonapěťového zdroje/zdrojů. Vznikající výrobek je zvlákňován v prostoru bez kolektoru a textilního nebo jiného nosného substrátu. Výrobek je možné odtahovat z prostoru mezi jednotkami pomocí sterilního zde neznázorněného zařízení.

#### 35 Příklady provedení vynálezu

- 40 1. Způsob výroby nanovláken přeplavovacím elektrostatickým zvlákňováním s tím, že do elektrostatického pole se přivádí zvlákňovací kapalina 10, která přepadá přes elektricky nabitou oblou přeplavovací hranu 7, tím se vytvoří vypouklé kapalinové těleso 3 na jehož povrchu dochází, za současného působení vysokého napětí na elektrodě umístěné nad přeplavovací hranou 7, ke vzniku nanovláknenného materiálu 25.

- 45 2. Způsob výroby nanovláken přeplavovacím elektrostatickým zvlákňováním s tím, že do elektrostatického pole se přivádí zvlákňovací kapalina 10, která přepadá přes elektricky nabitou oblou přeplavovací hranu 7 za současného přivádění odlišné zvlákňované kapaliny, která vytéká z otvorů v přeplavovací hraně 7, tím se vytvoří vypouklé kapalinové těleso 3, složené ze dvou vrstev, na jehož povrchu dochází, za současného působení vysokého napětí na elektrodě umístěné nad přeplavovací hranou 7, ke vzniku nanovláknenného materiálu 25.

3. Zařízení pro přeplavovací elektrostatické zvlákňování, zobrazené na obr. 1, je s výhodou tvořeno třemi plochými deskami 8 spojenými a opracovanými tak, že mezi deskami vznikají ploché komory 9 stejných, nebo rozdílných rozměrů. Do jedné komory (zpravidla tenčí, není však nutnou podmínkou) se přivádí zvlákňovaná kapalina 10. V komoře se proud 5 zvlákňované kapaliny 10 usměrní do tenké vrstvy vyplňující plochou komoru 9 a přes přeplavovací komoru 7 oblého tvaru, vytvoří vypouklé kapalinové těleso 3. Na povrchu vypouklého kapalinového tělesa 3 nastane elektrostatické zvlákňování po přiložení vhodného vysokého napětí na vypouklé kapalinové těleso 3 a současně na zde neznázorněnou protielektrodu – kolektor umístěnou nad vypouklé kapalinové těleso 3. Nespoteřovaný zbytek zvlákňované kapaliny 10 přepadající přes přeplavovací hranu 7 do druhé komory, je odsáván a vrácen například pomocí, zde neznázorněného čerpadla přes případnou, zde neznázorněnou, zásobní nádrž, zpět do první komory 9.

4. Další provedení, vyobrazené na obr. 2, je tzv. „fontánové“, je s výhodou tvořeno čtyřmi plochými deskami 8, mezi nimiž vzniknou tři ploché komory 9 stejných, nebo různých rozměrů. Střední komorou 9 proudí zvlákňovací kapalina 10 podobně jako v předešlém uspořádání a vytváří na konci komory 9 fontánu, přičemž nespoteřovaná zvlákňovaná kapalina 10 přepadá, přes přeplavovací hrany 7 do jedné, nebo obou bočních komor 9. Z bočních komor 9 je nespoteřovaná zvlákňovaná kapalina 10 odsávána a vracena do střední komory 9.

5. Komory 9 zvlákňovacího zařízení podle vynálezu je možné tvarovat i jinak. Další možné provedení zvlákňovací jednotky 24, podle vynálezu je zobrazeno na obr. 3 a je tvořeno dvojicí soustředných trubíc 19, 20. Středovou trubkou 19 proudí zvlákňovaná kapalina 10. Přebytek kapaliny přepadá do mezikruží mezi soustřednými trubkami 19, 20 a je odsáván. Střední trubka 19 přesahuje okraj vnější trubky 20. Jako v předešlém uspořádání vzniká na ústí střední trubky 19 fontána 15, ze které vznikají nanovlákná 21.

