



(19) **UA** (11) **53 648** (13) **C2**
(51)МПК ⁷ **A 61M 11/04**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
УКРАИНЫ

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ УКРАИНЫ**

(21), (22) Заявка: 98116037, 15.05.1997
(24) Дата начала действия патента: 17.02.2003
(30) Приоритет: 15.05.1996 US 08/648,253
(46) Дата публикации: 15.02.2003
(86) Заявка PCT:
PCT/US97/08194, 19970515

(72) Изобретатель:
Хауэлл Тоуни, US,
Суини Уилльям Р., US
(73) Патентовладелец:
Криселис Текноледжиз, Инкорпорейтед, US

(54) **АЭРОЗОЛЬ, СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ АЭРОЗОЛЯ**

(57) Реферат:

Описаны аэрозоль, способ и устройство для получения аэрозоля, предназначенного для лечения респираторных заболеваний. Аэрозоль получают путем подачи материала в жидком виде в трубку (23). Трубку нагревают. Материал испаряется и, расширяясь, полученный газ выходит из открытого конца (25) трубки (23). Летучий материал смешивается с окружающим

воздухом, конденсируется и образует аэрозоль.

Официальный бюлетень "Промышленная собственность". Книга 1 "Изобретения, полезные модели, топографии интегральных микросхем", 2003, N 2, 15.02.2003. Государственный департамент интеллектуальной собственности Министерства образования и науки Украины.



(19) **UA** (11) **53 648** (13) **C2**
(51) Int. Cl.⁷ **A 61M 11/04**

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF
UKRAINE

STATE DEPARTMENT OF INTELLECTUAL
PROPERTY

(12) **DESCRIPTION OF PATENT OF UKRAINE FOR INVENTION**

(21), (22) Application: 98116037, 15.05.1997

(24) Effective date for property rights: 17.02.2003

(30) Priority: 15.05.1996 US 08/648,253

(46) Publication date: 15.02.2003

(86) PCT application:
PCT/US97/08194, 19970515

(72) Inventor:

Howell Tony, US,
SWEENEY William R., US

(73) Proprietor:

KRYSALIS Technologies, Incorporated, US

(54) **AEROSOL, METHOD AND DEVICE FOR GENERATING AEROSOL**

(57) Abstract:

An aerosol is formed by supplying a material in liquid form to a tube (23) and heating the tube (23) such that the material volatilizes and expands out of an open end (25) of the tube (23). The volatilized material combines with ambient air such that volatilized material condenses to form the aerosol. An apparatus (21) for generating

such an aerosol, and a method for generating such an aerosol, are also disclosed.

Official bulletin "Industrial property". Book 1 "Inventions, utility models, topographies of integrated circuits", 2003, N 2, 15.02.2003. State Department of Intellectual Property of the Ministry of Education and Science of Ukraine.



(19) **UA** (11) **53 648** (13) **C2**
(51)МПК ⁷ **A 61M 11/04**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ

(12) ОПИС ВІНАХОДУ ДО ПАТЕНТУ УКРАЇНИ

(21), (22) Дані стосовно заявки:
98116037, 15.05.1997

(24) Дата набуття чинності: 17.02.2003

(30) Дані стосовно пріоритету відповідно до Паризької
конвенції : 15.05.1996 US 08/648,253

(46) Публікація відомостей про видачу патенту
(деклараційного патенту): 15.02.2003

(86) Номер та дата подання міжнародної заявки
відповідно до договору РСТ:
PCT/US97/08194, 19970515

(72) Винахідник(и):

Хауелл Тоуні , US,
Суїні Уїлльям Р. , US

(73) Власник(и):

Кріселіс Текноледжіз, Інкорпорейтед, US

(54) АЕРОЗОЛЬ І СПОСІБ ТА ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА АЕРОЗОЛЮ

(57) Реферат:

Аерозоль і спосіб та пристрій для генерування аерозолю застосовують, наприклад, для лікування респіраторних захворювань аерозольними спреями. Аерозоль одержують шляхом подавання матеріалу у рідкій формі в трубку (23) і

нагрівання трубки (23) таким чином, щоб матеріал випаровувався і, розширюючись, виходив через відкритий кінець (25) трубки (23). Цей випарюваний матеріал змішується з навколишнім повітрям таким чином, щоб випарюваний матеріал конденсувався, утворюючи аерозоль.

Опис винаходу

Цей винахід стосується в цілому аерозолів і, зокрема, аерозолів, які генеруються без стисненого газу-пропеленту, і способів та пристроїв для генерування таких аерозолів.

Аерозолі використовуються для різноманітних застосувань. Наприклад, часто бажано лікувати респіраторні захворювання аерозольними спреями, або ж вводити ліки за допомогою аерозольних спреїв з тонко розділених часток рідини та/або твердої речовини, наприклад, порошків, лікарських засобів тощо, які вводять у легені пацієнта шляхом інгаляції. Аерозолі також використовують з різними цілями, наприклад, для забезпечення бажаного запаху у кімнаті, нанесення пахощів на шкіру, нанесення фарб і мастил.

Відомі різноманітні способи генерування аерозолів. Наприклад, патенти США №4,811,731 і №4,627,432 розкривають пристрої для введення медикаментів пацієнтам; у цих пристроях капсулу проколюють голкою для вивільнення лікарського засобу в порошковій формі. Користувач далі вдихає вивільнений лікарський засіб через отвір у пристрої. Хоча такі пристрої можуть бути прийнятні для вживання лікарських засобів у порошковій формі, вони не придатні для вживання рідких лікарських засобів. Ці пристрої звичайно, також не є оптимальними для вживання лікарських засобів особами, які мають утруднення у створенні достатнього для правильного режиму вдихання потоку повітря через пристрій, наприклад, хворими на астму. Ці пристрої також не придатні для введення матеріалів у застосуваннях, що відрізняються від вживання лікарських засобів.

Інший добре відомий спосіб генерування аерозолів передбачає використання ручного насоса, який забирає рідину з резервуара і нагнітає її крізь малий отвір-сопло для утворення тонко розпиленого струменя. Вадою таких генераторів аерозолів, принаймні, у застосуваннях, пов'язаних з вживанням лікарських засобів, є труднощі у правильній синхронізації вдихання з нагнітанням.

Один з більш поширених способів генерування аерозолів, який містить рідкі або порошкові частинки, включає в себе використання стисненого газу-пропеленту, який часто містить хлорфторвуглецеві сполуки (ХФВ - фреони) або метилхлороформ і служить для захоплення матеріалу, звичайно з використанням принципу Вентурі. Наприклад, інгалятори, які містять у собі стиснений газ-пропелент, наприклад стиснений кисень, для захоплення лікарського засобу, часто приводять у дію шляхом натиснення на кнопку для короточасного випускання порції газу-пропеленту. Газ-пропелент при проходженні через резервуар з лікарським засобом захоплює з собою лікарський засіб, у такий спосіб, що користувач може вдихати газ-пропелент разом з лікарським засобом. Оскільки лікарський засіб переноситься газом-пропелентом, такі пристрої з використанням газу-пропеленту добре підходять для тих, хто може мати утруднення із вдиханням.

Однак у пристроях, що працюють на основі газу-пропеленту, лікарський засіб може не надходити належним чином в легені пацієнта, якщо користувачеві необхідно узгоджувати з диханням момент натиснення на пусковий пристрій, наприклад, кнопку. Далі, такі пристрої не забезпечують введення матеріалу у великих кількостях. Хоча аерозольні генератори на основі газу-пропеленту широко застосовуються для таких препаратів, як спреї проти пітливості і дезодоранти, а також аерозольні фарби, їх використання часто обмежене через широко відомий негативний вплив на навколишнє середовище фреонів та метилхлороформу, які входять до складу найпоширеніших газів-пропелентів, що їх використовують в аерозольних генераторах такого типу.

У застосуваннях, пов'язаних із введенням лікарських засобів, звичайно бажано створювати аерозоль, що має масове медіанне значення діаметра частинок менше 2мкм, з метою сприяння глибокого проникнення у легені. Більшість відомих аерозольних генераторів неспроможні генерувати аерозолі, що мають масове медіанне значення діаметра частинок менше 2 - 4мкм. У застосуваннях, пов'язаних із введенням деяких лікарських засобів, бажано також вводити лікарські засоби при високих значеннях масової швидкості, наприклад, більше 1 міліграма на секунду. Більшість відомих аерозольних генераторів, придатних для введення лікарських засобів, неспроможні забезпечити такі високі швидкості при розмірах частинок аерозолів у діапазоні від 0,2мкм до 2,0мкм.

Згідно з одним аспектом цього винаходу, аерозольний генератор містить трубку, що має перший відкритий кінець. Аерозольний генератор, крім того, містить засіб для нагрівання трубки до температури, достатньої для випаровування матеріалу в рідкій формі, який знаходиться у трубці, таким чином, щоб випарюваний матеріал, розширюючись, виходив з відкритого кінця трубки і змішувався з навколишнім повітрям, утворюючи аерозоль.

Згідно з іншим аспектом цього винаходу, розкрито спосіб генерування аерозолів. Згідно з цим способом, матеріал у рідкій формі подають у трубку, що має відкритий кінець. Матеріал, поданий у трубку, нагрівають до температури, достатньої для випаровування поданого матеріалу, таким чином, щоб випарюваний матеріал, розширюючись, виходив з відкритого кінця трубки і цей випарюваний матеріал конденсувався при змішуванні з навколишнім атмосферним повітрям, утворюючи аерозоль.

