

(19)



URZĄD  
PATENTOWY  
RZECZYPOSPOLITEJ  
POLSKIEJ

(10) **PL 242133 B1**

(12)

## Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **434432**

(22) Data zgłoszenia: **2020.06.24**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2021.12.27 BUP 39/2021**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2023.01.23 WUP 04/2023**

(51) MKP:

**D01D 5/00** (2006.01)

**D01D 5/06** (2006.01)

(73) Uprawniony z patentu:

**INSTYTUT KATALIZY I FIZYKOCHEMII  
POWIERZCHNI IM. JERZEGO HABERA  
POLSKIEJ AKADEMII NAUK, Kraków, PL  
POLITECHNIKA KRAKOWSKA IM. TADEUSZA  
KOŚCIUSZKI, Kraków, PL**

(72) Twórca(-y) wynalazku:

**TOMASZ MAJKA, Kraków, PL  
EDYTA HEBDA, Brzesko, PL  
KRZYSZTOF PIELICHOWSKI, Kraków, PL  
MACIEJ GUZIK, Kraków, PL**

(74) Pełnomocnik:

**Adam Trawczyński, Warszawa, PL**

(54) Tytuł:

**Sposób elektroprzędzenia polihydroksyoktanianu z roztworu**

**PL 242133 B1**

## Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób elektroprzędzenia polihydroksyoktanianu z roztworu. Opracowany sposób rozwiązuje problem otrzymywania nanowłókien o stabilnej strukturze z polihydroksyoktanianu oraz eliminuje zjawisko sklejanego się nanowłókien polihydroksyoktanianu podczas elektroprzędzenia z roztworu.

Problem otrzymywania nanowłókien polihydroksyoktanianu o stabilnej strukturze, niemających tendencji do sklejanego się podczas elektroprzędzenia występuje jedynie w przypadku stosowania do przędzenia roztworu amorficznego biopoliestrów alifatycznych, zawierających w jednostce powtarzającej się łańcucha głównego co najmniej sześć i więcej atomów węgla, przykładowo polihydroksyoktanianu.

Polihydroksyoktanian (PHO) jest przedstawicielem podrodziny polihydroksyalkanianów (PHA) – średnio łańcuchowych polimerów tej rodziny (mcl-PHA). Podrodzina ta charakteryzuje się odmiennymi cechami fizykochemicznymi niż krótko łańcuchowe PHA (scl-PHA). Mcl-PHA są elastomerami i termoplastami, charakteryzują się też zwiększoną rozciągliwością. Inaczej również zachowują się biologicznie – dzięki elastyczności mogą być stosowane w zupełnie innych niszach niż scl-PHA (np. scl-PHA stosuje się do wytwarzania materiałów twardych np. do regeneracji kości, jako implanty, natomiast mcl-PHA stosuje się do wykonania materiałów elastycznych np. jako szkielety do wzrostu tkanek miękkich takich jak hodowle komórek mięśniowych czy neuronalnych). Z tego powodu, technologia opracowana dla reprezentanta mcl-PHA – tj. polihydroksyoktanianu, może być odpowiednio zastosowana i przeskalowana dla innych członków średnio łańcuchowych polihydroksyalkanianów.

Sposób elektroprzędzenia polihydroksyoktanianu z roztworu wg wynalazku może znaleźć zastosowanie w produkcji opakowań, akcesoriów medycznych oraz biogodnych podłoży, mat, filmów czy też ogólnie detali zawierających substancję leczniczą do bezpośredniego kontaktu z chorą tkanką żywą w celu zapodania środka leczniczego w miejscu obrażeń.