6. Jeden z mnoha možných dalších příkladů je možnost výroby koaxiálních vláken. S výhodou lze použít varianty třideskového, dvoukomorového zvlákňovacího zařízení. Přeplavovací hrana 7 je tvořena dutou trubkou, která má na povrchu vhodně umístěné otvory. Jakmile začne kapalina 10 přepadat přes přeplavovací hranu 7 tvořenou perforovanou trubkou, je možné perforovanou trubkou dávkovat jinou, tzv. „vnitřní“ kapalinou. Na výstupu z otvorů trubky vzniknou miniaturní fontánky vnitřní kapaliny, která nadzvedne ještě výše povrch kapaliny 10 vnější. Na takto vzniklých koncentrátorech pole přednostně dochází k elektrostatickému zvlákňování. Při současném/soumístném proudění dvou nebo více polymerních kapalin dochází k omezenému mísení jednotlivých proudů. K omezenému mísení a zlepšení laminárního proudění přispívá i Coandův efekt, který se uplatňuje při styku kapaliny s vypouklým tělesem tvořeným přeplavovací hranou 7. Takto stratifikované proudění dvou nepromísených polymerních deskových toků vede ve zvlákňovacím zařízení podle vynálezu ke vzniku výkonného koaxiálního elektrostatického zvlákňování. Takto vyrobená vlákna obsahují jádro z materiálu dodávaného perforovanou trubkou, která zároveň tvoří přeplavovací hranu 7, a plášť tvořený materiálem, který proudil přes perforovanou trubici.

7. Další variantou řešení podle popisovaného vynálezu je to, že do zvlákňované kapaliny 10 je možné řízeně přivádět potřebný plyn pomocí perforované trubice tak, aby na hladině zvlákňované kapaliny 10 na přeplavovací hraně 7 vznikala pěna. Na bublinách pěny se ještě více koncentruje elektrické pole a lze tak zvlákňovat kapaliny, které dosud známými postupy zvlákňovat nebylo možné, nebo jen s velkými obtížemi.

8. Zařízení podle vynálezu lze sdružit do dvojice zvlákňovacích jednotek 24 tak, že každá zvlákňovací jednotka 24 je připojena k opačným pólům vysokonapěťového zdroje/zdrojů. Vznikající nanovláknenný materiál 25 je zvlákňován v prostoru bez kolektoru a textilního nebo jiného nosného substrátu. Výrobek je možné odtahovat z prostoru mezi zvlákňovacími jednotkami 24 pomocí sterilního zde neznázorněného zařízení. Stejně tak je možné mezi zvlákňovací jednotky 24 zavést substrát a zvlákňovat najednou na jeho oba povrchy.

Průmyslová využitelnost

Zařízení pro zvlákňování podle vynálezu je možné použít, mimo jiné, ve všech oblastech, ve kterých se používá zařízení podle patentu WO 2005/024101. Jde zvláště o oblasti stavebnictví a automobilového průmyslu, materiály pohlcující zvuk, výroba lékařských obvazových materiálů, výroba filtračních materiálů a jiná další použití.