Згідно з дальшим аспектом цього винаходу, запропоновано аерозоль. Цей аерозоль утворений шляхом подавання матеріалу у рідкій формі в трубку і нагрівання трубки таким чином, щоб матеріал випаровувався і, розширюючись, виходив з відкритого кінця трубки. Випарюваний матеріал змішується з навколишнім повітрям таким чином, що випарюваний матеріал конденсується, утворюючи аерозоль.

Згідно зі ще одним аспектом цього винаходу, запропоновано аерозоль. Перший матеріал подають у рідкій формі в першу трубку і цю першу трубку нагрівають таким чином, щоб перший матеріал випаровувався і, розширюючись, виходив з відкритого кінця першої трубки. Другий матеріал подають у рідкій формі в другу трубку і цю другу трубку нагрівають у такий спосіб, щоб другий матеріал випаровувався і, розширюючись, виходив з відкритого кінця другої трубки. Випарювані перший і другий матеріали змішуються з навколишнім повітрям таким чином, що випарювані перший і другий матеріали утворюють відповідно перший і другий аерозолі, і

перший і другий аерозолі змішують, одержуючи аерозоль.

Особливості і переваги цього винаходу будуть зрозумілі при читанні поданого нижче докладного опису у сполученні з рисунками, де однакові елементи позначено однаковими позиціями і де:

Фіг.1 являє собою схематичне зображення аерозольного генератора згідно з першим варіантом втілення цього винаходу;

Фіг.2A і Фіг.2B являють собою схематичні зображення частини аерозольного генератора, що містить нагрівачі, згідно з варіантами втілення цього винаходу;

Фіг.3 являє собою схематичне зображення аерозольного генератора згідно з другим варіантом втілення цього винаходу; і

Фіг.4 являє собою схематичне зображення аерозольного генератора згідно з третім варіантом втілення цього винаходу; і

Фіг.5 являє собою графік впливу поданої на аерозольний генератор потужності на масове медіанне значення діаметра часток аерозолі, генерованого цим генератором згідно з цим винаходом.

Аерозольний генератор 21 згідно з першим варіантом втілення цього винаходу схематично показаний на Фіг.1. Аерозольний генератор 21 містить трубку 23, що має відкритий кінець 25. Нагрівач 27 розташований поблизу, принаймні, частини трубки 23, але переважно таким чином, щоб створювати навколо трубки нагріту зону з максимальною можливою теплопередачею рівномірно по всій нагрітій зоні. Нагрівач 27 приєднаний до джерела живлення 29, переважно джерела живлення постійного струму, наприклад, батарейки.

В процесі роботі генератора матеріал (не показаний) у рідкій формі подають у трубку 23. Нагрівач 27 нагріває частину трубки 23 до температури, достатньої для випаровування рідкого матеріалу. У випадку органічного рідкого матеріалу нагрівач переважно нагріває рідкий матеріал якраз до температури кипіння рідкого матеріалу і переважно підтримує поверхневу температуру трубки 23 нижче 400°C, оскільки більшість органічних матеріалів втрачає стабільність, коли їх на деякий час піддають дії більш високої температури. Випарюваний матеріал, розширюючись, виходить з відкритого кінця 25 трубки 23. Випарюваний матеріал змішується з навколишнім повітрям за межами трубки і конденсується, утворюючи частинки, тобто утворюючи аерозоль.

У варіанті втілення, якому на цей час віддається перевага, трубка 23 являє собою капілярну трубку або її частину, що має внутрішній діаметр в межах між 0,05мм і 0,53мм. Особлива перевага віддається внутрішньому діаметру трубки приблизно 0,1мм. Трубка 23 переважно являє собою частину капілярної колонки з плавленого кремнезему або керамічної трубки з алюмосилікату, однак можуть бути використані інші матеріали, які є практично інертними, здатні витримувати повторні цикли нагрівання і виникаючий тиск і мають придатні теплопровідні властивості. В разі бажання або необхідності внутрішня стінка трубки 23 може мати покриття, призначене для зменшення тенденції матеріалу прилипати до стінки трубки, що може призвести до забивання.

Трубка 23 може бути закрита на другому кінці 31, і матеріал у рідкій формі може бути введений у трубку 23 через відкритий кінець 25 в момент, коли бажано одержати аерозоль. Таким чином, коли рідкий матеріал нагрівається під впливом нагрівача 27, випарюваний матеріал може розширюватися лише при виході з трубки 23 через відкритий кінець 25. Однак краще, щоб другий кінець 31 трубки був сполучений з джерелом 33 (показане на Фіг.1 пунктирними лініями) рідкого матеріалу. Розширенню рідкого матеріалу, випарюваного нагрівачем 27 у частині трубки 23, у напрямі другого кінця 31 трубки запобігає зворотний тиск рідини з джерела 33 рідкого матеріалу, цей же тиск примушує випарюваний матеріал виходити через відкритий кінець 25. Зворотний тиск рідини переважно становить приблизно від 20 фунтів до 30 фунтів на квадратний дюйм (від 138кПа до 207кПа, тобто від 1,4кгс/см² до 2,1кгс/см²).

Нагрівач 27 переважно являє собою електричний нагрівач опору (омічний нагрівач). Згідно з варіантом втілення, якому віддається перевага, нагрівач 27 виконаний з нагрівального дроту, що має зовнішній діаметр 0,008 дюйма (0,2мм), питомий опір 13,1 Ом на фут (43 Ом/м) і питому теплоємність 0,110 БТО/(фунт * °F) (4190Дж/(кг*°C)). Склад металу нагрівального дроту: 71,7% заліза, 23% хрому і 5,3% алюмінію. Такий нагрівальний дріт виготовляє фірма "Кентел Ферніс Продактз" ("Kanthal Furnace Products") у місті Бетел (Bethel), штат Коннектикут.

Згідно з іншим варіантом втілення, якому віддається перевага, нагрівачі 27A і 27B, показані відповідно на Фіг.2A і Фіг.2B, містять тонкий платиновий шар відповідно 27A' і 27B', осаджений на обробленій до заданої шорсткості зовнішній поверхні керамічної капілярної трубки 23, яка служить основою.

Окрім алюмосилікатної керамічної трубки, згаданої вище, трубка може містити кераміку з таких матеріалів, як діоксид титану, цирконію або стабілізований ітрієм діоксид цирконію, які не зазнають окислення при нормальних робочих температурах після багаторазового циклічного нагрівання. Переважно кераміка являє собою оксид алюмінію, що має чистоту приблизно 99%, краще 99,6%, який виготовляє фірма "Аккумулятор Енджинірінг корпорейшн" ("Accumet Engineering Corporation") у місті Хадсон (Hudson), штат Массачусетс.

Трубка і нагрівальний шар переважно мусять мати близькі коефіцієнти теплового розширення з метою зведення до мінімуму викликаного нагріванням розшарування. Кераміка мусить мати певну шорсткість для забезпечення впливу на електричний опір і адгезії осажденного платинового шару. Платиновий шар не зазнає окислювального руйнування або іншої корозії на протязі заданої кількості робочих циклів.

На керамічній трубці 23 нанесений нагрівальний шар у формі тонкої плівки. Нагрівальний шар переважно являє собою тонку платинову плівку, що має товщину, наприклад, менше приблизно 2мкм. Нагрівальний шар осаджений на керамічній трубці будь-яким придатним способом, наприклад, осадженням з розпилюванням магнетроном постійного струму, наприклад, з використанням установки магнетронного розпилювання HRC, в аргоні під тиском $8,0 \times 10^{-3}$ Торр (1,07Па). В альтернативних варіантах для нанесення нагрівального шару на

трубку можуть бути застосовані інші звичайні методи, наприклад, випаровування у вакуумі, хімічне осадження, гальваностегія і хімічне осадження з парової фази.

Морфологія поверхні основи на керамічній трубці важлива для досягнення якісного нанесення нагрівального шару. Переважно трубка 23 оброблена звичайним притиром-ножем з мілкими зазублинами. У типових випадках глинозем після притирання має шорсткість неpolірованої поверхні приблизно від 8 мікродюймів до 35 мікродюймів (від 0,2мкм до 0,89мкм). Далі керамічну трубку-основу полірують до поверхневої шорсткості з середнім арифметичним значенням висоти нерівностей більшим приблизно 1 мікродюйма (25,4нм), зокрема, від 1 мікродюйма до приблизно 100 мікродюймів (2,54мкм), а у варіантах, яким віддається найбільша перевага, - від 12 мікродюймів до 22 мікродюймів (від 0,3мкм до 0,56мкм). Якщо основа відполірована з метою подальшого зменшення поверхневої шорсткості, як звичайно при приготуванні керамічної основи, наприклад, до поверхневої шорсткості 1 мікродюйма (25,4нм) або менше, то якість поверхні не забезпечує ефективного осадження.