Znany jest z opisu polskiego patentu nr PL 232963 sposób elektroprzędzenia i reaktor do elektroprzędzenia, w którym przedstawiono reaktor, służący do elektroprzędzenia, umożliwiający regulowanie wybranych parametrów otrzymywania włókien. Sposób charakteryzuje się tym, że proces elektroprzędzenia włókna lub mikrosfery, zachodzący w reaktorze do elektroprzędzenia przeprowadza się w warunkach zmiennego ciśnienia strefy koagulacji i/lub zestalania w obecności gazów i/lub oparów substancji obojętnych i/lub sieciujących i/lub modyfikujących i/lub toksycznych bez ich kontaktu z otoczeniem, przy czym proces elektroprzędzenia zachodzi korzystnie w atmosferze plazmy niskotemperaturowej generowanej w reaktorze w różnych gazach i modyfikującej włókna lub mikrosfery w czasie ich formowania i/lub w polu magnetycznym wpływającym na orientację molekuł w czasie koagulacji i/lub zestalania włókien lub mikrosfer i/lub zwiększającego siły oddziaływujące na włókna lub mikrosfery oraz wpływającego na kształt strumienia plazmy niskotemperaturowej poprzez wprawianie jonów w ruch wirowy lub ich pułapkowanie i/lub w warunkach przepływającego przez strugę roztworu prędkości prądu lub stopu prędkości prądu elektrycznego o zmiennych parametrach wpływającego na orientację molekuł i w stosunku do osi powstającego włókna w czasie koagulacji i/lub zestalania włókien. Opisany reaktor z systemami odbioru włókien stanowi urządzenie pozwalające na przeprowadzenie różnych sposobów przędzenia. W przedstawionym na rysunku schemacie reaktora cyfry 1, 2, 3, 7, 8, 9 oznaczają przewody; 4, 5, 6 – rurki ze stali kwasoodpornej; 10, 11 – korpus reaktora; oznaczenia E1 do E4 – cewki elektromagnetyczne; U1 do U4 – uszczelki; P – miejsca przyłączenia przewodów wysokiego napięcia; T – czujnik temperatury; C – czujnik ciśnienia.

Znany jest również z opisu patentu europejskiego nr EP 2325355 układ do formowania włókien metodą elektroprzędzenia, w którym zaprezentowano układ do formowania włókien metodą elektroprzędzenia, wyposażony w usytuowane pionowo kapilary prędkości, złączone ze źródłem wysokiego napięcia oraz umieszczone pod dyszami wylotowymi tych kapilar urządzenie do odbioru uformowanych włókien, złączone z urządzeniem napędzającym. Układ charakteryzuje się tym, że kapilary prędkości są zamocowane w głowicy prędkości z materiału nieprzewodzącego prądu, wewnątrz której jest umieszczona przekładka z materiału przewodzącego prąd, złączona z każdą z kapilar, wyposażona w przyłącza do źródła wysokiego napięcia. Głowica jest osadzona przesuwnie, za pomocą mechanizmu przesuwu poziomego złączonego z silnikiem napędowym, na usytuowanej poziomo prowadnicy, której końce są osadzone przesuwnie, za pomocą mechanizmu przesuwu pionowego złączonego z silnikiem napędowym, na pionowych ramionach konstrukcji nośnej układu. Nadto układ jest wyposażony w wielotorową pompę perystaltyczną, której każdy z torów jest połączony z jedną z kapilar prędkości,

umieszczoną na poziomym ramieniu konstrukcji nośnej. Jako urządzenie do odbioru uformowanych włókien stosuje się korzystnie zamocowany obrotowo walec lub transporter. Głowica zawiera co najmniej 32 kapilary ustawione korzystnie w czterech rzędach, w odległościach od siebie korzystnie 3 cm w rzędzie i 6 cm między rzędami. Układ zawiera dodatkowo element dogrzewający w postaci tunelu suszącego, umożliwiającego odparowanie resztek rozpuszczalnika z uformowanych włókien, usytuowanego na wyjściu z urządzenia do odbioru włókien.

Znana jest również z opisu polskiego patentu nr PL/EP 31088813 membrana włókninowa jako układ dostarczania leków, służąca do kontrolowanego i przedłużonego uwalniania środka czynnego na powierzchni ciała, która ma być leczona. Taka membrana włókninowa zawiera biokompatybilne nanowłókna otrzymane poprzez elektroprzędzenie i mikrocząstki czystego środka czynnego, które są wplątane pomiędzy nanowłóknami, przy czym środek czynny ma ograniczoną rozpuszczalność w wodzie.

