



УКРАЇНА

(19) UA (11) 48644 (13) U  
(51) МПК (2009)  
B05B 17/04

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під  
відповідальність  
власника  
патенту

### (54) ГЕНЕРАТОР МОНОДИСПЕРСНИХ КРАПЕЛЬ

1

2

(21) u200910665

(22) 22.10.2009

(24) 25.03.2010

(46) 25.03.2010, Бюл.№ 6, 2010 р.

(72) КОНТУШ СЕРГІЙ МИХАЙЛОВИЧ, КАЛУГІН  
ВІТАЛІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ, ГІМП ОЛЕКСАНДР  
ВІКТОРОВИЧ, МАШНЕНКО КОСТЯНТИН ПАВЛО-  
ВИЧ, КАЛУГІН ВОЛОДИМИР ВІТАЛЬЄВИЧ

(73) ОДЕСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ ХОЛОДУ

(57) Генератор монодисперсних крапель, що мі-  
стить вібруючу голку і капіляр з рідиною і меніском  
на відкритому кінці, встановлені так, що голка мо-  
же періодично занурюватися і виходити з меніска,  
викидаючи краплю, при цьому положення меніска  
може регулюватися за допомогою посудини, спо-

лученої з іншим кінцем капіляра за принципом  
сполучених посудин, який **відрізняється** тим, що  
для безперервного вимірювання розмірів крапель,  
що утворюються, генератор монодисперсних кра-  
пель забезпечений оптичною системою, що не  
вимагає калібрування, в якій краплі в своєму русі  
перетинають плоский світловий промінь, і їх тінь  
реєструється фотоприймачем, а для стабілізації  
роботи генератора монодисперсних крапель про-  
тягом тривалого часу (близько 1 години) він забез-  
печений ланцюгом зворотного зв'язку, що спо-  
лучає оптичну систему для вимірювання розмірів  
крапель і виконавчий пристрій, регулюючий рівень  
рідини в посудині, сполученій з капіляром.

Корисна модель належить до області техніки і  
технології дисперсних систем, при використанні і  
вивченні яких важливими завданнями є пряме  
моделювання поведінки частинок різних розмірів і  
перевірка роботи вимірювальних пристроїв.

Відомі кілька способів отримання монодиспер-  
сних крапель рідини. Всі вони поділяються на дві  
групи - диспергування рідини і конденсаційні. У  
першому випадку відбувається руйнування рідини  
на окремі краплі, практично одного розміру. У дру-  
гому випадку однакові краплі утворюються при  
керованій конденсації парів даної рідини.

Найбільш відомий спосіб диспергування рі-  
дини на однакові краплі є той, при якому спочатку  
відбувається утворення тонких струменів рідини і  
потім дроблення останніх на краплі. Вперше на  
такий спосіб дроблення рідини зазначив лорд Ре-  
лей в кінці 19-го століття (Релей Дж. В. С. Теория  
звука. - М.: ГИТЛ, 1955. - 475 с). Для отримання  
однакових крапель з одного струменя рідини не-  
обхідно порушити на поверхні струменя вимушені  
коливання. частота яких повинна бути однозначно  
пов'язана зі швидкістю руху рідини. На цьому яви-  
щі базується дія багатьох струменевих принтерів.  
Основним недоліком такого способу є труднощі  
виготовлення сопел малого діаметру (для отри-  
мання крапель діаметром менше 20 мкм) для  
створення струменя рідини та підтримання їх в  
робочому стані.

Розпад струменів рідини на однакові краплі ві-  
дбувається при контролюємому стіканні плівки  
рідини з диска, що обертається з великою швидкі-  
стю (В. Ф. Дунський Н. В. Никітін. Распыление жи-  
дкости вращающимся диском и вопрос о дробле-  
нии вторичных капель Инженерно-физический  
журнал, т.9, 1965 г., с.54.). В цьому випадку плівка  
під дією відцентрової сили стікає з диска у вигляді  
безлічі тонких струменів одного і того ж діаметру.  
які мимоволі розпадаються на однакові краплі.  
Недоліком такого способу є неможливість здобу-  
ти крапель діаметром менше, ніж приблизно 50  
мкм, а також труднощі утворення однорідного по-  
току крапель.

Монодисперсні краплі можна отримати при ре-  
зонансному руйнуванні бульбашок повітря в тон-  
кому шарі рідини, обмеженому кільцевою стінкою  
(Габрусенко П. С., Контуш С. М. Способ получения  
аэрозоля. А.с. СРСР, кл. У 05 В 17/04 № 27351 К  
1968 р.). З кожної бульбашки при її руйнуванні  
утворюється кумулятивний сплеск, від кінчика яко-  
го відривається одна або 2-3 краплі. Повітря, що  
поступає через тонке сопло, утворює бульбашки  
одну за другою, що приводить до генерації моно-  
дисперсних крапель з частотою 100-300 Гц. Відпо-  
відний режим підбирається шляхом зміни товщини  
шару рідини і швидкості подачі повітря. Режим  
утворення монодисперсних крапель, на жаль, за-  
вичай пес стійким, і не основний недолік методу.