Як видно на Фіг.2А, нагрівальний шар 27А' з'єднаний з джерелом живлення для омичного нагрівання нагрівального шару за допомогою відповідних контактів 27А". Як видно на Фіг.2В, нагрівальний шар 27В' з'єднаний з джерелом живлення для омичного нагрівання нагрівального шару за допомогою провідних затискачів 27В". Контакти або затискачі переважно мають нижчий опір, ніж з'єднаний з ними нагрівальний шар, з метою уникнення або послаблення нагрівання цих з'єднань, яке випереджувало б нагрівання нагрівального шару. Як видно на Фіг.2А, контакти 27А" можуть містити позолочений вольфрамовий дріт, наприклад, волокно типу W-wire wool, що його постачає фірма "Текніт Корпорейшн оф Нью-Джерсі" ("Teknit Corporation of New Jersey"), яке має золоте покриття. В альтернативних варіантах контакти можуть бути виконані на основі мідного проводу. Контакти 27А" контактують з платиновим нагрівальним шаром 27А' на зовнішній поверхні нагрівального шару або всередині його, або ж у будь-якому іншому місці, яке забезпечувало б необхідний електричний контакт. Контакти 27А" можуть бути електрично приєднані до валиків 28А' платинового нагрівального шару 27А', при цьому між ними розташована активна зона 28А" нагрівального шару для нагрівання трубки 23. Опір нагрівального шару 27А' залежить від морфології трубки 23.

Як видно на Фіг.2В, замість описаного вище контактної устрою можуть бути використані електропровідні контактні затискачі 27В", яким може бути надана форма, яка сприяє підвищенню механічної міцності вузла. Ці контактні затискачі змонтовані на зовнішній поверхні трубки 23 до осадження нагрівального шару 27В' і з'єднані з джерелом живлення за допомогою проводів. Контактні затискачі можуть бути виконані з будь-якого придатного матеріалу, що має добру електропровідність, наприклад, з міді або мідних сплавів, наприклад, фосфористої бронзи або кремнієвої бронзи, але перевага віддається міді або будь-якому мідному сплаву, що має у своєму складі щонайменше приблизно 80% міді. Затискачі 27В" або з'єднувальний шар, який описано нижче, забезпечують з'єднання, що має низький електричний опір, для використання з бажаною силою струму. Якщо для виготовлення затискачів не застосовано мідь або інший мідний сплав, то переважно до кінця кожного затискача приєднано будь-яким звичайним способом проміжний мідний з'єднувальний шар (не показаний) для забезпечення з'єднання між затискачем і трубкою 23 без негативного впливу на електричний контур.

З'єднання кінців затискачів 27В" з трубкою 23 переважно досягається евтектичним паянням, при якому поверхню міді окислюють, отриману поверхню оксиду міді вводять в контакт з керамічною основою або трубкою, суміш мідь-оксид міді нагрівають до розплавлення оксиду міді, але не самої міді таким чином, що розплавлений оксид міді протікає у пори між зернами кераміки, а потім оксид міді знов відновлюють до міді, утворюючи міцний зв'язок. Таке з'єднання може бути виконане способом евтектичного паяння який використовує фірма "Браш-Уелман корпорейшн" ("Brush Wellman Corporation") у місті Ньюбурі-Порт (Newbury Port), штат Массачусетс.

Далі, на керамічну трубку 23 наносять платиновий нагрівальний шар 27В'. Цей нагрівальний шар містить первинний шар 27С', що охоплює трубку 23 і клеми 27В", і контактний шар 27Д', який електрично з'єднує затискачі з первинним шаром. Активну зону нагріву 28В" утворює частина нагрівального шару 27В', яка не вкрита контактним шаром 27Д' завдяки тому, що зону нагріву маскують перед нанесенням контактної шару. Валики, або потовщені ділянки, 28В' утворені контактним шаром 27Д' навколо затискачів 27В" і підняті над поверхнею трубки, функціонують як контакти. У варіантах втілення, показаних на Фіг.2А і 2В, шляхом виконання валиків або східчастих ділянок платини у нагрівальному шарі, потовщених на контактах або біля затискачів у порівнянні з активною зоною, досягається східчастий профіль опору, який максимізує опір в активній зоні нагрівального шару.

Джерело живлення 29 вибрано так, щоб забезпечити достатню потужність для нагрівального елемента 27, який нагріває частину трубки 23. Перевага віддається змінному і придатному для перезарядження джерелу живлення 29, яке може містити такі пристрої, як конденсатор або, краще, акумулятор. Для портативних застосувань джерело живлення у варіанті втілення, якому на цей час віддається перевага, являє собою змінну і придатну для перезарядження батарею, наприклад, чотири нікель-кадмієві акумуляторні елементи, з'єднані послідовно, з загальною напругою у відсутності навантаження приблизно від 4,8 до 5,6В. Вимоги до характеристик джерела живлення 29, однак, вибрані з урахуванням характеристик інших складових частин аерозольного генератора 21, зокрема, характеристик нагрівача 27. Одне джерело живлення, яке, як виявилось, працює успішно при генеруванні аерозолі з рідкого пропіленгліколю, працює в режимі постійного навантаження при напрузі приблизно 2,5В і силі струму 0,8А, Потужність, яку дає це джерело живлення при роботі з вказаними характеристиками, близька до мінімальної потужності, потрібної для випаровування пропіленгліколю з масовою швидкістю 1,5 міліграми на секунду при атмосферному тиску; це показує, що аерозольний генератор 21 може працювати цілком економічно.

Аерозольний генератор 21 може генерувати аерозоль переривчасте, наприклад, за потребою, або

безперервно, як детально розглянуто нижче. Коли бажано генерувати аерозоль переривчасте, матеріал у рідкій формі можна подавати в частину трубки 23 поблизу нагрівача 27 кожного разу, коли бажано генерувати аерозоль. У варіантах, яким віддається перевага, матеріал у рідкій формі надходить від джерела 33 матеріалу в частину трубки 23 поблизу нагрівача 27, наприклад, під дією насоса 35 (показаний пунктирними лініями).

При бажанні у лінії між насосом і частиною трубки 23 поблизу нагрівача 27 може бути встановлений клапан для переривання потоку. У варіантах, яким віддається перевага, матеріал у рідкій формі подають насосом 35 у дозованих кількостях, достатніх для заповнення частини трубки 23 поблизу нагрівача таким чином, щоб з утворенням аерозолі випаровувався практично лише матеріал у цій частині трубки, а решта матеріалу у лінії між джерелом 33 матеріалу і частиною трубки 23 перешкоджала розширенню випарюваного матеріалу у напрямку другого кінця 31 трубки.

Якщо бажано генерувати аерозоль переривчасте для інгаляції лікарських засобів, то аерозольний генератор 21 переважно обладнаний датчиком 37 вдиху (показаний пунктирними лініями), який переважно утворює частину мундштука 39 (показаний пунктирними лініями), розташованого поблизу відкритого кінця 25 трубки 23, для приведення в дію насоса 35 і нагрівача 27 так, щоб матеріал у рідкій формі надходив до трубки 23 і випаровувався нагрівачем. Перевага віддається датчику 37 вдиху, чутливому до зниження тиску, яке виникає у мундштуку 39, коли користувач втягує повітря з мундштука. Аерозольний генератор 21 переважно обладнаний електричними контурами, які працюють так, що, коли користувач втягує повітря з мундштука 39, насос 35 подає матеріал у рідкій формі до трубки 23, а нагрівач 27 нагрівається від джерела живлення.

Датчиком 37 вдиху, придатний для використання в аерозольному генераторі, може бути кремнієвий датчик моделі 163PC01D35, який виготовляє фірма "Майкросвітч" ("MicroSwitch"), відділення фірми "Хонівел, Інк." ("Honeywell, Inc.") у місті Фріпорт (Freeport), штат Іллінойс, або датчик SLP004D 0-4" H₂O Basic Sensor Element, який виготовляє фірма "Сен-Сим, Інк." ("SenSym, Inc.") у місті Мілпітас (Milpitas), штат Каліфорнія. Ми вважаємо, що для використання із аерозольним генератором будуть придатними інші відомі пристрої, чутливі до повітряного потоку, наприклад, ті, в яких використовується принцип теплового анемометра.

Мундштук 39 розташований поблизу відкритого кінця 25 трубки 23 і сприяє повному змішуванню випарюваного матеріалу з більш холодним навколишнім повітрям у такий спосіб, що випарований матеріал конденсується, утворюючи частинки. Для застосувань, пов'язаних із введенням лікарських засобів, мундштук 39 переважно виконаний так, щоб забезпечити проходження принаймні приблизно 60 літрів повітря на хвилину без істотного опору — така об'ємна швидкість повітря є нормальною швидкістю потоку при інгаляції. Зрозуміло, що мундштук 39, в разі його присутності, може бути розрахований на пропускання більшої або меншої кількості повітря, залежно від призначення аерозольного генератора та інших факторів, наприклад, бажань користувача. Мундштук, якому віддається перевага, для ручного інгалятора протиастматичного лікарського засобу, має діаметр приблизно 1 дюйм (25мм) і довжину від 1,5 дюймів до 2 дюймів (від 38мм до 51мм), і відкритий кінець 25 трубки 23 розташований по центру кінця мундштука.

Аерозольний генератор 121 згідно з другим варіантом втілення цього винаходу схематично показаний на Фіг.3. Основні складові частини аерозольного генератора 121 практично такі ж самі, як складові частини аерозольного генератора 21, показаного на Фіг.1, але аерозольний генератор 121, показаний на Фіг.3, містить вузол 135 для подачі рідкого матеріалу, якому на цей час віддається перевага. Аерозольний генератор 121 містить трубку 123, що має відкритий кінець 125, нагрівач 127, прикріплений до частини трубки 123 поблизу відкритого кінця, і джерело живлення 129 для подавання енергії на нагрівача.