W dokumencie zgłoszenia patentowego nr WO 2009018463 ujawniono warstwy drobnych włókien z fluoropolimeru. Drobne włókna mogą być wytwarzane przez elektroprzędzenie z rozpuszczalnika lub z mieszanki rozpuszczalników. Warstwy te są użyteczne w ogólnej filtracji strumieni płynu, w tym strumieni gazowych i ciekłych. Warstwy drobnych włókien są również użyteczne jako hydrofobowe warstwy filtracyjne, które można stosować do oddzielania wody od strumienia węglowodorów.

Znany jest również z opisu polskiego patentu nr PL/EP 2294252 sposób i urządzenie do produkcji cienkich włókien, w szczególności, lecz nie wyłącznie, bardzo cienkich włókien o ogólnych właściwościach często określanymi jako nanowłókna, z różnych polimerów, mieszanek polimerów, mieszanek prekursorów ceramicznych i mieszanin prekursorów metalicznych. Według tego wynalazku, sposób wytwarzania cienkich włókien poprzez elektroprzędzenie włókien z wykorzystaniem pola elektrycznego między główną elektrodą a przeciwelektrodą oddaloną od głównej elektrody i zasadniczo rozciągającej się równolegle do niej, w którym przynajmniej powierzchnia robocza głównej elektrody pokryta jest roztworem polimeru, a pomiędzy główną elektrodą a przeciwelektrodą generowane jest pole elektryczne o wystarczającym natężeniu, aby spowodować formowanie cienkich włókien w przestrzeni pomiędzy elektrodami, charakteryzuje się tym, że powierzchnia robocza głównej elektrody, która jest pokryta roztworem polimeru, składa się z odpowiednich fragmentów powierzchni wielu roboczych, częściowo zanurzonych, luźnych, nieprzymocowanych elementów, wspartych na dnie koryta lub tacy lub na innym elemencie lub elementach podpierających, oraz że zastosowane są środki wywołujące nakładanie roztworu polimeru na wyeksponowane powierzchnie wspomnianych luźnych elementów poprzez spowodowanie, że toczą się one w roztworze polimeru w taki sposób, że zostają pokryte cienką warstwą roztworu polimeru na ich powierzchni.

Znane jest również z opisu polskiego patentu nr PL/EP 1738006 rozwiązanie dotyczące wyrobów zawierających materiały z nanowłókien, odpowiednie jako bariery. Do wyrobów mogą należeć artykuły higieniczne, medyczne, przemysłowe, filtracyjne i geowłókniny. Oprócz stosowania, jako bariery, materiały z nanowłókien można wykorzystywać jako ściereczki, materiał chłonny i do innych zastosowań. Materiały z nanowłókien można w szczególności stosować jako barierę dla cieczy w pieluchach (powłoka zewnętrzna, mankiet przy nodze lub warstwa barierowa). Można je także stosować jako ściereczki do zmniejszania gradientu płynu, kontrolowanego dostarczania materiałów i innych zastosowań.

Znany jest także z opisu polskiego patentu nr PL/EP 2959509 hybrydowy filc z nanowłókien elektroprzędzonych, sposób jego wytwarzania i sposób oczyszczania biocząsteczek. Hybrydowy filc z nanowłókien elektroprzędzonych zawiera nanowłókno złożone i nanowłókno jednoskładnikowe. Nanowłókno złożone zawiera mieszaninę pochodnej celulozy i pierwszy polimer nieoparty na celulozie, a nanowłókno jednoskładnikowe zawiera drugi polimer nieoparty na celulozie, przy czym pierwszy i drugi polimer nieoparty na celulozie są różnie usuwalne z filcu z nanowłókien. Metoda elektroprzędzenia, którą wytwarza się opisany powyżej filc z nanowłókien, może być opisana w następujących etapach: a) oddzielne przygotowanie roztworu przędnego złożonego polimeru i roztworu przędnego jednoskładnikowego polimeru; b) umieszczenie roztworów przędnych w dwóch różnych dyszach przędzalniczych; c) przyłożenie napięcia do każdego roztworu przędnego przez elektrodę; d) elektroprzędzenie oddzielnie nanowłókien złożonych i jednoskładnikowych z dysz przędzalniczych; e) zbieranie zestalonych nanowłókien albo losowo ułożonych albo w postaci częściowo uporządkowanego filcu z nanowłókien.

