

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **033661**(13) **B1**(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

- |   |  |
|---|--|
| <p>(45) Дата публикации и выдачи патента<br/><b>2019.11.14</b></p> <p>(21) Номер заявки<br/><b>201800187</b></p> <p>(22) Дата подачи заявки<br/><b>2018.03.05</b></p> | <p>(51) Int. Cl. <b>B01D 39/16</b> (2006.01)<br/><b>B01D 46/00</b> (2006.01)<br/><b>B01D 47/00</b> (2006.01)<br/><b>C08L 27/16</b> (2006.01)<br/><b>C08L 27/18</b> (2006.01)<br/><b>B82Y 30/00</b> (2011.01)<br/><b>B82Y 40/00</b> (2011.01)</p> |
|---|--|

---

(54) **СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ФИЛЬТРАЦИОННОГО МАТЕРИАЛА, ФОРМОВОЧНЫЙ РАСТВОР ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ И ФИЛЬТРАЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ**

---

- |   |   |
|---|---|
| <p>(43) <b>2019.09.30</b></p> <p>(96) <b>2018000029 (RU) 2018.03.05</b></p> <p>(71)(73) Заявитель и патентовладелец:<br/><b>ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ<br/>ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ<br/>"ИНМЕД" (RU)</b></p> <p>(72) Изобретатель:<br/><b>Внучкин Александр Васильевич,<br/>Бражникова Евгения Николаевна,<br/>Гайдуков Илья Николаевич (RU)</b></p> <p>(74) Представитель:<br/><b>Пантюшина Е.Н. (RU)</b></p> | <p>(56) RU-C1-2478005<br/>BY-C1-11914<br/>RU-C1-2119817<br/>RU-C1-2524936</p> |
|---|---|

- (57) Изобретение относится к области текстильной и химической промышленности, а именно к фильтрационным материалам, имеющим в своём составе нановолокна полимеров и используемым для очистки газовых сред от дисперсных частиц, в том числе в качестве фильтрующих элементов в конструкциях средств индивидуальной защиты органов дыхания. В способе получения фильтрационного материала в качестве полимера используют сополимер, состоящий из мономерных звеньев винилиденфторида и тетрафторэтилена, в качестве растворителя используют смесь N,N-диметилацетамида и этилацетата или пропилацетата в соотношении 1:1, получают формовочный раствор с удельной электропроводностью  $\approx 13 \times 10^{-6} - 18 \times 10^{-6}$  См/см и динамической вязкостью при нулевом сдвиге  $\eta$  0,215-0,550 Па·с, а электроформование нановолокон осуществляют при разнице напряжений между электродами 75-120 кВ и относительной влажности в камере электроформования 10-45%, при этом основу (фильтровальную бумагу и/или нетканый материал), на которую осаждают полученные нановолокна, перемещают со скоростью 30-40 м/мин. Формовочный раствор для осуществления способа содержит 10-16% сополимера, состоящего из мономерных звеньев винилиденфторида и тетрафторэтилена, 42-45% N,N-диметилацетамида, 42-45% этилацетата или пропилацетата.

**033661**  
**B1**

**033661**  
**B1**

Группа изобретений относится к области текстильной и химической промышленности, а именно к фильтрационным материалам, имеющим в своём составе нановолокна полимеров и используемым для очистки газовых сред от дисперсных частиц, в том числе в качестве фильтрующих элементов в конструкциях средств индивидуальной защиты органов дыхания.

Известен способ получения термостойкого нановолокнистого материала (патент RU2524936 на изобретение, опубл. 10.08.2014), предназначенного для использования в качестве фильтрационного материала для газовых сред. Способ включает в себя приготовление формовочного раствора путем растворения полидифениленфталида в циклогексаноне при концентрации полидифениленфталида 11-14 мас.% с электролитической добавкой, выбранной из галогенидов тетраэтиламмония и тетрабутиламмония, в количестве 0,1-0,2 мас.%, при вязкости раствора 0,3-0,9 Па·с и удельной электропроводности раствора 50-100 мкСм/см, электроформование волокон из раствора в электрическом поле с напряженностью 2-6 кВ/см и укладку полученных нановолокон на подложку из защитного нетканого кварцевого материала с последующим накладыванием второго защитного слоя из того же нетканого материала. Фильтрационный термостойкий нановолокнистый материал, получаемый по способу, содержит внутренний рабочий слой и два внешних защитных слоя из нетканого кварцевого материала, размещенных с обеих сторон рабочего слоя, и имеет массу единицы площади, равную 0,5-3,5 г/м<sup>2</sup>.