Другий кінець 131 трубки 123 відкривається у резервуар або джерело 133 рідкого матеріалу, наприклад, у циліндр шприца, і рідкий матеріал подають у трубку через її другий кінець 131 за допомогою насоса 135, наприклад, поршня шприца. Мундштук 139 і датчик 137 вдиху (обидва показані пунктирними лініями) також можуть бути застосовані практично так само, як описано вище, при розгляді аерозольного генератора 21.

Показаний шприц-насос 141, що містить циліндр 133 і поршень 135, сприяє введенню рідкого матеріалу до трубки 123 з бажаною масовою швидкістю. Шприц-насос 141 переважно обладнаний вузлом 143 для автоматичного переміщення поршня 135 відносно циліндра 133. Вузол 143 переважно забезпечує покрокове або безперервне просування поршня 135 у циліндр 133 або, в разі потреби, з циліндра. Зрозуміло, що за потребою поршень 135 може альтернативно бути розрахований на переміщення вручну.

Вузол 143 переважно включає в себе шток 145, обладнаний має зовнішньою нарізкою, щонайменше, на частині своєї довжини. У варіантах, яким віддається перевага, шток 145 приєднаний одним кінцем до вала 147 реверсивного двигуна 149, переважно електричного двигуна, у такий спосіб, що робота двигуна примушує шток обертатися довкола осі за стрілкою годинника або проти стрілки годинника, залежно від потреби. Шток 145 переважно приєднаний до вала 147 за допомогою зчіпної муфти 151, яка забезпечує можливість поздовжнього переміщення штока відносно вала, але не дозволяє штоку обертатися відносно вала.

Кінець штока 145 приєднаний до поршня 135. Шток 145 переважно приєднаний до поршня 135 за допомогою підшипникового вузла 153 у такий спосіб, що обертання штока не викликає обертання поршня, однак в разі потреби шток може бути приєднаний до поршня нерухомо. Частина штока 145 з зовнішньою нарізкою проходить через отвір 155 з внутрішньою нарізкою деталі 157, яка може бути простою гайкою і яка нерухомо закріплена відносно двигуна 149 і циліндра 133, кожен з яких також переважно закріплений нерухомо.

У варіантах, яким віддається перевага, коли двигун 149 працює, вал 147 обертає шток 145, і шток обертається навколо поздовжньої осі відносно нерухомої деталі 157 в отворі 155. При обертанні штока 145 навколо осі в отворі 155, кінець штока, приєднаний до поршня 135, просувається у циліндр 133 або висувається з нього, залежно від нарізки штока і отвору і від напрямку обертання штока. Муфта 151 дозволяє штоку 145 рухатися вздовж осі відносно вала 147. У варіантах, яким віддається перевага, пристрій обладнаний датчиками

(не показані) для запобігання надмірному просуванню штока в циліндр 133 або з нього. Мається на увазі, що пристрій для подавання рідини, наприклад, описаний шприц-насос 141, ефективно пристосований для подавання рідини із масовою швидкістю 1мг/с або більшою, залежно від потреби, і що, за умови використання досить потужного нагрівача 127, аерозоль може генеруватися безперервно з масовою швидкістю 1мг/с або більше, що, зрозуміло, забезпечує значно більшу швидкість утворення частинок розміром від 0,2мкм до 2мкм (масове медіанне значення діаметра частинки) у порівнянні з застосуванням звичайних аерозольних систем введення лікарських засобів.

Часто буває бажано звести до мінімуму контакт рідини в циліндрі 133 з киснем для уникнення забруднення або розкладу. З цієї метою аерозольний генератор 121 у варіантах, яким віддається перевага, обладнаний пристроєм для зручного повторного заповнення циліндра 133 шприц-насоса 141, наприклад, комунікацією 159, яка обладнана клапаном 161, що може бути відкритий, коли поршень 159 відходить назад у циліндрі, з метою втягнення рідини в останній з іншого джерела. У трубці 123 може бути встановлений інший клапан 163 для забезпечення надходження рідини, яка надходить в аерозольний генератор, у циліндр і запобігання її втрат внаслідок витікання з відкритого кінця 125 трубки. В разі бажання може бути встановлений триходовий кран для альтернативного пропускання потоку рідини з циліндра 133 у трубку 123 або з лінії 159 у циліндр.

Додатково або в альтернативному варіанті циліндр 133 і поршень 135 можуть бути пристосовані для легкої заміни при спорожненні, шляхом встановлення відповідних з'єднувальних пристроїв у місцях сполучення кінця циліндра з другим кінцем 131 трубки 123 і приєднання штока 145 до поршня. Для заміни використаного циліндра з поршнем може бути використаний новий, переважно герметизований циліндр 133 з поршнем 135. Така конструкція може бути особливо бажаною у таких застосуваннях, як ручні інгалятори і т. ін.

Аерозольний генератор 121 може генерувати аерозоль безперервно, наприклад, при безперервній роботі двигуна 149 і нагрівача 127, таким чином, що рідкий матеріал безперервно надходить у трубку 123 і поданий рідкий матеріал безперервно випаровується. Додатково або в альтернативному варіанті аерозольний генератор може генерувати аерозоль переривчасте, наприклад, при переривчастій роботі двигуна 149 і нагрівача 127, при цьому у трубку 123 надходить потрібна кількість рідкого матеріалу за деякий період часу і нагрівач працює достатній період часу для випаровування поданої рідини, після чого двигун і нагрівач вимикають. У застосуваннях, пов'язаних із введенням лікарських засобів, переривчасту роботу переважно забезпечують шляхом вмикання двигуна 149 і нагрівача 127 датчиком 137 вдиху у сполученні з відповідною схемою електричних з'єднань. Мається на увазі, що можуть бути застосовані альтернативні пристрої для вмикання, наприклад, кнопки.

Аерозольний генератор 221 згідно з третім варіантом втілення цього винаходу схематично показаний на Фіг.4. Аерозольний генератор 221 включає у сполученні два або більше окремих аерозольних генераторів, які можуть бути практично ідентичні описаному вище аерозольному генератору. Паралельне сполучення аерозольних генераторів сприяє - одержанню комбінованого аерозолю, який утворюється шляхом змішування двох або більше окремо генерованих аерозолів. Паралельне сполучення аерозольних генераторів особливо корисне, коли бажано одержати аерозоль, що містить два або більше матеріалів, які погано змішуються у рідкому стані.

Кожний аерозольний генератор у варіанті, якому віддається перевага, включає в себе трубки відповідно 223' і 223'', кожна трубка має відкритий кінець відповідно 225' і 225''. Кожна з трубок 223' і 223'' обладнана нагрівачем відповідно 227' і 227'', хоча в деяких випадках може бути зручно або можливо виконати один нагрівач для нагрівання обох трубок. Нагрівачі живляться енергією від джерел живлення відповідно 229' і 229''. При бажанні для живлення обох нагрівачів може бути використане одно джерело живлення.

Кожна з трубок 223' і 223'' приєднана своїм другим кінцем відповідно 231Г і 231'' до джерел відповідно 233' і 233'' першого і другого рідких матеріалів.

Перший і другий рідкі матеріали подають у трубки 223' і 223'' насосами відповідно 235' і 235''. Насоси 235' і 235'' можуть перекачувати першу і другу рідини з однаковою або різними швидкостями потоку, залежно від бажання або необхідності, і можуть мати окремі привідні засоби або загальний привідний засіб, наприклад, описаний вище автоматичний рушійний вузол. Коли перший і другий рідкі матеріали у трубках 223' і 223'', випаровуються нагрівачами відповідно 227' і 227'' і виходять з відкритих кінців трубок відповідно 225' і 225'', випарювані перший і другий матеріали змішуються між собою у змішувальній камері, наприклад, у мундштуку 239, і змішуються з навколишнім повітрям у такий спосіб, що конденсуються і утворюють аерозоль. Датчик 237 вдиху може бути використаний для приведення у дію вузлів пристрою, наприклад, одного або кількох джерел живлення і одного або кількох двигунів приводу насосів.

Якщо рідини змішуються добре, то може також бути бажано сполучити, наприклад, дві або більше рідини в одній або більше трубках або колекторах у місці між джерелами 233' і 233'' рідин і частиною трубки, яку нагріває нагрівач. Рідини можна разом подавати у трубку 223' від джерел 233' і 233'' окремими насосами відповідно 235' і 235'' з однаковою або різними швидкостями потоку, залежно від бажання або потреби, і насоси можуть бути обладнані окремими привідними засобами або загальним привідним засобом. Нагрівач 227' нагріває трубку 223' до температури, достатньої для випаровування змішаних рідких матеріалів, випарювані змішані рідкі матеріали, розширюючись, виходять з відкритого кінця 225' трубки і конденсуються, утворюючи комбінований аерозоль. В разі потреби комбінований аерозоль, одержаний з задалегідь змішаних рідин, може бути комбінований з іншими аерозолями з метою одержання подальших комбінованих аерозолів.

Характеристики аерозолю, генерованого аерозольним генератором згідно з цим винаходом, в цілому є функціями різних параметрів аерозольного генератора і рідкого матеріалу, який надходить в аерозольний генератор. Для аерозолів, призначених для інгаляції, наприклад, бажано, щоб аерозоль при вдиханні мав

приблизно температуру людського тіла і щоб масове медіанне значення діаметра частинок аерозолі був менше 2мкм, краще від 0,2мкм до 2мкм, і найкраще - від 0,5мкм до 1мкм.