Znany jest również z opisu polskiego patentu nr PL 231639 materiał medyczny do rekonstrukcji naczyń krwionośnych oraz sposób wytwarzania materiału medycznego. Materiał medyczny dotyczy włókienniczych protez naczyń krwionośnych do rekonstrukcji naczyń krwionośnych o małej średnicy poniżej 6 mm oraz podłoża do namnażania komórek śródbłonka naczyniowego. W procesie wytwarzania ma-

teriału medycznego stosuje się metody bezrozpuszczalnikowe, formuje się struktury włókiennicze technikami stopowymi, wybranymi spośród elektroprzędzenia ze stopu (melt electro spinning) lub elektro-rozdmuchu stopu (melt electroblowing), przy czym stosuje się ekstruder posiadający do siedmiu stref grzewczych, i stosuje się jednocześnie gorące sprężone powietrze oraz wysokie napięcie w przedziale od 5 do 50 kV.

W monografii „Nanomateriały inżynierskie” pod red. K. Kurzydłowski, M. Lewandowska, wyd. PWN, Warszawa 2015, str. 260, przedstawiono urządzenie do wytwarzania nanowłókien metodą elektroprzędzenia. Schemat urządzenia pokazano na rys. 9.1. Urządzenie składa się z następujących części: zbiornik na rozpuszczony lub stopiony polimer zakończony dyszą, kolektor w formie uziemionej płyty, stałoprądowe źródło wysokiego napięcia (od kilku do kilkudziesięciu kilowoltów) mające dwie elektrody, z których jedna jest podłączona do dyszy a druga do kolektora, na którym osadzane jest przędzone włókno. Stopiony lub rozpuszczony polimer wychodzący przez dyszę poddawany jest działaniu sił pola elektrostatycznego, które nadają mu kształt włókna. Tak ukształtowane włókno przesuwają się w kierunku kolektora ruchem spiralnym, wzdłuż linii sił pola elektrostatycznego, jednocześnie zmniejszając swoją średnicę. Wytworzone nanowłókna tworzą na kolektorze polimerową nanowłókninę.

Zagadnieniem technicznym postawionym do rozwiązania przez wynalazek jest opracowanie takiego sposobu elektroprzędzenia polihydroksyoktanianu z roztworu by otrzymać nanowłókna biopoliestrowe o stabilnej strukturze oraz wyeliminować zjawisko sklejanie się nanowłókien polihydroksyoktanianu podczas ich elektroprzędzenia.

Zgodnie z wynalazkiem, proces elektroprzędzenia nanowłókien z roztworu polihydroksyoktanianu zachodzi niezależnie od stosowanego rozpuszczalnika z grupy halogenoalkanów albo estrów kwasów karboksylowych i alkoholi albo ketonów, gdy stężenie polihydroksyoktanianu w tym rozpuszczalniku mieści się w zakresie od 40% – 60% wag.

Istotą sposobu elektroprzędzenia polihydroksyoktanianu z roztworu jest według wynalazku to, że polihydroksyoktanian rozpuszczony w rozpuszczalniku organicznym, z grupy halogenoalkanów albo estrów kwasów karboksylowych i alkoholi albo ketonów, wprowadza się do zbiorniczka otwartego, zaopatrzonego w kapilarę przędzącą zakończoną dyszą wylotową, a korzystnie umieszcza się roztwór polihydroksyoktanianu w strzykawce polipropylenowej lub szklanej o pojemności 5 do 25 ml, zaopatrzonej w kapilarę w postaci igły o długości 20 do 120 mm i grubości 0,2 do 2,0 mm, zakończoną końcem płaskim lub w postaci stożka. Następnie zbiorniczek z roztworem polihydroksyoktanianu umieszcza się w uchwycie urządzenia przędzącego tak, aby dysza była skierowana w kierunku kolektora będącego podłożem, na którym są odbierane nanowłókna. Kolektor stanowi stalowa płyta, którą umieszcza się w miedzianej wannie (stanowiący dobry przewodnik elektryczny w niskich temperaturach) tak, aby kolektor znajdował się bezpośrednio pod dyszą zbiorniczka z roztworem oraz uziemia się wannę przewodem elektrycznym. Odległość pomiędzy kolektorem, a końcem dyszy ustawia się w przedziale 5 do 30 cm. Na kolektor nanosi się folię antyadhezyjną, korzystnie folię poliestrową lub teflonową, a następnie przed rozpoczęciem procesu elektroprzędzenia, schładza się kolektor do temperatury w zakresie -70 do 0°C za pomocą medium chłodzącego, którym jest korzystnie ciekły azot. Po schłodzeniu kolektora przyłącza się do kapilary z dyszą przewód generatora wysokiego napięcia, a następnie uruchamia generator napięcia i przeprowadza przędzenie nanowłókien stosując napięcie 0,1 do 36 kV. W trakcie elektroprzędzenia dodaje się do wanny medium chłodzącego, tak aby kolektor był w czasie procesu chłodzony w sposób ciągły, a jego górna powierzchnia była omywana przez cienką warstwę medium.