Недостатком известного технического решения является использование формовочного раствора с высоким показателем удельной электропроводности и формирование волокон в поле низкого напряжения, в результате чего сформованные волокна существенно отличаются друг от друга по диаметру и при укладке на подложку образуется волокнистый слой с неравномерной поверхностной плотностью. Неравномерность поверхностной плотности такого слоя в совокупности с видом подложки (кварцевая нетканая) способствует повышению сопротивления фильтрационного материала потоку воздуха (снижению воздухопроницаемости), и, как следствие, снижению эффективности фильтрации.

Известен фильтрационный материал, предназначенный для применения в аналитических лентах непрерывно действующих приборов для отбора аэрозолей с последующим измерением содержания альфа-активных изотопов методом спектрометрии (патент RU 2478005 на изобретение, опубл. 27.03.2013). Фильтрационный материал представляет собой ленту из двух слоев: рабочего и базового. Рабочий слой выполнен из полимерных волокон с диаметром 0,3-0,5 мкм, полученных электроформованием из раствора смеси полимеров, содержащей поливинилиденфторид/политетрафторэтилен и поливинилиденфторид/гексафторпропилен, и имеет поверхностную плотность 1-5 г/м<sup>2</sup>. Базовый слой материала является нетканой полимерной подложкой, выполненной из полиэфирных волокон диаметром 20-30 мкм.

Недостатком известного фильтрационного материала является низкая воздухопроницаемость вследствие значительной толщины рабочего и базового слоев (из-за высокой поверхностной плотности и большого диаметра используемых волокон соответственно). Все это обуславливает снижение эффективности фильтрации.

Наиболее близким по технической сущности к заявляемому способу является способ получения фильтрационного материала по патенту RU 2477644 на изобретение, опубл. 20.03.2013, предназначенному для тонкой очистки воздуха от высокодисперсных аэрозолей, в частности, в аэрозольных фильтрах, респираторах и лицевых масках. Способ включает приготовление формовочного раствора путем растворения полиамида в смеси муравьиной и уксусной кислот, взятых в объемном отношении 1:2, электроформование полиамидных нановолокон в электрическом поле при напряжении от 75 до 95 кВ, температуре в зоне формования 20-25°C и относительной влажности 15-30% и одновременную укладку образующихся нановолокон на движущуюся в межэлектродном пространстве нетканую микроволокнистую полимерную подложку. Концентрация полимера в формовочном растворе составляет 6-12 мас.%, вязкость раствора - 0,5-8,1 Па (т.е. 0,05-0,81 Па·с), удельная электропроводность 100-500 мкСм/см. Получаемый по описанному способу из указанного раствора фильтрационный материал имеет показатель гидродинамического сопротивления потоку воздуха при линейной скорости 1 см/с от 2 до 25 Па.

Недостатком известного технического решения, выбранного в качестве прототипа для заявляемого способа, формовочного раствора и материала, является получение фильтрационного материала, характеризующегося низкой эффективностью фильтрации.

Технической проблемой является создание материала, характеризующегося высокой фильтрующей способностью.

Технический результат заключается в снижении проницаемости дисперсных частиц при одновременном повышении воздухопроницаемости.

Технический результат достигается тем, что в способе получения фильтрационного материала, включающем приготовление формовочного раствора путем растворения полимера в растворителе, электроформование из формовочного раствора нановолокон с одновременным осаждением нановолокон на основу, согласно изобретению, в качестве полимера используют сополимер, состоящий из мономерных звеньев винилиденфторида и тетрафторэтилена, в качестве растворителя используют смесь N,N-диметилацетамида и этилацетата или пропилацетата в соотношении 1:1, получают формовочный раствор с удельной электропроводностью  $\alpha$   $13 \times 10^{-6}$ - $18 \times 10^{-6}$  См/см и динамическая вязкость при нулевом сдвиге  $\eta$  0,215-0,550 Па·с, а электроформование нановолокон осуществляют при разнице напряжений между

электродами 75-120 кВ и относительной влажности в камере электроформования 10-45%, при этом основу, на которую осаждают полученные нановолокна, перемещают со скоростью 30-40 м/мин. В частных случаях реализации способа в качестве основы используют фильтровальную бумагу и/или нетканый материал, перед осаждением нановолокон на основу наносят клеевой слой.

Технический результат достигается также тем, что в формовочном растворе для осуществления способа получения фильтрационного материала, содержащем полимер и растворитель, согласно изобретению, в качестве полимера используют сополимер, состоящий из мономерных звеньев винилиденфторида и тетрафторэтилена, в качестве растворителя используют смесь N,N-диметилацетамида и этилацетата или пропилацетата в соотношении 1:1 при следующем соотношении компонентов, мас. %:

| сополимер, состоящий из мономерных звеньев |        |
|--|--------|
| винилиденфторида и тетрафторэтилена        | 10-16  |
| N,N-диметилацетамид                        | 42-45  |
| этилацетат или пропилацетат                | 42-45, |

при этом удельная электропроводность формовочного раствора составляет  $13 \times 10^{-6}$ - $18 \times 10^{-6}$  См/см, а динамическая вязкость при нулевом сдвиге  $\eta$  0,215-0,550 Па·с.