Було виявлено, що такі рідкі матеріали, як пропіленгліколь і гліцерин, можуть бути перетворені в аерозоль, що має масове медіанне значення діаметра частинок і температуру в бажаних межах. Не поглиблюючись у теорію, можна вважати, що надзвичайно малі масові медіанні значення діаметра частинок аерозолі згідно з цим винаходом досягаються, принаймні частково, внаслідок швидкого охолодження і конденсації випарюваного матеріалу, який виходить з нагрітої трубки. Слід очікувати, що на масове медіанне значення діаметра частинок і температуру аерозолі можна вплинути шляхом варіювання параметрів аерозольного генератора, наприклад, внутрішнього діаметра трубки, характеристик теплопередачі трубки, теплової потужності нагрівача і швидкості подавання матеріалу в рідкій формі у трубку. Хоч випробування з іншими матеріалами, крім пропіленгліколю і гліцерину, до цього часу виконано лише в обмеженому об'ємі, очікується, що подальші досліді з іншими матеріалами у рідкій формі, наприклад, рідкими лікарськими засобами і порошкоподібними лікарськими засобами, розчиненими або суспендованими у розчинах, наприклад, у розчинах пропіленгліколю і гліцерину, в тому числі з матеріалами, фізичні характеристики яких відмінні від характеристик пропілен-гліколю і гліцерину, покажуть результати, аналогічні результатам дослідів з пропілен-гліколем.

Деякі компоненти у твердій, тобто порошковій, формі можуть бути змішані з бажаним рідким компонентом таким чином, що отриманий розчин утворює аерозоль у спосіб, описаний вище. Якщо твердий компонент належить до речовин, які лишаються суспендованим у використаному конкретному рідкому матеріалі, то твердий компонент виходить з відкритого кінця трубки разом з випарюваним матеріалом. Отриманий аерозоль складається з частинок, отриманих при конденсації випарюваного матеріалу, і частинок твердого компоненту. Якщо частинки деяких типів твердих компонентів у розчині більше частинок, отриманих при конденсації випарюваного матеріалу, то отриманий аерозоль може містити частинки твердого компоненту, більші за розміром, ніж частинки, отримані при конденсації випарюваного матеріалу.

Нижче описаний спосіб генерування аерозолі згідно з цим винаходом з посиланнями на аерозольний генератор, показаний на Фіг.4. Матеріал у рідкій формі подають у трубку 223', яка має відкритий кінець 225'. Матеріал, що надходить у трубку 223', нагрівають нагрівачем 227' до температури, достатньої для випаровування поданого матеріалу, таким чином, що випарюваний матеріал, розширюючись, виходить з відкритого кінця 225'. Випарюваний матеріал конденсується при змішуванні з навколишнім атмосферним повітрям, переважно у мундштуку 239, утворюючи аерозоль.

Матеріал можна подавати до трубки 223' переривчасте і поданий матеріал можна переривчасто нагрівати до температури, достатньої для випаровування матеріалу, шляхом переривчастої роботи нагрівача 227' і насоса 235'. Датчик 237 вдиху може бути застосований для переривчастого приведення у дію нагрівача 227' і двигуна 245', що приводить у дію насос 235', коли користувач втягує повітря з мундштука 239. Насос 235' і нагрівач 227' можуть, однак, бути приведені у дію вручну, наприклад, за допомогою кнопки і відповідної схеми електричних з'єднань. Мається на увазі, крім того, що насос 235' і нагрівач 227' можуть бути приведені у дію автоматично. Наприклад, насос 235' і нагрівач 227' можуть бути приведені у дію таймером для переривчастого введення ліків в аерозольній формі пацієнту у респіраторі. Насос 235' і нагрівач 227' можуть, крім того, працювати безперервно для безперервного утворення аерозолі.

В разі бажання другий матеріал у рідкій формі може бути поданий від джерела другого матеріалу 233" у другу трубку 223", яка має відкритий кінець 225". Другий матеріал, що надходить у другу трубку 223", нагрівають окремим нагрівачем 227" до температури, достатньої для випаровування поданого другого матеріалу, таким чином, що випарюваний другий матеріал, розширюючись, виходить з відкритого кінця 225" другої трубки. Якщо бажано, другий матеріал, поданий у другу трубку 223", може бути нагрітий тим же самим нагрівачем 227', який нагріває першу трубку 223'. Випарюваний перший матеріал і випарюваний другий матеріал, які виходять відповідно з відкритих кінців трубки 223' і другої трубки 223", змішуються з навколишнім повітрям таким чином, що випарюваний матеріал і випарюваний другий матеріал утворюють перший і другий аерозолі, відповідно. Перший і другий аерозолі змішуються один з одним, утворюючи комбінований аерозоль, що містить перший і другий аерозолі. Змішування першого і другого випарюваних матеріалів один з одним і з повітрям для утворення першого і другого аерозолів і комбінованого аерозолі, переважно відбувається у змішувальній камері, яка, у випадку аерозольних генераторів для введення лікарських засобів, являє собою переважно мундштук 239.

Додатково або альтернативно до змішування першого і другого аерозолів, описаного вище, можна, в разі бажання, подавати третій матеріал у рідкій формі від третього джерела 233"' рідкого матеріалу, наприклад, у трубку 223' разом з першим матеріалом. Перший і третій матеріали, які надходять у трубку 223', нагрівають нагрівачем 227' до температури, достатньої для випаровування першого і третього матеріалів, таким чином, що випарювані перший матеріал і третій матеріал, розширюючись, виходять з відкритого кінця 225' разом.

У розчині матеріалу у рідкій формі, який надходить з джерела матеріалу, можуть бути суспендовані тверді частинки. Коли матеріал у рідкій формі, який містить суспендовані частинки, нагрівають нагрівачем, тверді частинки викидаються через відкритий кінець трубки, бо випарюваний матеріал розширюється так, що аерозоль містить конденсовані частинки матеріалу і тверді частинки. Тверді частинки, вони суспендовані у розчині, можуть мати більший середній діаметр, ніж частки матеріалу в аерозольній формі. Далі, тверді частинки, коли вони утворюють частину аерозолі, можуть мати більший середній діаметр, ніж частинки матеріалу в аерозольній формі.

Зрозуміло, що різні конструкції аерозольного генератора за цим винаходом можуть мати досить значні

розміри, наприклад, як настільна установка, але можуть також бути мініатюризовані, щоб їх можна було тримати у руці. Придатність аерозольного генератора для мініатюризації пояснюється, головним чином, високою ефективністю теплопередачі від нагрівача до трубки, що сприяє використанню батарейки в аерозольному генераторі з низькою потрібною потужністю.

Для виконання серій дослідів, пов'язаних з нашим аерозольним генератором, була виготовлена лабораторна установка, яка містила всі основні елементи генератора, але була модульною за конструкцією, завдяки чому можна було замінювати різні елементи після проведення серії дослідів. На протязі більшості дослідів було можливо вимірювати поверхневу температуру нагрівача і підведену потужність. Масове медіанне значення діаметра частинок аерозолі визначали за допомогою каскадного імпактора згідно з методом, описаним у матеріалах "Рекомендації фармакологічного консультативного комітету США по аерозолях щодо "Загальних вимог до аерозолів" ["Recommendations of the USP Advisory Panel on Aerosols on the General Chapters on Aerosols" (601)] і "Однорідність дозуючих пристроїв" ["Uniformity of Dosage Units"] (905), див. "Вісник фармакопеї", том 20, №3, с. 7477 і далі (травень-червень 1994 р.) [Pharmacopeial Forum. Vol. 20, №3, pp. 7477 et seq. (May-June 1994)], а масу виміряли гравіметричним методом після збирання матеріалу на виході з імпактора.

У наведених далі прикладах аерозольний генератор містив відрізок капілярної трубки з плавленого кремнезему, а саме дезактивованої фенілметильними групами капілярної запобіжної колонки для газової хроматографії, яку постачає фірма "Рестек Корпорейшн" ("Restek Corporation") у місті Белфонт (Bellefonte), штат Пенсільванія, яку було обережно обмотано нагрівальним дротом марки K-AF з зовнішнім діаметром 0,008 дюйма (0,2мм) і питомим опором 13,1 Ом/фут (43 Ом/м), який виготовляє фірма "Кентел Корп." ("Kanthal Corp.") у місті Бетел (Bethel), штат Коннектикут, для одержання зони нагріву довжиною від 1,0 до 1,5см. Дріт намотували щільно виток до витка, щоб забезпечити добру теплопередачу до трубки. Кінчик голки шприца моделі 750N місткістю 500мкл, який виготовляє фірма "Гемілтон Компані" ("Hamilton Company") у місті Ріно (Reno), штат Невада, був відрізаний і зашліфований для одержання тупого кінця. Цей тупий кінець був приєднаний до капілярної трубки за допомогою звичайного обладнання для роботи з капілярними колонками для газової хроматографії. На зону нагріву для ізоляції надягали керамічну або кварцову трубку внутрішнім діаметром 1/4 дюйма (6,35мм), розрізану вздовж для підведення електричних з'єднань.