**P A T E N T O V É   N Á R O K Y**

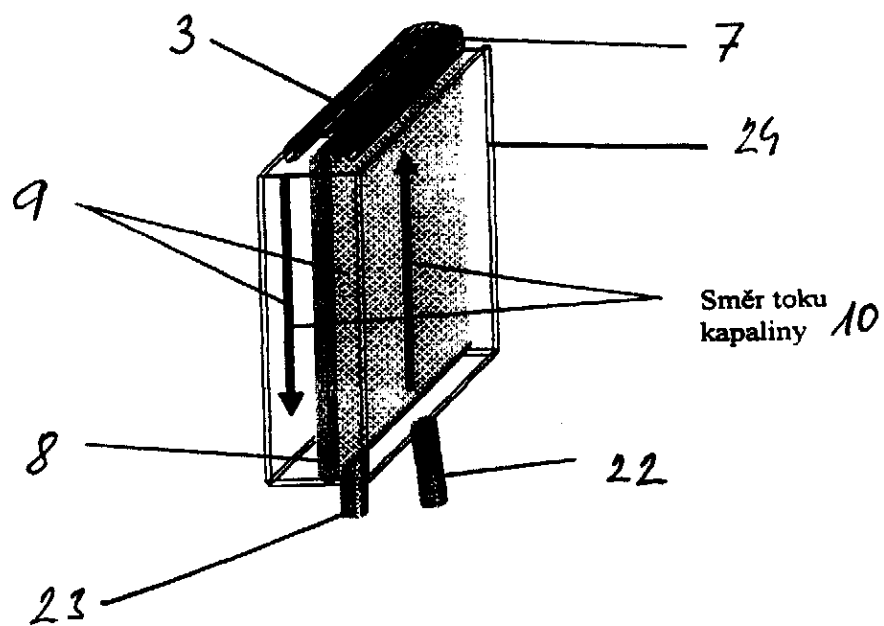
1. Způsob výroby nanovláken z polymerního roztoku, přeplavovacím elektrostatickým zvlákňováním v elektrickém poli vytvořeném rozdílem potenciálů mezi nabitou elektrodou a protielektrodou, **v y z n a ě u j í c í   s e   t í m**, že do elektrostatického pole se přivádí zvlákňovaná kapalina (10), která přepadá přes elektricky nabitou oblou přeplavovací hranu (7), tím se vytvoří vypouklé kapalinové těleso (3), na jehož povrchu dochází, za současného působení vysokého napětí na elektrodě umístěné nad přeplavovací hranou (7), ke vzniku nanovláknenného materiálu (25).
2. Způsob výroby nanovláken přeplavovacím elektrostatickým zvlákňováním podle nároku 1, **v y z n a ě u j í c í   s e   t í m**, že do elektrostatického pole se přivádí zvlákňovaná kapalina (10), která přepadá přes elektricky nabitou oblou přeplavovací hranu (7) za současného přivádění odlišné zvlákňované kapaliny, která vytéká z otvorů v přeplavovací hraně (7), tím se vytvoří vypouklé kapalinové těleso (3), složené ze dvou vrstev, na jehož povrchu dochází, za současného působení vysokého napětí na elektrodě umístěné nad přeplavovací hranou (7), ke vzniku nanovláknenného materiálu (25).
3. Zařízení k výrobě nanovláken přeplavovacím elektrostatickým zvlákňováním, k provádění způsobu podle nároků 1 a 2, obsahující nabitou elektrodu a protielektrodu s rozdílným potenciálem mezi nimiž se vytváří elektrické pole, **v y z n a ě u j í c í   s e   t í m**, že je tvořeno nejméně jednou plochou deskou (8) zakončenou přeplavovací hranou (7), přičemž plochá deska (8) je vložena mezi ploché komory (9) stejných nebo rozdílných rozměrů, jako plochá deska (8).
4. Zařízení k výrobě nanovláken přeplavovacím elektrostatickým zvlákňováním podle nároku 3, **v y z n a ě u j í c í   s e   t í m**, že přeplavovací hrana (7) je na svém povrchu opatřena otvory.
5. Zařízení k výrobě nanovláken přeplavovacím elektrostatickým zvlákňováním podle předchozích nároků, **v y z n a ě u j í c í   s e   t í m**, že je tvořeno dvojicí soustředných trubíc (19, 20), přičemž střední trubka (19) přesahuje okraj vnější trubky (20).