В фильтрационном материале, полученном заявленным способом, включающем основу и слой нановолокон, согласно изобретению, слой нановолокон выполнен из сополимера, состоящего из мономерных звеньев винилиденфторида и тетрафторэтилена, поверхностная плотность слоя составляет 0,01-1,0 г/м<sup>2</sup>, воздухопроницаемость фильтрационного материала составляет 400-500 мм/с, а перепад давления составляет 70-90 Па. В частном случае реализации фильтрационного материала в качестве основы использована фильтровальная бумага и/или нетканый материал.

Обоснование оптимальных параметров способа получения фильтрационного материала и состава формовочного раствора для его осуществления производили следующим образом. Для этого были приготовлены формовочные растворы на базе различных полимеров: поливинилиденфторида (ПВДФ), синтетического каучука, сополимера, состоящего из мономерных звеньев винилиденфторида и тетрафторэтилена. Из уровня техники известно, что поливинилиденфторид представляет собой гомополимер, макромолекула которого построена из мономерных звеньев  $-(\text{CH}_2-\text{CF}_2)-$ ; сополимер винилиденфторида и тетрафторэтилена представляет собой полимер, макромолекула которого построена из мономерных звеньев  $-(\text{CH}_2-\text{CF}_2)-$  и  $-(\text{CF}_2-\text{CF}_2)-$ . В качестве растворителей для каждого полимера были использованы следующие: N,N-диметилацетамид (ДМАА) и этилацетат; N,N-диметилацетамид (ДМАА) и пропилацетат; N,N-диметилформаид (ДМФА); пропилацетат и N,N-диметилацетамид. Растворение полимеров осуществляли с использованием механической мешалки при скорости 750 мин<sup>-1</sup>, постепенно увеличивая температуру до 50-55°C. Далее растворы остывали до комнатной температуры. Соотношение компонентов растворов для каждого образца и их физико-химические характеристики приведены в табл. 1.

Каждый образец формовочного раствора был подвержен бескапиллярному электроформованию, где рабочим электродом являлась стальная струна. Осаждение сформированных нановолокон осуществлялось на фильтровальную бумагу или нетканый материал с предварительно нанесенным клеевым покрытием, движущуюся под осадительным электродом. Расстояние между электродами составляло 170 мм. Период обращения дозатора-питателя (каретки) составлял 1,2 с<sup>-1</sup>. Режимы электроформования, изменяемые в процессе эксперимента, и характеристики образцов фильтрационного материала (обр. №№ 1-18) и основы без слоя нановолокон (обр. №19) представлены в табл. 1. Показатели напряжения на электродах в таблице указаны для каждого из них отдельно через знак «/», а разница напряжений между электродами соответствует разнице по модулю (например, -40/+80 кВ равняется 120 кВ, -15/+60 равняется 75 кВ). Измерение перепада давления производили на испытательном стенде при направлении потока воздуха со скоростью 0,2 м/с, а измерение воздухопроницаемости - при давлении воздуха в 200 Па (ГОСТ Р ИСО 9237-99). Оценку эффективности фильтрации образцов производили при распылении тестового аэрозоля NaCl с частицами размером 1,85 мкм.

Таблица 1. Качественный и количественный состав образцов растворов и характеристики полученных материалов