Korzystnym jest, gdy jako rozpuszczalnik stosuje się chloroform.

Korzystnym jest, gdy jako rozpuszczalnik stosuje się octan etylu.

Korzystnym jest, gdy jako rozpuszczalnik stosuje się octan heksylu.

Korzystnym jest, gdy dysza zakończona jest końcem płaskim.

Korzystnym jest, gdy stężenie polihydroksyoktanianu rozpuszczonego w rozpuszczalniku organicznym mieści się w zakresie 40–60% wag.

Korzystnym jest, gdy do elektroprzędzenia stosuje się kolektor stacjonarny w postaci płyty stalowej.

Korzystnym jest, gdy na kolektorze umieszcza się folię poliestrową.

Sposób elektroprzędzenia polihydroksyoktanianu z roztworu według wynalazku, dzięki zastosowanej procedurze i warunkach procesu przędzenia, pozwala otrzymać materiał wysokoelastyczny składający się z nanowłókien biopoliestrowych, nadający się do dalszej obróbki materiałowej.

Zastosowanie przedstawionej powyżej procedury według wynalazku pozwala nie tylko na wytworzenie nanowłókien polihydroksyoktanianu, lecz wpływa także na ich jakość, przejawiająca się przede wszystkim w stabilnej strukturze przestrzennej i średnicy.

W tradycyjnym procesie elektroprzędzenia, włókna powstają poprzez wytworzenie się stożka Tylora na czubku dyszy, z której wypływa roztwór polimeru, a poprzez przyłożenie wysokiego napięcia do kapilary, pomiędzy dyszą i kolektorem następuje zorientowanie kierunku odbieranych nanowłókien i odparowanie rozpuszczalnika oraz zeszklenie polimeru.

W przypadku elektroprzędzenia polihydroksyoktanianu znanymi sposobami występuje problem na etapie zorientowania roztworu i formowanych włókien w kierunku kolektora oraz jeszcze bardziej zasadniczy problem związany z odparowaniem rozpuszczalnika i zeszkleniem polimeru. Przyczyną tych problemów jest bardzo szeroki obszar zeszklenia polihydroksyoktanianu w przedziale od 40 do  $-70^{\circ}\text{C}$ .

W znanych metodach nie występuje chłodzenie kolektora, więc elektroprzędzenie polihydroksyoktanianu z roztworu prowadzi do tworzenia się tzw. koralików, czyli krótkich kulistych odcinków o różnej średnicy, zawierających porcje rozpuszczalnika zamknięte w cienkim filmie polihydroksyoktanianu, połączonych fragmentami włókna, a także prowadzi do sklemania się odcinków włókien nie w pełni zeszklnionych.

Te znane problemy i niedogodności można wyeliminować według wynalazku poprzez szybkie przechłodzenie (gwałtowne schłodzenie) półpłynnych włókien powstałych poprzez odparowanie rozpuszczalnika. Gwałtowne schłodzenie (przechłodzenie) włókien przędzalniczych bezpośrednio nad kolektorem sprzyja usunięciu (odparowaniu) z nich zalegających porcji rozpuszczalnika co pozwala w bardzo krótkim czasie osiągnąć stan szklisty polimeru, eliminując sklemania się i niestabilności średnicy włókien w formie koralików. Użycie wanny miedzianej zapewnia dobrą przewodność elektryczną w niskich temperaturach, a tym samym zorientowanie się odbieranych włókien w kierunku działania pola elektrycznego.