2 výkresy

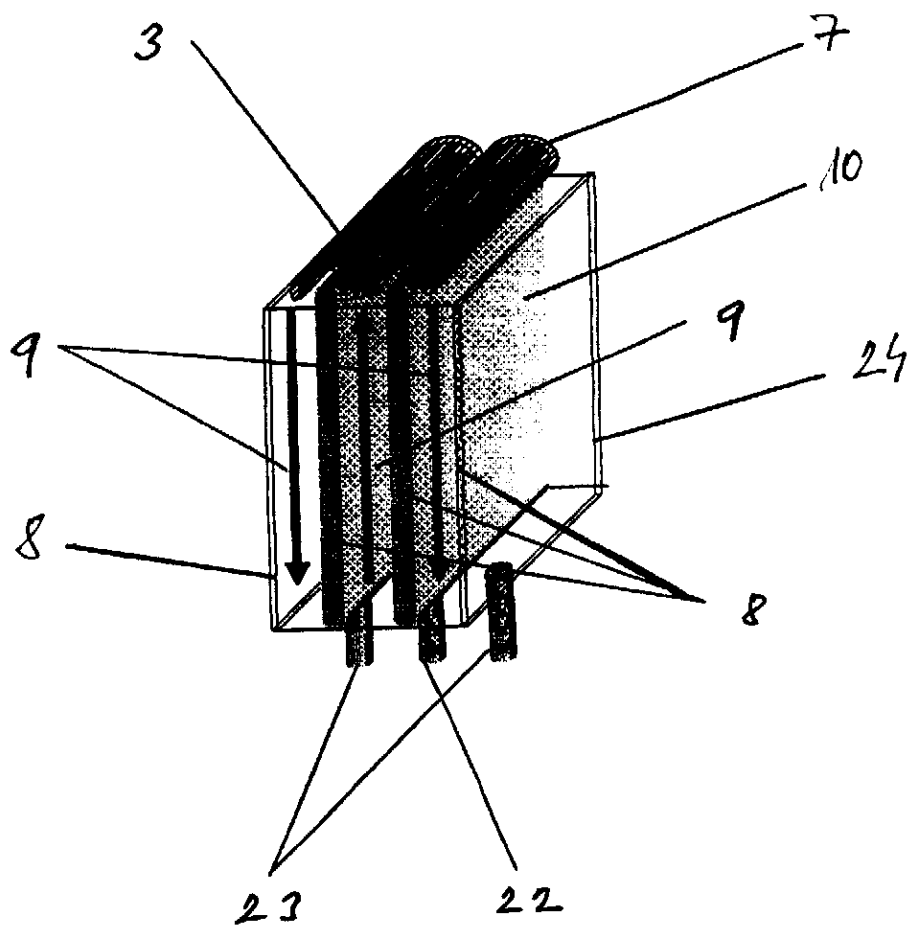
Seznam vztahových značek

- |    |                                   |
|----|-----------------------------------|
| 3  | vypouklé kapalinové těleso        |
| 7  | přeplavovací hrana                |
| 8  | ploché desky                      |
| 9  | ploché komory                     |
| 10 | zvlákňovaná kapalina              |
| 15 | fontána                           |
| 19 | střední trubka                    |
| 20 | vnější trubka                     |
| 21 | nanovláknena                      |
| 22 | přívodní trubka                   |
| 23 | odvodní trubka                    |
| 24 | zvlákňovací jednotka              |
| 25 | vznikající nanovláknenný materiál |