| № обр. | Базовый полимер  | Растворяющая система   | Соотношение компонентов, мас. % | Динамическая вязкость при нулевом сдвиге $\eta$ , Па·с | Удельная электропроводность $\sigma$ , См/см·10 <sup>-6</sup> | Условия проведения электроформования |   |                                    | Свойства материала            |                            |                      |                           |
|--------|--|------------------------|---------------------------------|--|---|--------------------------------------|---|------------------------------------|-------------------------------|----------------------------|----------------------|---------------------------|
|        |  |                        |                                 |  |   | Относительная влажность, %           | Напряжение на верхнем/нижнем электродах, кВ | Скорость перемещения основы, м/мин | Поверхностная плотность нанов | Воздухопроницаемость, мм/с | Перепад давления, Па | Эффективность по частицам |
| 1      | Сополимер, состоящий из мономерных звеньев винилиденфторида и тетрафторэтилена | Этилацетат: N,N-ДМАА   | 13 : 43,5 : 43,5                | 0,298  | 17,6  | 25                                   | -15/+60                                     | 35                                 | 0,087                         | 453                        | 78                   | 80                        |
| 2      | Сополимер, состоящий из мономерных звеньев винилиденфторида и тетрафторэтилена | Этилацетат: N,N-ДМАА   | 13 : 43,5 : 43,5                | 0,298  | 17,6  | 60                                   | -15/+60                                     | 35                                 | 0,06                          | 457                        | 72                   | 36                        |
| 3      | Сополимер, состоящий из мономерных звеньев винилиденфторида и тетрафторэтилена | Этилацетат: N,N-ДМАА   | 13 : 43,5 : 43,5                | 0,298  | 17,6  | 25                                   | -5/+10                                      | 20                                 | 0,05                          | 295                        | 185                  | 40                        |
| 4      | Сополимер, состоящий из мономерных звеньев винилиденфторида и тетрафторэтилена | Этилацетат: N,N-ДМАА   | 13 : 43,5 : 43,5                | 0,298  | 17,6  | 25                                   | -15/+60                                     | 50                                 | 0,02                          | 500                        | 73                   | 20                        |
| 5      | Сополимер, состоящий из мономерных звеньев винилиденфторида и тетрафторэтилена | Этилацетат: N,N-ДМАА   | 13 : 29 : 58                    | 0,215  | 12,2  | 25                                   | -15/+60                                     | 35                                 | 0,9                           | 380                        | 108                  | 23                        |
| 6      | Сополимер, состоящий из мономерных звеньев винилиденфторида и тетрафторэтилена | Этилацетат: N,N-ДМАА   | 8 : 46 : 46                     | 0,173  | 10,7  | 25                                   | -15/+60                                     | 35                                 | 1,5                           | 316                        | 138                  | 10,8                      |
| 7      | Сополимер, состоящий из мономерных звеньев винилиденфторида и тетрафторэтилена | Пропилацетат: N,N-ДМАА | 12 : 44 : 44                    | 0,298  | 17,4  | 25                                   | -15/+60                                     | 35                                 | 0,082                         | 456                        | 77                   | 90                        |
| 8      | Сополимер, состоящий из мономерных звеньев винилиденфторида и тетрафторэтилена | Пропилацетат: N,N-ДМАА | 12 : 44 : 44                    | 0,287  | 17,4  | 60                                   | -15/+60                                     | 35                                 | 0,064                         | 455                        | 73                   | 36                        |
| 9      | Сополимер, состоящий из мономерных звеньев винилиденфторида и тетрафторэтилена | Пропилацетат: N,N-ДМАА | 12 : 44 : 44                    | 0,287  | 17,4  | 25                                   | -5/+10                                      | 20                                 | 0,1                           | 290                        | 187                  | 38                        |
| 10     | Сополимер, состоящий из мономерных звеньев винилиденфторида и тетрафторэтилена | Пропилацетат: N,N-ДМАА | 12 : 44 : 44                    | 0,287  | 17,4  | 25                                   | -15/+60                                     | 50                                 | 0,02                          | 510                        | 70                   | 20                        |
| 11     | Сополимер, состоящий из мономерных звеньев винилиденфторида и тетрафторэтилена | Пропилацетат: N,N-ДМАА | 18 : 45,5 : 45,5                | 0,58   | 19,2  | 25                                   | -15/+60                                     | 30                                 | 1,6                           | 312                        | 140                  | 10                        |
| 12     | Сополимер, состоящий из мономерных звеньев винилиденфторида и тетрафторэтилена | Пропилацетат: N,N-ДМАА | 7 : 46,5 : 46,5                 | 0,166  | 10,6  | 25                                   | -15/+60                                     | 30                                 | 1,1                           | 328                        | 135                  | 15                        |
| 13     | ПВДФ   | ДМФА                   | 11 : 89                         | 0,650  | 8,04  | 25                                   | -15/+60                                     | 25                                 | 2,0                           | 287                        | 186                  | 9                         |
| 14     | ПВДФ   | ДМФА                   | 16 : 84                         | 0,450  | 9,95  | 25                                   | -15/+60                                     | 25                                 | 1,85                          | 299                        | 172                  | 11                        |
| 15     | ПВДФ   | ДМФА                   | 8 : 92                          | 0,180  | 0,223   | 25                                   | -15/+60                                     | 30                                 | 1,5                           | 318                        | 140                  | 13                        |
| 16     | Сополимер, состоящий из мономерных звеньев винилиденфторида и тетрафторэтилена | Этилацетат: N,N-ДМФА   | 16,5 : 41,75 : 41,75            | 0,520  | 12,6  | 25                                   | -15/+60                                     | 30                                 | 1,6                           | 280                        | 182                  | 9                         |
| 17     | ПВДФ   | Этилацетат: N,N-ДМАА   | 3 : 43,75 : 43,75               | 0,750  | 10,05   | 25                                   | -15/+60                                     | 25                                 | 2,3                           | 292                        | 190                  | 8                         |
| 18     | ПВДФ   | Этилацетат: N,N-ДМАА   | 11 : 44,5 : 44,5                | 0,405  | 9,95  | 25                                   | -15/+60                                     | 25                                 | 1,65                          | 298                        | 167                  | 10                        |
| 19     | Синтетический каучук   | Этилацетат: N,N-ДМАА   | 13 : 43,5 : 43,5                | 0,328  | 8,7   | 25                                   | -15/+60                                     | 30                                 | 1,4                           | 315                        | 136                  | 11                        |
| 20     | Основа (материал без слоя нановолокон) с пов.плотностью 115 г/м <sup>2</sup>   | -                      | -                               | -  | -   | -                                    | -   | -                                  | -                             | 500                        | 72                   | 18                        |

