



УКРАЇНА

(19) UA (11) 87177 (13) C2  
(51) МПК (2009)  
B82B 3/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

**(54) СПОСІБ ОДЕРЖАННЯ НАНОЧАСТИНОК ДЛЯ МАГНІТНИХ РІДИН ЕЛЕКТРОННО-ПРОМЕНЕВИМ ВИПАРОВУВАННЯМ І КОНДЕНСАЦІЄЮ У ВАКУУМІ, СПОСІБ ОДЕРЖАННЯ МАГНІТНОЇ РІДИНИ Й МАГНІТНА РІДИНА, ЩО ОДЕРЖАНА ЦИМ СПОСОБОМ**

1

(21) a200707529

(22) 04.07.2007

(24) 25.06.2009

(46) 25.06.2009, Бюл.№ 12, 2009 р.

(72) ПАТОН БОРИС ЄВГЕНІЙОВИЧ, МОВЧАН БОРИС ОЛЕКСІЙОВИЧ, КУРАПОВ ЮРІЙ АНАТОЛІЙОВИЧ

(73) ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО "МІЖНАРОДНИЙ ЦЕНТР ЕЛЕКТРОННО-ПРОМЕНЕВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ІНСТИТУТУ ЕЛЕКТРОЗВАРЮВАННЯ ІМ. Є.О.ПАТОНА НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ"

(56) JP 63039631, 1988 SU 1616927, 1990 RU 2337110, 2006 RU 2160697, 2000 RU 2233791, 2004

(57) 1. Спосіб одержання наночастинок для магнітних рідин електронно-променевим випаровуванням і конденсацією у вакуумі, що полягає у випаровуванні твердого вихідного матеріалу й фіксації наночастинок зазначеного матеріалу при конденсації його парів на охолодженій підкладці носієм, що твердіє на зазначеній підкладці, який **відрізняється** тим, що як вихідний матеріал використовують твердий неорганічний магнітний матеріал, вибраний із групи, що включає метали, сплави і їх окисли, як фіксуючий наночастинок магнітного матеріалу носій використовують твердий, розчинний у рідині матеріал, електронно-променевим нагрівом одночасно випаровують композицію вихідного матеріалу й носія, в якій концентрація носія становить від 99 до 70 % у загальному складі композиції, пари осаджують на підкладку, температуру якої задають і підтримують при певному значенні нижче температури плавлення матеріалу носія, і одержують конденсат наночастинок магнітного матеріалу заданого розміру, зафіксованих у твердому носії, причому розмір наночастинок регулю-

2

ють заданням певної температури підкладки при осадженні парів.

2. Спосіб за п.1, який **відрізняється** тим, що як фіксуючий наночастинок магнітного матеріалу носій використовують твердий, розчинний у рідині неорганічний матеріал, вибраний із групи, що включає солі лужних, лужноземельних металів і їх суміші.

3. Спосіб за п.1, який **відрізняється** тим, що наночастинок вилучають із конденсату його розчиненням щонайменше в одній рідині й стабілізують їх поверхнево-активною речовиною, яку розчиняють у рідині.

4. Спосіб одержання магнітної рідини, що містить наночастинок магнітного матеріалу заданого розміру, який **відрізняється** тим, що магнітну рідину одержують шляхом розчинення щонайменше в одній рідині конденсату зафіксованих у твердому носії наночастинок магнітного матеріалу заданого розміру, який одержують одночасним електронно-променевим випаровуванням з наступним осадженням на підкладку, температуру якої задають і підтримують при певному значенні нижче температури плавлення матеріалу носія, композиції твердого неорганічного магнітного матеріалу, вибраного із групи, що включає метали, сплави і їх окисли, і твердого, розчинного в рідині фіксуючого наночастинок носія, вибраного із групи неорганічних матеріалів, що включає солі лужних, лужноземельних металів і їх суміші, й стабілізації наночастинок у рідині розчиненою у ній поверхнево-активною речовиною.

5. Магнітна рідина, що містить наночастинок магнітного матеріалу заданого розміру, яка **відрізняється** тим, що магнітна рідина одержана способом за п.4.

Винахід належить до області одержання магнітних рідин і синтезу нових наноматеріалів у вакуумі й може знайти застосування в машинобудуванні, медицині, а також при одержанні наночастинок металів й їхніх окислів.