Otrzymane sposobem według wynalazku włókna posiadają stabilną średnicę w zakresie od 1 do 8 nm, a efekt powstawania koralików i sklemania się włókien na kolektorze nie występuje.

Wynalazek w przykładach realizacji przedstawiono w szczegółach poniżej.

#### P r z y k ł a d I

W celu otrzymania nanowłókien biopoliestrowych metodą elektroprzędzenia, roztwór 40% wag. polihydroksyoktanianu rozpuszczonego w octanie etylu umieszczono w strzykawce polipropylenowej o pojemności 20 ml zaopatrzonej w igłę o długości 80 mm i grubości 0,6 mm, zakończoną końcem płaskim. Następnie strzykawkę z roztworem polihydroksyoktanianu osadzono w uchwycie tak, aby strzykawka wraz z roztworem była skierowana w kierunku podłoża (kolektora) z płyty stalowej, na którym będą odbierane nanowłókna. Podłoże stalowe stanowiące kolektor, na którym odbierane są nanowłókna umieszczono w miedzianej wannie, tak, aby znajdowało się bezpośrednio pod strzykawką z roztworem oraz uziemiono wannę przewodem elektrycznym. Odległość pomiędzy kolektorem, a końcem igły wynosiła 15 cm. Na kolektor naniesiono folię poliestrową. Przed przystąpieniem do procesu elektroprzędzenia schłodzono kolektor do temperatury  $-70^{\circ}\text{C}$  za pomocą ciekłego azotu, a w trakcie elektroprzędzenia dodawano tego medium, aby kolektor był w czasie procesu chłodzony w sposób ciągły, a jego górna powierzchnia była omywana przez cienką warstwę ciekłego azotu. Kolejno przyłączono do igły przewód generatora wysokiego napięcia i go uruchomiono. Przeprowadzono przędzenie nanowłókien stosując napięcie 25 kV, otrzymując niesklejone ze sobą nanowłókna o średnicy 1 do 8 nm.

#### P r z y k ł a d II

W celu otrzymania nanowłókien biopoliestrowych metodą elektroprzędzenia, roztwór 50% wag. polihydroksyoktanianu rozpuszczonego w octanie heksylu umieszczono w strzykawce szklanej o pojemności 10 ml zaopatrzonej w igłę o długości 120 mm i grubości 0,8 mm, zakończoną końcem ostrym. Następnie strzykawkę z roztworem polihydroksyoktanianu osadzono w uchwycie tak, aby strzykawka wraz z roztworem była skierowana w kierunku podłoża (kolektora) z płyty stalowej, na którym będą odbierane nanowłókna. Podłoże stalowe stanowiące kolektor, na którym odbierane są nanowłókna umieszczono w miedzianej wannie, tak, aby znajdowało się bezpośrednio pod strzykawką z roztworem oraz uziemiono wannę przewodem elektrycznym. Odległość pomiędzy kolektorem, a końcem igły wynosiła 7 cm. Na kolektor naniesiono folię teflonową. Przed przystąpieniem do procesu elektroprzędzenia schłodzono kolektor do temperatury  $0^{\circ}\text{C}$  za pomocą ciekłego azotu, a w trakcie elektroprzędzenia dodawano tego medium, aby kolektor był w czasie procesu chłodzony w sposób ciągły, a jego górna powierzchnia była omywana przez cienką warstwę ciekłego azotu. Kolejno przyłączono do igły przewód generatora wysokiego napięcia i go uruchomiono. Przeprowadzono przędzenie nanowłókien stosując napięcie 0,1 kV, otrzymując niesklejone ze sobą nanowłókna o średnicy 1 do 8 nm.