Корпус шприца був вмонтований у програмований шприц-насос моделі 44, який виготовляє фірма "Гарвард Аппаратус, Інк." ("Harvard Apparatus, Inc.") у місті Сауз-Натік (South Natick), штат Массачусетс. Кінець капілярної трубки був відцентрований і закріплений всередині мундштука, який приєднали до каскадного імпактора MOUDI моделі 100, який виготовляє фірма "Ем-Ес-Пі Корпорейшн" ("MSP Corporation") у місті Міннеаполіс (Minneapolis), штат Міннесота, згідно з методом, описаним у матеріалах: "Рекомендації фармакологічного консультативного комітету США по аерозолях щодо Загальних вимог до аерозолів" (601) і "Однорідність дозуючих пристроїв" (905), див. "Вісник Фармакопеї", том 20, №3, с. 7477 і далі (травень-червень 1994 р.)

Кінці нагрівального дроту були приєднані електричними проводами до джерела постійного струму з потрібним виходом моделі TP3433A, яке виготовляє фірма "Пауер Дізайнз, Інк." ("Power Designs, Inc.") у місті Уестбурі (Westbury), штат Нью-Йорк, і до одного з витків нагрівального дроту приблизно у середині нагрівальної зони була обережно підведена мікромініатюрна термopара з відкритим спаєм. Для прецизійної синхронізації пуску шприц-насоса з подачею енергії на нагрівальний дріт було використано твердотільні перемикачі з управлінням від комп'ютера. Вимірювані значення потужності і температури реєструвалися через кожні 0,1с комп'ютером з використанням програмного пакету LAB TECH NOTEBOOK, який поставляє фірма "Леборетрі Текнолоджіс" ("Laboratory Technologies") з міста Уілмінгтон (Wilmington), штат Массачусетс, і плати введення-виведення (I/O) моделі DT2801, яку поставляє фірма "Дейта Транслейшн, Інк." ("Data Translation, Inc.") з міста Мальборо (Marlboro), штат Массачусетс.

На каскадному імпакторі працювали згідно з технічним описом виробника. Усі досліди проводили при об'ємній швидкості потоку повітря через імпактор 30 літрів на хвилину і загальною кількістю отриманого аерозолі менше 100мг. Ми виявили, що завантаження в імпактор від 30мг до 40мг дає цілком стабільні результати і викликає менше проблем із забиванням пристрою.

При подальших дослідіах було поставлено мету підвести до нагрівача потужність, достатню щоб нагріти рідину у капілярній трубці таким чином, щоб вона досягла точки кипіння і випарилася до моменту виходу з трубки. Крім того, бажано було нагріти пару до такого ступеня, щоб запобігти конденсації безпосередньо на виході з капілярної трубки. Існують втрати енергії у навколишнє середовище, які треба враховувати у рівнянні енергетичного балансу, і ці втрати залежать від устаткування.

На практиці у наступних дослідіах з цим конкретним пристроєм для генерування аерозолі пристрій приводили у дію кілька разів для визначення потужності, необхідної для утримання нагрівача при заданій температурі, з метою визначити втрати у навколишнє середовище. Для отримання грубої оцінки загальної потрібної енергії, теоретичну кількість енергії, потрібну для нагрівання і випаровування, додавали до втрат енергії. Було виконано кілька пробних експериментів для візуального спостереження виходу пари з трубки і утворення аерозолі. Коли не вдалося спостерігати конденсацію біля капіляру, потужність почали зменшувати аж до появи конденсації, після чого потужність, була підвищена так, щоб установка працювала якраз над порогом конденсації. Припускається, що у комерційних пристроях для генерування аерозолі і у способі встановлення рівнів потужності для таких пристроїв будуть зроблені численні поліпшення.

Наведені далі приклади демонструють різні досліди, виконані з аерозольним генератором, виконаним і експлуатованим, як описано вище.

ПРИКЛАД 1

Капілярна колонка внутрішнім діаметром 0,1мм була обмотана нагрівальним дротом довжиною 11,5см для створення зони нагріву довжиною 1,0см; на кожному кінці було залишено по 2,0см дроту як з'єднувальні провідники. Приблизно 0,5 см колонки на одному кінці було залишено без обмотки для забезпечення можливості приєднання до голки шприца, на протилежному кінці було залишено без обмотки приблизно 0,3см. У шприц набирали пропіленгліколь, після чого установку монтували, як описано вище. Шприц-насос був відрегульований на подачу 30г рідини з масовою швидкістю 1,5075мг/с. Результати дослідів наведено в Таблиці 1.

Таблиця 1					
№ дослідів	Масова швидкість подавання, мг/с	Потужність, Вт	Температура, °C	Вихід, % масових	Масове медіанне значення діаметра частинок, мкм
1	1,5075	2,92	289	66,1	0,56
2	1,5075	2,96	212	66,3	0,60
3	1,5075	3,03	278	60,0	0,62
4	1,5075	2,96	223	68,4	0,56
6	1,5075	4,21	384	40,7	0,91
7	1,5075	4,24	385	51,4	0,99
8	1,5075	4,37	393	49,6	1,10
9	1,5075	4,37	389	56,0	0,86
10	1,5075	3,60	355	58,9	0,61
11	1,5075	3,71	358	63,7	0,62
12	1,5075	3,49	348	47,5	0,67
13	1,5075	2,28	260	20,8	1,42
16	1,5075	2,27	248	22,7	1,22
22	1,5075	3,17	318	44,3	0,55

У дослідях №№ 6, 7, 8 і 9 потужність, подавана на нагрівач, була перевищена, а у дослідях №№ 13 і 16 - дещо занижена. На Фіг.5 показано вплив потужності на масове медіанне значення діаметра частинок аерозолію.

ПРИКЛАД 2

Ця серія дослідів була ідентична Прикладу 1 з тим винятком, що масове медіанне значення діаметра частинок вимірювали у залежності від масової швидкості подавання рідини. Результати подано в Таблиці 2.

Таблиця 2					
№ дослідів	Масова швидкість подавання, мг/с	Потужність, Вт	Температура, °C	Вихід, % масових	Масове медіанне значення діаметра частинок, мкм
17	3,0151	4,74	335	25,4	0,57
18	3,0151	5,12	395	29,6	0,53
19	3,0151	5,05	427	16,8	0,90
20	0,7546	1,92	271	35,5	1,11
21	0,7546	2,07	292	40,4	0,82

ПРИКЛАД 3

У прикладі 3 була використана така ж конфігурація дослідної установки, як у Прикладах 1 і 2, з тим винятком, що як рідкий матеріал замість пропілен-гліколю було використано гліцерин. Слід зазначити, що було застосовано два різних значення масової швидкості подавання рідини і що результати, наведені у таблиці III, свідчать, що масове медіанне значення діаметра частинок для гліцерину менше, ніж для пропіленгліколю.

Таблиця 3					
№ дослідів	Масова швидкість подавання, мг/с	Потужність, Вт	Температура, °C	Вихід, % масових	Масове медіанне значення діаметра частинок, мкм
23	1,8352	4,68	370	78,0	0,50
24	1,8352	4,56	347	69,7	0,60
25	3,6704	8,07	469	57,4	0,37

ПРИКЛАД 4

Був виконаний один дослід з метою визначити вплив додання компоненту з більш високою точкою кипіння до рідини з нижчою точкою кипіння. Для цього дослідів був вибраний 5%-ний (мас.) розчин гліцерину в пропіленгліколі. Дослідна установка була така ж, як у попередніх прикладах. Дослід №10 був проведений з чистим пропіленгліколем і наведений тут з метою порівняння. Слід зазначити, що суміш дала менше масове медіанне значення діаметра частинок.

Таблиця 4					
№ дослідів	Масова швидкість подавання, мг/с	Потужність, Вт	Температура, °C	Вихід, % масових	Масове медіанне значення діаметра частинок, мкм
26(5% гліцерину)	1,5075	3,64	318	48,1	0,35
10 (про-піленгліколь)	1,5075	3,60	355	58,9	0,61

ПРИКЛАД 5

Для цієї серії дослідів була сконструйована нова установка. Відрізок капілярної колонки являв собою трубку внутрішнім діаметром 0,05мм замість трубки внутрішнім діаметром 0,1мм. Як рідкий матеріал використовували лише пропіленгліколь. Всі інші дії лишилися такими ж, як у попередніх прикладах. У Таблиці 5 подано результати всієї серії дослідів, проведених із трубкою внутрішнім діаметром 0,05мм. Як і у випадку трубки внутрішнім діаметром 0,1мм, варіювали масову швидкість подавання з метою оптимізації масового медіанного значення діаметра частинок, тобто доведення цього показника до можливого мінімуму.

Таблиця 5					
№ досліду	Масова швидкість подавання, мг/с	Потужність, Вт	Температура, °С	Вихід, % масових	Масове медіанне значення діаметра частинок, мкм
27	1,5075	2,75	419	34,8	0,56
28	1,5075	2,09	351	22,9	1,98
30	0,7529	2,43	387	48,9	0,64
31	0,7529	2,40	393	34,2	0,67
32	0,7529	2,11	355	28,0	0,63
33	0,3782	1,24	282	25,9	2,63
34	0,3782	1,70	380	60,2	1,58
35	0,3782	2,13	462	25,9	1,74
36	0,3782	2,16	460	36,7	1,63
37	0,3782	2,22	460	59,0	1,36
38	0,7546	1,93	309	30,5	0,90
39	0,7546	2,39	344	34,6	0,64
40	1,5075	3,23	355	23,8	1,38
41	1,5075	3,78	366	54,3	0,50
42	1,5075	3,79	362	57,7	0,49

ПРИКЛАД 6

Трубка внутрішнім діаметром 0,53 мм була підготовлена, як описано вище в розділі про конфігурацію дослідної установки, і були виконані досліді №№ 44 і 45. Як виявилось, стандартна довжина зони нагріву 1,25см недостатня для забезпечення ефективної теплопередачі без надмірного підвищення температури стінки. У цих дослідях поверхневі температури не були виміряні, оскільки вони перевищили 500°С - діапазон вимірювання устаткування, яким ми користувалися. Була виконана нова конфігурація з трубкою внутрішнім діаметром 0,53 мм, у якій зона нагріву була збільшена до 4,0см, і проведені досліді з №№ 46-48. У всіх випадках аерозоль утворився, але його супроводжували дуже великі рідкі краплини, які викидало з трубки довгими струменями. Результати подано в Таблиці 6.