Данные табл. 1 показывают, что качественный и количественный состав формовочного раствора существенно влияет на его физико-химические свойства - динамическую вязкость и электропроводность. Так, наиболее высокие показатели вязкости отмечаются у растворов на базе ПВДФ (образцы №№ 13, 14, 16, 17, 18), а низкие - на базе сополимера, состоящего из мономерных звеньев винилиденфторида и тетрафторэтилена, а именно с низким содержанием сополимера, состоящего из мономерных звеньев винилиденфторида и тетрафторэтилена, и/или отличной от заявляемой пропорции растворителей (№№ 6, 5, 12). Варьирование условий электроформования (относительная влажность в камере, разница напряжений на электродах, скорость движения фильтровальной бумаги и/или нетканого материала) из растворов с разными реологическими и электропроводящими свойствами позволяет получить совершенно разные по функциональным свойствам фильтрационные материалы.

Однако требуемый набор эксплуатационных характеристик (низкая проницаемость дисперсных частиц при высокой воздухопроницаемости) можно получить только при определенном сочетании физико-химических характеристик раствора и условий электроформования.

Так, несмотря на удовлетворительные показатели динамической вязкости и удельной электропроводности образца раствора № 2, 3, 8, 9 при изменении условий электроформования (относительная влаж-

ность, скорость перемещения основы и разница напряжений между электродами) были получены образцы фильтрационных материалов с неудовлетворительными показателями и низкой эффективностью фильтрации.

Фильтрационные материалы, полученные на основе образцов формовочного раствора №№ 13-15 с неудовлетворительными показателями динамической вязкости и удельной электропроводности, характеризуются низкой эффективностью и неудовлетворительными показателями материала.

Напротив, образцы формовочного раствора №№ 1, 7 при различных условиях электроформования нановолокон позволяли получить фильтрационные материалы, обладающие оптимальными эксплуатационными характеристиками - низкой проницаемостью дисперсных частиц при высокой воздухопроницаемости и высокой эффективностью фильтрации.

Достижение технического результата, обеспечиваемого при осуществлении заявленной группы изобретений, обусловлено следующим.

Использование в качестве полимера сополимера, состоящего из мономерных звеньев винилиденфторида и тетрафторэтилена, растворенного в смеси N,N-диметилацетамида и этилацетата или пропилацетата в заявленном соотношении, обуславливает получение формовочного раствора с оптимальным диапазоном рабочих характеристик - нулевой динамической вязкости  $\eta$  и удельной электропроводности  $\alpha$ . Это обеспечивает возможность формирования нановолокон в поле высокого напряжения в широком диапазоне показателей относительной влажности при высоких скоростях перемещения фильтровальной бумаги и/или нетканого материала, на которую осаждают нановолокна, что, в свою очередь, позволяет вытягивать нановолокна одинаковой толщины (с диаметром не более 450 нм) и формы и осуществлять их осаждение на основу с оптимальной и равномерной плотностью. Таким образом, достигается получение фильтрационного материала с однородной морфологией, характеризующегося низкой проницаемостью дисперсных частиц при высокой воздухопроницаемости и, следовательно, высокой эффективностью фильтрации.

Изобретение поясняется чертежами, где на фиг. 1 представлена микрофотография фильтрационного материала, полученная методом электронной сканирующей микроскопии с 5000-кратным увеличением, на фиг. 2 - микрофотография фильтрационного материала с задержанными частицами пыли, на фиг. 3 - кривые эффективности фильтрационного материала по частицам различного фракционного состава (для образцов №№ 1, 7, 20 по табл. 1 и для примера 1.1, представленного ниже).

Сущность изобретения иллюстрируется следующими примерами, в которых приготовление раствора и измерение показателей фильтрационных материалов осуществлялось по описанной выше схеме.

Пример 1.1.