### Przykład III

W celu otrzymania nanowłókien biopoliestrowych metodą elektroprzędzenia, roztwór 60% wag. polihydroksyoktanianu rozpuszczonego w chloroformie umieszczono w strzykawce polipropylenowej o pojemności 5 ml zaopatrzonej w igłę o długości 20 mm i grubości 0,4 mm, zakończoną końcem płaskim. Następnie strzykawkę z roztworem polihydroksyoktanianu osadzono w uchwycie tak, aby strzykawka wraz z roztworem była skierowana w kierunku podłoża (kolektora) z płyty stalowej, na którym będą odbierane nanowłókna. Podłoże stalowe stanowiące kolektor, na którym odbierane są nanowłókna umieszczono w miedzianej wannie, tak, aby znajdowało się bezpośrednio pod strzykawką z roztworem oraz uziemiono wannę przewodem elektrycznym. Odległość pomiędzy kolektorem, a końcem igły wynosiła 25 cm. Na kolektor naniesiono folię poliestrową. Przed przystąpieniem do procesu elektroprzędzenia schłodzono kolektor do temperatury - 20°C za pomocą ciekłego azotu, a w trakcie elektroprzędzenia dodawano tego medium, aby kolektor był w czasie procesu chłodzony w sposób ciągły, a jego górna powierzchnia była omywana przez cienką warstwę ciekłego azotu. Kolejno przyłączono do igły przewód generatora wysokiego napięcia i go uruchomiono. Przeprowadzono przędzenie nanowłókien stosując napięcie 15 kV, otrzymując niesklejone ze sobą nanowłókna o średnicy 1 do 8 nm.

### Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób elektroprzędzenia polihydroksyoktanianu z roztworu **znamienny tym**, że polihydroksyoktanian rozpuszczony w rozpuszczalniku organicznym, z grupy halogenoalkanów albo estrów kwasów karboksylowych i alkoholi albo ketonów, wprowadza się do zbiorniczka otwartego, zaopatrzonego w kapilarę przędzącą zakończoną dyszą wylotową, zbiorniczek z roztworem polihydroksyoktanianu umieszcza się w uchwycie urządzenia przędzącego tak, aby dysza była skierowana w kierunku kolektora, przy czym kolektor stanowi stalowa płyta, którą umieszcza się w miedzianej wannie tak, aby kolektor znajdował się bezpośrednio pod dyszą zbiorniczka z roztworem, po czym uziemia się wannę przewodem elektrycznym, ustawia się odległość pomiędzy kolektorem, a końcem dyszy w przedziale 5 do 30 cm, nanosi się na kolektor folię antyadhezyjną, a następnie przed rozpoczęciem procesu elektroprzędzenia, schładza się kolektor do temperatury w zakresie -70 do 0°C za pomocą medium chłodzącego będącego skroplonym gazem, a po schłodzeniu kolektora przyłącza się do kapilary z dyszą przewód generatora wysokiego napięcia i uruchamia generator napięcia oraz przeprowadza przędzenie nanowłókien, stosując napięcie 0,1 do 36 kV, przy czym w trakcie elektroprzędzenia dodaje się do wanny medium chłodzącego, tak aby kolektor był w czasie procesu chłodzony w sposób ciągły, a jego górna powierzchnia była omywana przez cienką warstwę medium.
2. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że jako rozpuszczalnik polihydroksyoktanianu stosuje się chloroform.
3. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że jako rozpuszczalnik polihydroksyoktanianu stosuje się octan etylu.
4. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że jako rozpuszczalnik polihydroksyoktanianu stosuje się octan heksylu.
5. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że stężenie polihydroksyoktanianu rozpuszczonego w rozpuszczalniku organicznym jest w przedziale od 40% do 60% wag.
6. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że stosuje się kapilarę przędzącą z dyszą wylotową o końcu płaskim.
7. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że na kolektor nanosi się folię poliestrową.
8. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że jako medium chłodzące stosuje się ciekły azot.
9. Sposób według zastrz. 1 albo 2, albo 3, albo 4, albo 5, albo 7, albo 8, **znamienny tym**, że roztwór polihydroksyoktanianu umieszcza się w strzykawce polipropylenowej lub szklanej o pojemności 5 do 25 ml, zaopatrzonej w kapilarę w postaci igły o długości 20 do 120 mm i grubości 0,2 do 2,0 mm, zakończoną końcem płaskim lub w postaci stożka.