Таблиця 6				
№ дослідів	Масова швидкість подавання, мг/с	Потужність, Вт	Вихід, % масових	Масове медіанне значення діаметра частинок, мкм
44	7,9952	12,04	0,93	1,52
45	1,5075	4,22	24,85	4,24
46	7,9952	4,80	12,55	1,62
47	7,9952	6,02	21,95	1,76
48	7,9952	13,5	11,30	1,54

Досліді, проведені з нашим аерозольним генератором, виявили, що конфігурації з трубками внутрішнім діаметром 0,05мм і 0,53мм. (приклади відповідно 5 і 6!) придатні для роботи. Але, з практичної точки зору, трубки з малим внутрішнім діаметром, як виявилось, потребують високих тисків для переміщення рідини і мають тенденцію до забивання та низьку механічну міцність. У трубках більшого діаметра виникають проблеми з теплопередачею, і для досягнення добрих результатів необхідні високі поверхневі температури та/або надмірно довгі зони нагріву.

Хоч цей винахід було проілюстровано і описано згідно з варіантом втілення, якому віддається перевага, зрозуміло, що у ньому можуть бути виконані варіації і зміни без виходу за обсяг винаходу, викладений у формулі винаходу.

Формула винаходу

1. Аерозольний генератор, який включає в себе: трубку, що має перший відкритий кінець; і засіб для нагрівання трубки до температури, достатньої для випаровування певного матеріалу, який знаходиться в зазначеній трубці у рідкій формі, так щоб випарований матеріал, розширюючись, виходив з відкритого кінця трубки і змішувався з навколишнім повітрям, утворюючи аерозоль.
2. Аерозольний генератор за п. 1, в якому трубка має внутрішній діаметр приблизно від 0,05 мм до 0,53 мм.
3. Аерозольний генератор за п. 1, в якому трубка має внутрішній діаметр приблизно 0,1 мм.

4. Аерозольний генератор за п. 1, в якому трубка є частиною капілярної колонки з плавленого кремнезему.
5. Аерозольний генератор за п. 1, в якому трубка є керамічною трубкою з алюмосилікату.
6. Аерозольний генератор за п. 1, в якому нагрівальний засіб включає в себе нікель-хромовий нагрівальний елемент.
7. Аерозольний генератор за п. 1, в якому нагрівальний засіб включає в себе нагрівальний елемент, приєднаний до джерела живлення постійного струму.
8. Аерозольний генератор за п. 1, який додатково включає в себе мундштукову деталь і засіб, що спрацьовує від вдиху, який примушує аерозольний генератор генерувати аерозоль, коли користувач втягує повітря з мундштукової деталі.
9. Аерозольний генератор за п. 1, який додатково включає в себе мундштукову деталь, розташовану поблизу відкритого кінця трубки.
10. Аерозольний генератор за п. 9, в якому мундштукова деталь уможливує протікання повітря з об'ємною швидкістю щонайменше 60 літрів за хвилину при опорі, яким можна знехтувати.
11. Аерозольний генератор за п. 10, який додатково включає в себе засіб, що спрацьовує від вдиху, який примушує аерозольний генератор генерувати аерозоль коли користувач втягує повітря з мундштукової деталі.
12. Аерозольний генератор за п. 1, в якому масове медіанне значення діаметра частинок аерозолі, генерованого аерозольним генератором, становить 2 мкм або менше.
13. Аерозольний генератор за п. 1, в якому масове медіанне значення діаметра частинок аерозолі, генерованого аерозольним генератором, становить від 0,2 мкм до 2 мкм.
14. Аерозольний генератор за п. 1, в якому масове медіанне значення діаметра частинок аерозолі, генерованого аерозольним генератором, становить від 0,5 мкм до 1 мкм.
15. Аерозольний генератор за п. 1, який додатково включає в себе засіб для подавання зазначеного матеріалу у рідкій формі в трубку через другий кінець трубки.
16. Аерозольний генератор за п. 15, в якому зазначений засіб для подавання матеріалу безперервно подає зазначений матеріал, а нагрівальний засіб безперервно нагріває цей матеріал, так що аерозольний генератор безперервно генерує аерозоль.
17. Аерозольний генератор за п. 15, в якому засіб для подавання матеріалу подає зазначений матеріал до трубки з масовою швидкістю, більшою ніж 1 мг/с.
18. Аерозольний генератор за п. 15, в якому засіб для подавання матеріалу включає в себе насос.
19. Аерозольний генератор за п. 18, в якому насос включає в себе шприц, причому цей шприц включає в себе поршень і циліндр, а також засіб для переміщення поршня у циліндрі.
20. Аерозольний генератор за п. 19, в якому зазначений засіб для переміщення включає в себе засіб, що забезпечує переміщення поршня у циліндрі з бажаною швидкістю.
21. Аерозольний генератор за п. 19, в якому зазначений засіб для переміщення включає в себе вал з нарізкою, приєднаний до поршня, засіб для обертання вала і нерухому деталь з внутрішньою нарізкою, через яку проходить вал, причому обертання зазначеного вала відносно зазначеної деталі з внутрішньою нарізкою примушує поршень переміщатися у циліндрі.
22. Аерозольний генератор за п. 15, в якому зазначений засіб для подавання матеріалу включає в себе резервуар з зазначеним матеріалом.
23. Аерозольний генератор за п. 21, в якому зазначений резервуар герметично відокремлений від зовнішньої атмосфери.
24. Аерозольний генератор за п. 15, який додатково включає в себе другу трубку, що має перший відкритий кінець і другий кінець, засіб для подавання певного другого матеріалу у рідкій формі в другу трубку через її другий кінець, засіб для нагрівання другої трубки до температури, достатньої для випаровування зазначеного другого матеріалу, так щоб випарюваний другий матеріал, розширюючись, виходив з відкритого кінця другої трубки, і засіб для змішування поєднаних зазначених випарюваного першого матеріалу і випарюваного другого матеріалу з навколишнім повітрям, так що зазначені випарюваний перший матеріал і випарюваний другий матеріал утворюють, відповідно, перший і другий аерозолі, і ці перший і другий аерозолі змішуються один з одним у зазначеному засобі для змішування, утворюючи комбінований аерозоль, який включає в себе перший і другий аерозолі.
25. Аерозольний генератор за п. 24, який додатково включає в себе засіб для подавання певного третього матеріалу у рідкій формі у другий кінець зазначеної трубки, так щоб зазначені перший і третій матеріали подавалися у другий кінець зазначеної трубки разом, причому зазначений засіб для нагрівання трубки виконаний з можливістю нагрівання трубки до температури, достатньої для випаровування як першого, так і третього матеріалів, так щоб випарювані перший і третій матеріали, розширюючись, виходили з відкритого кінця трубки і змішувалися з навколишнім повітрям і з випарюваним другим матеріалом, утворюючи комбінований аерозоль.
26. Аерозольний генератор за п. 15, який додатково включає в себе засіб для подавання певного другого матеріалу у рідкій формі в другий кінець зазначеної трубки, так щоб перший і другий матеріали подавалися у другий кінець трубки разом, причому зазначений засіб для нагрівання трубки виконаний з можливістю нагрівання трубки до температури, достатньої для випаровування як першого, так і другого матеріалів, так щоб випарювані перший і другий матеріали, розширюючись, виходили з відкритого кінця трубки і змішувалися з навколишнім повітрям, утворюючи комбінований аерозоль.
27. Спосіб генерування аерозолі, який включає стадії:
подавання матеріалу у рідкій формі в трубку, що має відкритий кінець; і
нагрівання зазначеного матеріалу, поданого в трубку, до температури, достатньої для випаровування

поданого матеріалу, так щоб випарюваний матеріал, розширюючись, виходив з відкритого кінця трубки і цей випарюваний матеріал конденсувався при змішуванні з навколишнім атмосферним повітрям, утворюючи аерозоль.

28. Спосіб за п. 27, в якому зазначений матеріал подають у трубку переривчасто, і поданий матеріал нагрівають до температури, достатньої для випаровування матеріалу, переривчасто.

29. Спосіб за п. 27, який включає додатково стадію приведення в дію засобу подавання матеріалу, для подавання матеріалу до трубки, і приведення в дію нагрівального засобу, для нагрівання поданого матеріалу до температури, достатньої для випаровування матеріалу.

30. Спосіб за п. 28, в якому зазначені засіб подавання матеріалу і нагрівальний засіб приводять у дію засобом, що спрацьовує від вдиху, з'єднаним із засобом генерування аерозолі, причому засіб, що спрацьовує від вдиху, приводить у дію зазначені засіб подавання матеріалу і нагрівальний засіб при втягуванні користувачем повітря з частини зазначеного засобу генерування аерозолі.

31. Спосіб за п. 29, в якому зазначені засіб подавання матеріалу і нагрівальний засіб приводять у дію вручну.