Формовочный раствор: сополимер, состоящий из мономерных звеньев винилиденфторида и тетрафторэтилена - 13 г, N,N-диметилацетамид - 43,5 г, этилацетат - 43,5 г.

Физико-химические характеристики формовочного раствора: динамическая вязкость при нулевом сдвиге  $\eta=0,298$  Па·с, удельная электропроводность  $\alpha=17,6 \times 10^{-6}$  См/см.

Условия электроформования: напряжение на электродах - -15/+60 кВ (разница напряжений 75 кВ), относительная влажность в камере - 25%, скорость перемещения фильтровальной бумаги - 40 м/мин.

В результате сформован нановолокнистый слой с поверхностной плотностью  $0,07$  г/м<sup>2</sup> и получен фильтрационный материал со следующими показателями: перепад давления - 75 Па, воздухопроницаемость - 470 мм/с, эффективность - 78%.

На фиг. 1, 2 представлены микрофотографии полученного фильтрационного материала (без уловленных дисперсных частиц и с задержанными частицами пыли соответственно).

На фиг. 3 кривой 4 представлена зависимость эффективности фильтрации полученного материала от размеров частиц тестового аэрозоля.

Пример 1.2.

Формовочный раствор: сополимер, состоящий из мономерных звеньев винилиденфторида и тетрафторэтилена - 13 г, N,N-диметилацетамид - 43,5 г, этилацетат - 43,5 г.

Физико-химические характеристики формовочного раствора: динамическая вязкость при нулевом сдвиге  $\eta=0,298$  Па·с, удельная электропроводность  $\alpha=17,6 \times 10^{-6}$  См/см.

Условия электроформования: напряжение на электродах - -15/+60 кВ (разница напряжений 75 кВ), относительная влажность в камере - 25%, скорость перемещения нетканого материала - 35 м/мин.

В результате сформован нановолокнистый слой с поверхностной плотностью  $0,087$  г/м<sup>2</sup> и получен фильтрационный материал со следующими показателями: перепад давления - 78 Па, воздухопроницаемость - 453 мм/с, эффективность - 80%.

Пример 1.3.

Формовочный раствор: сополимер, состоящий из мономерных звеньев винилиденфторида и тетрафторэтилена - 13 г, N,N-диметилацетамид - 43,5 г, этилацетат - 43,5 г.

Физико-химические характеристики формовочного раствора: динамическая вязкость при нулевом сдвиге  $\eta=0,298$  Па·с, удельная электропроводность  $\alpha=17,6 \times 10^{-6}$  См/см.

Условия электроформования: напряжение, на электродах - -15/+60 кВ (разница напряжений 75 кВ), относительная влажность в камере - 25%, скорость перемещения фильтровальной бумаги - 35 м/мин.

В результате сформован нановолокнистый слой с поверхностной плотностью 0,09 г/м<sup>2</sup> и получен фильтрационный материал со следующими показателями: перепад давления - 77 Па, воздухопроницаемость - 450 мм/с, эффективность - 89%.

Пример 1.4.

Формовочный раствор: сополимер, состоящий из мономерных звеньев винилиденфторида и тетрафторэтилена - 13 г, N,N-диметилацетамид - 43,5 г, этилацетат - 43,5 г.

Физико-химические характеристики формовочного раствора: динамическая вязкость при нулевом сдвиге  $\eta=0,298$  Па·с, удельная электропроводность  $\alpha=17,6 \times 10^{-6}$  См/см.

Условия электроформования: напряжение на электродах - -15/+60 кВ (разница напряжений 75 кВ), относительная влажность в камере - 40%, скорость перемещения нетканого материала - 30 м/мин.

В результате сформован нановолокнистый слой с поверхностной плотностью 0,094 г/м<sup>2</sup> и получен фильтрационный материал со следующими показателями: перепад давления - 82 Па, воздухопроницаемость - 447 мм/с, эффективность - 61%.

Пример 1.5.

Формовочный раствор: сополимер, состоящий из мономерных звеньев винилиденфторида и тетрафторэтилена - 13 г, N,N-диметилацетамид - 43,5 г, этилацетат - 43,5 г.

Физико-химические характеристики формовочного раствора: динамическая вязкость при нулевом сдвиге  $\eta=0,298$  Па·с, удельная электропроводность  $\alpha=17,6 \times 10^{-6}$  См/см.

Условия электроформования: напряжение на электродах - -40/+80 кВ (разница напряжений 120 кВ), относительная влажность в камере - 40%, скорость перемещения фильтровальной бумаги - 30 м/мин.

В результате сформован нановолокнистый слой с поверхностной плотностью 0,083 г/м<sup>2</sup> и получен фильтрационный материал со следующими показателями: перепад давления - 80 Па, воздухопроницаемость - 462 мм/с, эффективность - 62%.