(19) UA (11) 48644 (13) U

Нарешті, найпростіше отримати монодисперсні краплі шляхом періодичного занурення в рідину тонкої голки (Dimmock N.A. Production of uniform droplets. Nature. 1950, v. 166, p. 686). В цьому випадку при виході голки з рідини між голкою і рідиною утворюється рідкий, майже циліндровий місток, відривання якого від рідини і голки приводить до виникнення краплі. Оскільки процес занурення голки в рідину повторюється знов і знов, утворюється потік монодисперсних крапель.

У всіх випадках важливою проблемою є визначення розміру виникаючих крапель. Найчіткіше це завдання вирішується в генераторах релєєвського типу, в яких точно відомі діаметр струменя рідини і частота збудження коливань. Проте значно простіше отримати потік монодисперсних крапель останнім з описаних способів, але саме в цьому випадку найважче прогнозувати розмір крапель, що утворюються.

Вимірювати розмір крапель в потоці найзручніше оптичними методами, оскільки ці методи дозволяють отримати результати вимірювань в режимі on-line. Проте більшість оптичних методів засновані на реєстрації інтенсивності світла, розсіяного частинками або краплями, і такі вимірювання не дають прямої інформації про їх розміри. Зв'язано це з тим, що розсіяння світла складним чином залежить від кута реєстрації інтенсивності розсіяного світла по відношенню до падаючого світла і від оптичних властивостей речовини крапель.

Розвиток фотоніки і електроніки дозволив для таких вимірювань використовувати так званий тінювий метод, при якому реєструється тінь частинок або крапель, що перетинають по одній промінь світла, падаючий на фотоприймач (United States Patent, No. 5426501. 20. 06. 95). У такому разі розмір частинок визначається прямим чином по частці енергії, на яку зменшується потік світла. Саме, для проведення вимірювань необхідно достатньо точно знати перетин однорідного променя світла (зазвичай плоского) і імпульсне падіння напруги на фотоприймачі при проходженні частинки через промінь світла.

Отже, такий підхід не вимагає додаткового калібрування вимірювальної системи. Із-за явищ дифракції тінювий метод неможливо використовувати для частинок з розміром близько 0,5 мкм і менше, але генератори монодисперсних крапель диспергаційного типу, як правило, не призначені для отримання таких малих крапель. Таким чином, тінювий метод можна використовувати для прямого контролю розмірів крапель, що отримуються в генераторах монодисперсних крапель.

Найбільш близьким до пропонованого пристрою є генератор монодисперсних крапель, описаний в авторському свідоцтві Контуса С. М., Колпакова А. В., і Лопагено С. В. (Імператор монодисперсних крапель. А.с. СРСР. кл. У 05 В 17/04 № 806142, 1978р.) В цьому генераторі утворення монодисперсних крапель відбувається при періодичному зануренні в меніск рідини тонкої голки, укріпленої на кінці гнучкої сталевий пластинки, що приводиться в стан вібрації під дією електромагніту. Голка коливається у вертикальній площині,

а меніск рідини розташований так, то голка занурюється в рідину досягнувши верхньої крапки н процесі коливань. Рухаючись вниз, голка витягає з рідини тонку нитку, з якої і утворюється крапля. Ці краплі під впливом голки, що коливається, летять вниз і утворюють одномірний ланцюжок. При заданих положенні меніска і амплітуді коливань голки монодисперсні краплі можуть виникати невідзначено довгий час.

Недоліком цього генератора монодисперсних крапель є неможливість безперервного контролю розмірів крапель, що утворюються. Зазвичай процедура вимірювання розмірів крапель полягає в осадженні деяких краплин на скло, покриті спеціальною масляною плівкою, і подальшого вимірювання діаметра крапель за допомогою мікроскопа. Такі вимірювання не дають можливості використовувати генератор монодисперсних крапель з вібруючою голкою для проведення оперативних вимірювань в аерозольних технологіях.

Другий недолік генератора монодисперсних крапель з вібруючою голкою - повільне зменшення розмірів крапель, що генеруються, у зв'язку з тим, що зменшується кількість рідини в системі і тому вібруюча голка занурюється в рідину на все меншу глибину, що і призводить до зменшення розмірів крапель, що утворюються.

Для усунення вказаних недоліків генератор монодисперсних крапель з вібруючою голкою повинен бути забезпечений пристроєм для безперервного контролю розмірів крапель, в якому можна використовувати оптичний тінювий метод як абсолютний метод вимірювання розмірів частинок, а також блоком зворотного зв'язку, який регулює положення меніска рідини по сигналам пристрою для вимірювання розмірів крапель.