32. Спосіб за п. 29, в якому зазначені засіб подавання матеріалу і нагрівальний засіб приводять у дію автоматично.

33. Спосіб за п. 27, в якому матеріал подають у трубку безперервно, і поданий матеріал нагрівають до температури, достатньої для випаровування матеріалу, безперервно.

34. Спосіб за п. 27, в якому матеріал подають з масовою швидкістю більше 1 мг/с.

35. Спосіб за п. 27, в якому поданий матеріал випаровують з масовою швидкістю більше 1 мг/с.

36. Спосіб за п. 27, в якому аерозоль має масове медіанне значення діаметра частинок менше 2 мкм.

37. Спосіб за п. 27, в якому аерозоль має масове медіанне значення діаметра частинок від 0,2 мкм до 2 мкм.

38. Спосіб за п. 27, в якому аерозоль має масове медіанне значення діаметра частинок від 0,5 мкм до 1 мкм.

39. Спосіб за п. 27, який додатково включає стадії:

подавання в зазначену трубку разом з зазначеним матеріалом певного другого матеріалу у рідкій формі; нагрівання зазначених першого матеріалу і другого матеріалу, поданих у трубку, до температури, достатньої для випаровування зазначених першого матеріалу і другого матеріалу, так щоб випарювані перший матеріал і другий матеріал, розширюючись, виходили з відкритого кінця трубки разом.

40. Спосіб за п. 27, який додатково включає стадії:

подавання певного другого матеріалу у рідкій формі в другу трубку, що має відкритий кінець; нагрівання зазначеного другого матеріалу, поданого в другу трубку, до температури, достатньої для випаровування поданого другого матеріалу, так щоб випарюваний другий матеріал, розширюючись, виходив з відкритого кінця другої трубки; і

змішування зазначених випарюваного першого матеріалу і випарюваного другого матеріалу, які, розширюючись, виходять з відкритих кінців відповідно першої трубки і другої трубки, з навколишнім повітрям, так що випарюваний перший матеріал і випарюваний другий матеріал утворюють відповідно перший і другий аерозолі, і ці перший і другий аерозолі змішуються один з одним, утворюючи комбінований аерозоль, який включає в себе перший і другий аерозолі.

41. Спосіб за п. 27, в якому у розчині зазначеного матеріалу суспендують тверді частинки, і ці тверді частинки при розширенні випарюваного матеріалу викидаються через відкритий кінець трубки, так що аерозоль містить конденсовані частинки зазначеного матеріалу і зазначені тверді частинки.

42. Спосіб за п. 41, в якому зазначені тверді частинки, коли їх суспендують у розчині, мають більший середній діаметр, ніж частинки зазначеного матеріалу в аерозольній формі.

43. Спосіб за п. 42, в якому зазначені тверді частинки, коли вони утворюють частину аерозолі, мають більший середній діаметр, ніж частинки зазначеного матеріалу в аерозольній формі.

44. Спосіб за п. 41, в якому зазначені тверді частинки, коли вони утворюють частину аерозолі, мають більший середній діаметр, ніж частинки зазначеного матеріалу в аерозольній формі.

45. Аерозоль, утворений шляхом подавання матеріалу у рідкій формі в трубку і нагрівання трубки у такий спосіб, щоб матеріал випаровувався і, розширюючись, виходив з відкритого кінця трубки, причому випарюваний матеріал змішувався б з навколишнім повітрям, так щоб він конденсувався, утворюючи аерозоль.

46. Аерозоль за п. 45, який характеризується масовим медіанним значенням діаметра частинок, меншим ніж 2 мкм.

47. Аерозоль за п. 45, який характеризується масовим медіанним значенням діаметра частинок від 0,2 мкм до 2 мкм.

48. Аерозоль за п. 45, який характеризується масовим медіанним значенням діаметра частинок від 0,5 мкм до 1 мкм.

49. Аерозоль за п. 45, який відрізняється тим, що зазначений матеріал включає в себе два або більше компонентів, змішаних разом перед випаровуванням зазначеного матеріалу.

50. Аерозоль за п. 45, який відрізняється тим, що в розчині матеріалу суспендовані тверді частинки, і ці тверді частинки при розширенні випарюваного матеріалу викидаються через відкритий кінець трубки, так що аерозоль містить конденсовані частинки зазначеного матеріалу і зазначені тверді частинки.

51. Аерозоль за п. 50, який відрізняється тим, що тверді частинки, коли вони є суспендованими у розчині, мають більший середній діаметр, ніж частинки матеріалу в аерозольній формі.

52. Аерозоль за п. 51, в якому тверді частинки, коли вони утворюють частину аерозолі, мають більший середній діаметр, ніж частинки матеріалу в аерозольній формі.

53. Аерозоль за п. 50, в якому тверді частинки, коли вони утворюють частину аерозолі, мають більший

середній діаметр, ніж частинки матеріалу в аерозольній формі.

54. Аерозоль, утворений шляхом подавання певного першого матеріалу у рідкій формі в першу трубку і нагрівання першої трубки у такий спосіб, щоб перший матеріал випаровувався і, розширюючись, виходив з відкритого кінця першої трубки, подавання певного другого матеріалу у рідкій формі в другу трубку і нагрівання другої трубки у такий спосіб, щоб другий матеріал випаровувався і, розширюючись, виходив з відкритого кінця другої трубки, і змішування випарюваних першого і другого матеріалів з навколишнім повітрям, так що випарювані перший і другий матеріали утворюють відповідно перший і другий аерозолі, а перший і другий аерозолі змішуються, з утворенням зазначеного аерозолі.

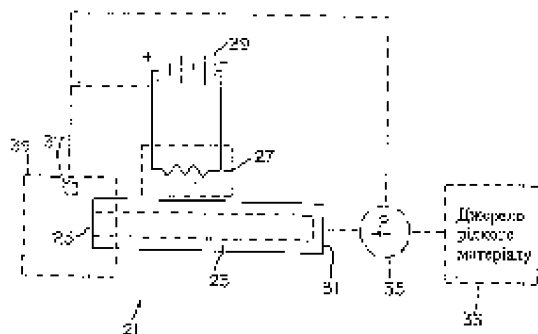
55. Аерозоль за п. 54, який характеризується масовим медіанним значенням діаметра частинок, меншим ніж 2 мкм.

56. Аерозоль за п. 54, який характеризується масовим медіанним значенням діаметра частинок від 0,2 мкм до 2 мкм.

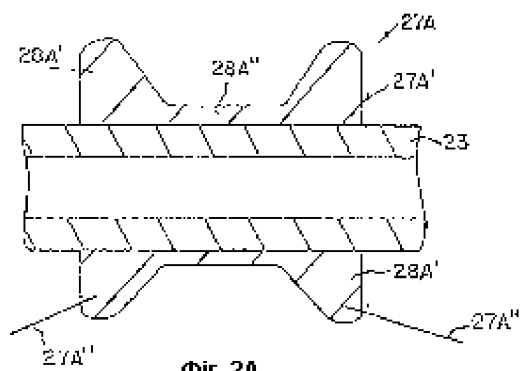
57. Аерозоль за п. 54, який характеризується масовим медіанним значенням діаметра частинок від 0,5 мкм до 1 мкм.

58. Аерозоль за п. 54, який відрізняється тим, що принаймні один з зазначених першого і другого матеріалів включає в себе два або більше компонентів, змішаних разом перед випаровуванням зазначеного одного з матеріалів.

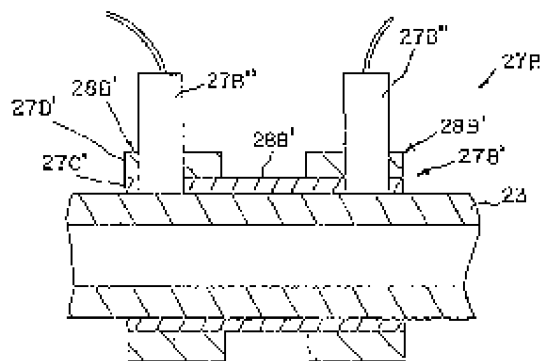
Офіційний бюлетень "Промислова власність". Книга 1 "Винаходи, корисні моделі, топографії інтегральних мікросхем", 2003, N 2, 15.02.2003. Державний департамент інтелектуальної власності Міністерства освіти і науки України.



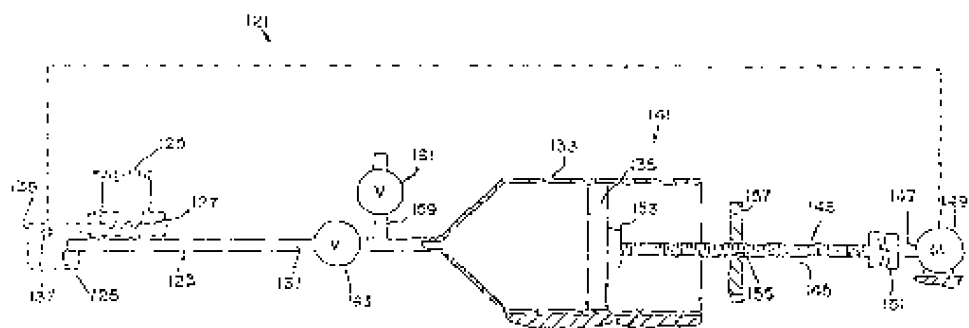
Фиг. 1



Фиг. 2A



Фиг. 2B



Фиг. 3