Пример 2.1.

Формовочный раствор: сополимер, состоящий из мономерных звеньев винилиденфторида и тетрафторэтилена - 10 г, N,N-диметилацетамид - 44,5 г, пропилацетат - 44,5 г.

Физико-химические характеристики формовочного раствора: динамическая вязкость при нулевом сдвиге  $\eta=0,215$  Па·с, удельная электропроводность  $\alpha=11,2 \times 10^{-6}$  См/см.

Условия электроформования: напряжение на электродах - -15/+60 кВ (разница напряжений 75 кВ), относительная влажность в камере - 25%, скорость перемещения фильтровальной бумаги - 30 м/мин.

В результате сформован нановолокнистый слой с поверхностной плотностью 0,065 г/м<sup>2</sup> и получен фильтрационный материал со следующими показателями: перепад давления - 74 Па, воздухопроницаемость - 459 мм/с, эффективность - 64%.

Пример 2.2.

Формовочный раствор: сополимер, состоящий из мономерных звеньев винилиденфторида и тетрафторэтилена - 10 г, N,N-диметилацетамид - 44,5 г, пропилацетат - 44,5 г.

Физико-химические характеристики формовочного раствора: динамическая вязкость при нулевом сдвиге  $\eta=0,215$  Па·с, удельная электропроводность  $\alpha=11,2 \times 10^{-6}$  См/см.

Условия электроформования: напряжение на электродах - -30/+70 кВ (разница напряжений 100 кВ), относительная влажность в камере - 25%, скорость перемещения фильтровальной бумаги - 35 м/мин.

В результате сформован нановолокнистый слой с поверхностной плотностью 0,05 г/м<sup>2</sup> и получен фильтрационный материал со следующими показателями: перепад давления - 69 Па, воздухопроницаемость - 463 мм/с, эффективность - 66%.

Пример 3.1.

Формовочный раствор: сополимер, состоящий из мономерных звеньев винилиденфторида и тетрафторэтилена - 16 г, N,N-диметилацетамид - 42 г, этилацетат - 42 г.

Физико-химические характеристики формовочного раствора: динамическая вязкость при нулевом сдвиге  $\eta=0,55$  Па·с, удельная электропроводность  $\alpha=18 \times 10^{-6}$  См/см.

Условия электроформования: напряжение на электродах - -15/+60 кВ (разница напряжений 75 кВ), относительная влажность в камере - 10%, скорость перемещения фильтровальной бумаги - 30 м/мин.

В результате сформован нановолокнистый слой с поверхностной плотностью 1,0 г/м<sup>2</sup> и получен фильтрационный материал со следующими показателями: перепад давления - 90 Па, воздухопроницаемость - 400 мм/с, эффективность - 50%.

Пример 3.2.

Формовочный раствор: сополимер, состоящий из мономерных звеньев винилиденфторида и тетрафторэтилена - 16 г, N,N-диметилацетамид - 42 г, этилацетат - 42 г.

Физико-химические характеристики формовочного раствора: динамическая вязкость при нулевом сдвиге  $\eta=0,55$  Па·с, удельная электропроводность  $\alpha=17,6 \times 10^{-6}$  См/см.

Условия электроформования: напряжение на электродах - -15/+60 кВ (разница напряжений 75 кВ), относительная влажность в камере - 10%, скорость перемещения нетканого материала - 40 м/мин.

В результате сформован нановолокнистый слой с поверхностной плотностью 0,86 г/м<sup>2</sup> и получен фильтрационный материал со следующими показателями: перепад давления - 88 Па, воздухопроницае-

мость - 410 мм/с, эффективность - 52%.

Пример 4.1.

Формовочный раствор: сополимер, состоящий из мономерных звеньев винилиденфторида и тетрафторэтилена - 16 г, N,N-диметилацетамид - 42 г, пропилацетат - 42 г.

Физико-химические характеристики формовочного раствора: динамическая вязкость при нулевом сдвиге  $\eta=0,55$  Па·с, удельная электропроводность  $\kappa=17,6 \times 10^{-6}$  См/см.

Условия электроформования: напряжение на электродах - -40/+80 кВ (разница напряжений 120 кВ), относительная влажность в камере - 45%, скорость перемещения фильтровальной бумаги - 40 м/мин.

В результате сформован нановолокнистый слой с поверхностной плотностью 0,9 г/м<sup>2</sup> и получен фильтрационный материал со следующими показателями: перепад давления - 81 Па, воздухопроницаемость - 405 мм/с, эффективность - 59%.