Схема пропонованого генератора монодисперсних крапель з поточним контролем їх розмірів приведена на Фіг. Всі деталі приладу укріплені на основі 1. Диспергируєма рідина знаходиться в трубці 2, що має на одному з кінців вузьку щілину. Трубка, укріплена на стійці 3 і допомогою гнучкого шланга пов'язана з невеликою місткістю 4. Тонка голка 5 знаходиться на кінці тонкої сталевий пластини 6, яка приводиться в стан вібрації за допомогою електромагніту 7. Пластинка з голкою розташована на стійці 8 так, щоб при своїх коливаннях у вертикальній площині голка приблизно на 1 мм входила в щілину трубки.

Для вимірювання розмірів крапель, що зазвичай рухаються вниз з області поблизу щілини трубки, на шляху крапель на тій же основі 1 встановлено пристрій, що складається з лазерного випромінювача 8 і фотоприймача 9. Вони встановлені на загальній пластині 10 так, що лазерне випромінювання у вигляді плоского променя (площина променя паралельна підставці 1) потрапляє точно у фотоприймач, а краплі в своєму русі перетинають промінь.

Відстань між лазерним випромінювачем і фотоприймачем приблизно дорівнює 10 мм. Для регулювання положення пластини 10 по відношенню до траєкторії руху крапель використовується гвинтовий модуль 11. Невеликий малооборотний електромотор 12 служить для введення ексцентрика

13 в рідину, що знаходиться в посудині 4, що приводить до зміни рівня рідини в цій судині. Короткочасне включення електромотора здійснюється за допомогою блоку зворотного зв'язку 14, пов'язаного з пристроєм для вимірювання розмірів крапель.

Електронний блок 15 призначений для живлення електромагніту 7, лазера 8 і для візуалізації сигналів, що виробляються фотоприймачем 9, тобто для визначення розмірів крапель. Освітлювач 16 встановлений так, щоб його промінь діаметром 2-3 см потрапляв в зону утворення крапель.

Для приведення генератора монодисперсних крапель в дію необхідно заповнити судину 4 диспергуємою рідиною (зазвичай водою або водними розчинами) так, щоб на кінці трубки 2 утворився меніск. При цьому ексцентрик на валу електромотора 12 повинен бути в такому положенні, щоб він був мінімально занурений в рідину. Потім включають освітлювач 16 і електронний блок 15. З його допомогою встановлюють розмах коливань кінчика голки, зануреного в рідину, рівним приблизно 4-5 мм. При підсвічуванні освітлювача 16 візуально знаходять таке взаємне розташування меніска і колювальної голки (регулюючи амплітуду її коливань і рівень рідини в посудині 4 за допомогою, наприклад, шприца), що занурюється в нього, щоб безпосередньо під голкою утворився ланцюжок краплин, направлений вниз. За допомогою гвинтового модуля 11 пристрій для вимірювання розмірів крапель переміщується так, щоб на табло електронного блоку 15 чітко фіксувався розмір крапель, що генеруються. Якщо їх розмір відповідає очікуваному, включається блок зворотного зв'язку 14, що регулює рівень рідини в судині 4.

У зібраній моделі генератора монодисперсних крапель води ви користується електродітично заострена вольфрамова голка завдовжки близько 20 мм, укріплена на сталевій пластинці завдовжки близько 30 мм, що міститься горизонтально і має

власну частоту коливань, рівну 50 Гц. Під дією електромагніту сталеві пластинка коливається, так що голка періодично занурюється в меніск води на кінці тонкої трубки (капіляра), також встановленого горизонтально напроти голки і декілька вище за неї. Амплітуда коливань голки - 3-4 мм. і зміною амплітуди, разом з регулюванням рівня в судині з водою, встановлювався необхідний розмір крапель. Краплі, що утворюються, у вигляді ланцюжка рухаються вниз. Перпендикулярно до осі голки - капіляр і нижче знаходиться оптичний пристрій для вимірювання розмірів крапель. Він складається з лазерного діода з мініатюрним коліматором (довжина хвилі - 640 нм. потужність - 5 мВт) і встановленого напроти нього фото діода, безпосередньо сполученого з підсилювачем сигналів.

При прольоті крапель через лазерний промінь на фотоприймачі виникає сигнал у вигляді імпульсу, направлено униз (по осцилограмі) від основного рівня освітленості фотодіода. оскільки реєструється тінь краплі. Для регулювання рівня рідини в судині, сполучений з капіляром, використовується малооборотний електромотор Уоррена. На його вісь насаджений ексцентрик, занурений частково в рідину. При його обертанні рівень рідини в судині змінюється. Управління періодичним обертанням мотора виконується за допомогою електронного блоку, в який поступають дані від оптичного пристрою для вимірювання розмірів крапель.

Випробування роботи генератора монодисперсних крапель води показали, що він тривалий час (близько 1 години) генерує монодисперсні краплі розміром 40 мкм із зміною від цього значення в обидві сторони на величину близько 2-4 мкм. Шляхом регулювання амплітуди коливань голки і положення меніска вдається змінювати розмір крапель, що генеруються, в межах від 20 до 100 мкм.