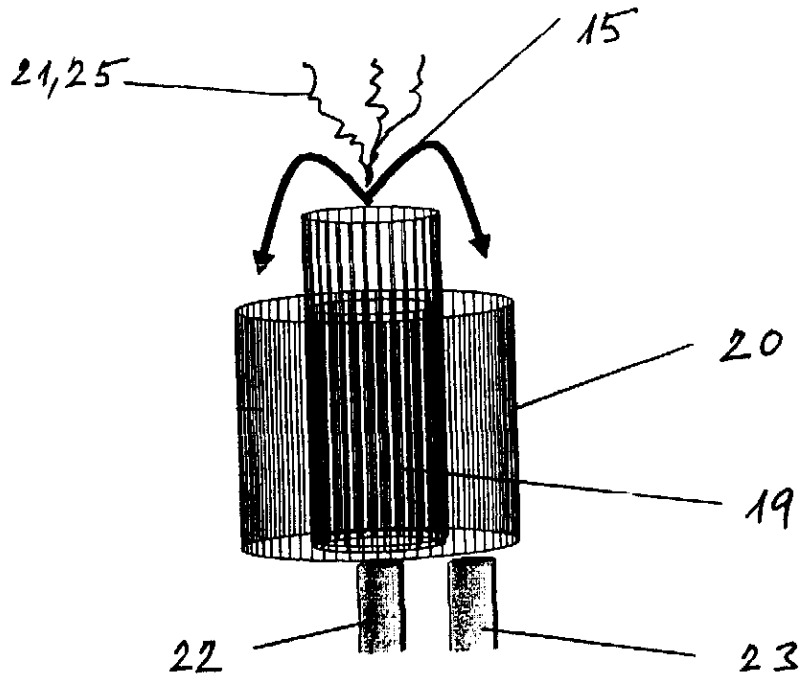
Obr. 1



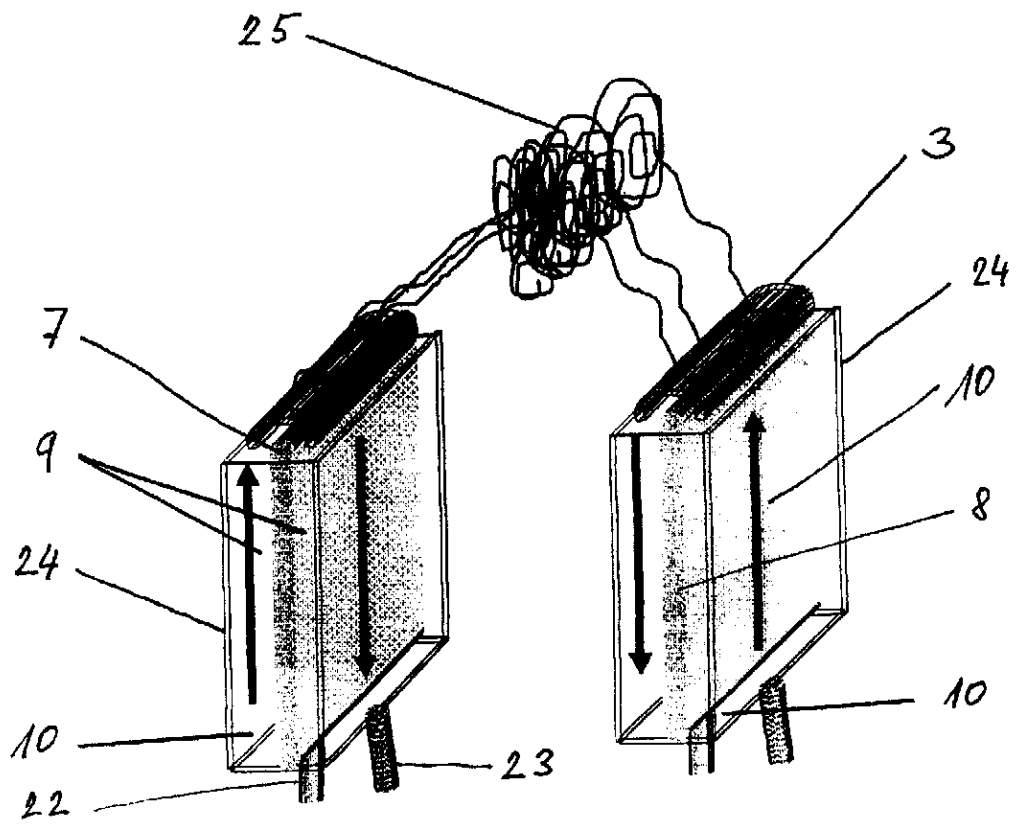
Obr. 2



Obr. 3



Obr. 4



Konec dokumentu