Таким образом, заявленный способ получения фильтрационного материала и формовочный раствор, используемый для его осуществления, обеспечивают получение материала с однородной морфологией, что, в свою очередь, обуславливает низкую проницаемость дисперсных частиц при высокой воздухопроницаемости и высокую эффективность фильтрации.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ получения фильтрационного материала, включающий приготовление формовочного раствора путем растворения полимера в растворителе, электроформование из формовочного раствора нановолокон с одновременным осаждением на основу, отличающийся тем, что в качестве полимера используют сополимер, состоящий из мономерных звеньев винилиденфторида и тетрафторэтилена, в качестве растворителя используют смесь N,N-диметилацетамида и этилацетата или пропилацетата в соотношении 1:1, получают формовочный раствор с удельной электропроводностью  $\kappa 13 \times 10^{-6}$ - $18 \times 10^{-6}$  См/см и динамической вязкостью при нулевом сдвиге  $\eta 0,215$ - $0,550$  Па·с, а электроформование нановолокон осуществляют при разнице напряжений между электродами 75-120 кВ и относительной влажности в камере электроформования 10-45%, при этом основу, на которую осаждают полученные нановолокна, перемещают со скоростью 30-40 м/мин.

2. Способ получения фильтрационного материала по п.1, отличающийся тем, что в качестве основы используют фильтровальную бумагу и/или нетканый материал.

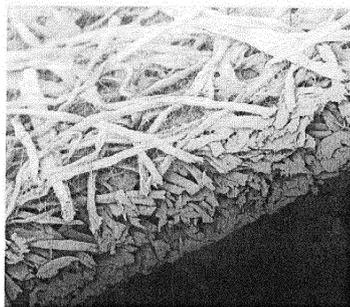
3. Способ получения фильтрационного материала по п.1, отличающийся тем, что перед осаждением нановолокон на основу наносят клеевой слой.

4. Формовочный раствор для осуществления способа по п.1, содержащий полимер и растворитель, отличающийся тем, что в качестве полимера используют сополимер, состоящий из мономерных звеньев винилиденфторида и тетрафторэтилена, в качестве растворителя используют смесь N,N-диметилацетамида и этилацетата или пропилацетата в соотношении 1:1 при следующем соотношении компонентов, мас.-%: сополимер, состоящий из мономерных звеньев винилиденфторида и тетрафторэтилена 10-16, N,N-диметилацетамид 42-45, этилацетат или пропилацетат 42-45, при этом формовочный раствор имеет удельную электропроводность  $\kappa 13 \times 10^{-6}$ - $18 \times 10^{-6}$  См/см и динамическую вязкость при нулевом сдвиге  $\eta 0,215$ - $0,550$  Па·с.

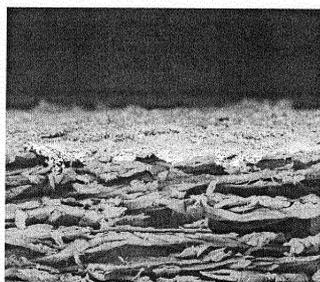
5. Фильтрационный материал, полученный способом по п.1, содержащий основу и нановолокнистый слой, отличающийся тем, что нановолокнистый слой выполнен из сополимера, состоящего из мономерных звеньев винилиденфторида и тетрафторэтилена, поверхностная плотность нановолокнистого слоя составляет 0,01-1,0 г/м<sup>2</sup>, воздухопроницаемость фильтрационного материала, определяемая по ГОСТ Р ИСО 9237-99, составляет 400-500 мм/с, а перепад давления составляет 70-90 Па.

6. Фильтрационный материал по п.5, отличающийся тем, что в качестве основы содержит фильтровальную бумагу.

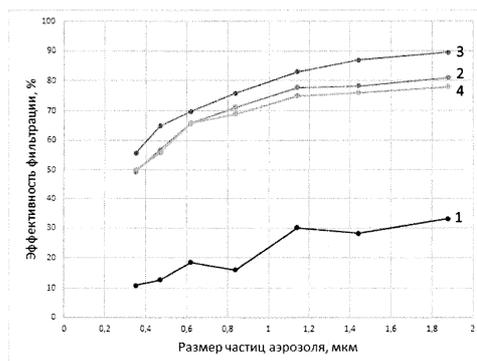
7. Фильтрационный материал по п.5, отличающийся тем, что в качестве основы содержит нетканый материал.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3

линия 1 - основа (фильтровальная бумага или нетканый материал без нановолокнистого слоя); линия 2 - фильтрационный материал с поверхностной плотностью нановолокнистого слоя  $0,087 \text{ г/м}^2$  (образец 1); линия 3 - фильтрационный материал с поверхностной плотностью нановолокнистого слоя  $0,082 \text{ г/м}^2$  (образец 7); линия 4 - фильтрационный материал с поверхностной плотностью нановолокнистого слоя  $0,07 \text{ г/м}^2$  (пример 1.1)