Відомі способи одержання вискодисперсних порошоків шляхом вакуумної конденсації парів металів на підкладках, що нагрівають до певних температур, де умови взаємодії атомів і молекул металу з поверхнею відіграють основну роль при

(19) UA (11) 87177 (13) C2

утворенні наночастинок. Це способи фізичного осадження з парової фази (PVD).

Наприклад, способом одержання наночастинок для магнітних рідин може служити метод одержання ультрадрібних оксидних порошоків шляхом електронно-променевого випаровування вихідних речовин [J.D. Ramsay, R.G. Avery, Ultrafine oxide powder prepared by electron beam evaporation. Part 1 Evaporation and condensation processes. Journal of materials science, 9, 1974, 1681-1688]. Цей спосіб дозволяє осаджувати наночастинки на внутрішню поверхню мідної водоохолоджуваної труби з наважки вихідної речовини, яку поміщають в обертовий тигель й нагрівають електронним променем через проріз у трубі. Тиском і типом газу, який напускають у камеру, регулюють структуру одержуваних нанопорошків, які згодом зчищають з нікельованої поверхні мідної водоохолоджуваної труби. Таким способом були одержані наночастинки окислів різних металів з розміром  $\leq 10$  нм, які потім вводили у рідину - носій.

Однак при такому способі одержання наночастинок відбувається деяка агрегація їх при конденсації на підкладку, що вимагає додаткових операцій по розмелу конденсату. Крім того, виникає додаткова агрегація за рахунок магнітних сил при одержанні магнітних наночастинок. Тому магнітні наночастинки необхідно одержувати конденсацією їхніх парів безпосередньо в дисперсному середовищі з одночасною стабілізацією. Основна особливість цього процесу полягає в тому, що обидві стадії повинні бути сполучені в часі, щоб запобігти злипанню часток під дією сил притягання.

Найбільш близьким по сукупності ознак до заявленого винаходу, і обраним як найближчий аналог є спосіб одержання наночастинок для магнітних рідин, що полягає у випаровуванні твердого вихідного матеріалу й фіксації наночастинок зазначеного матеріалу при конденсації його парів на охолоджуваній підкладці носієм, який твердіє на зазначеній підкладці, розкритий у [Патенті Японії JP 63039631, Hayashi Toyoji, "Production of fine particles of organic substance"], що включає випаровування у вакуумі твердого при 20°C органічного матеріалу й осадження його на охолоджуваній відновлюваній плиті одночасно з газоподібним або рідким при 20°C носієм, який твердіє на цій охолоджуваній плиті. Потім підвищують температуру плити й одержують високодисперсний органічний матеріал, диспергований у носії, що потім витягають із носія.

Недоліком зазначеного способу одержання наночастинок є одержання немагнітних органічних наночастинок шляхом випаровування вихідної органічної речовини у вакуумі, що випаровують переважно за допомогою резистивних низькотемпературних джерел тепла, які не дозволяють випаровувати високотемпературні неорганічні магнітні матеріали. Крім того, постійне введення газоподібного або рідкого носіїв у камеру перед його отвердінням на плиті, для відновлення шару носія, погіршує вакуум, а сам процес поступового осадження органічної речовини й носія не забезпечує виключення можливої коагуляції часток органічної речовини, що може привести до значного

поширення діапазону розміру одержуваних часток. Відсутня також можливість широкого регулювання розміру наночастинок органічної речовини при осадженні їх на сильно охолоджувану плиту при постійному нанесенні й ствердженні газоподібного або рідкого носіїв.

Найбільш близьким по сукупності основних ознак до заявленого винаходу і обраним як найближчий аналог для способу одержання магнітної рідини з наночастицями заданого розміру й для магнітної рідини, одержаної даним способом, є спосіб одержання магнітної рідини й магнітна рідина, описані в публікації: [Kimoto K., Kamiya Y., Nonoyama M., Uyeda R. // An Electron Microscope Study on Fine Metal Particles Prepared by Evaporation in Argon Gas at Low Pressure. // Jpn. J. Appl. Phys., 1963, V.2, P.702-704. Nakataki I., Furubayashi T., Takanashi T., Hanaoka H. // Preparation and magnetic properties of colloidal ferromagnetic metals. // J. Mag. Mat., 1987, V.65, №283, P.261-264]. Спосіб полягає в одержанні магнітних рідин електронно-променевим випаровуванням металів і конденсацією у вакуумі в дисперсному середовищі, де об'єднали метод вакуумного випаровування металів з їхньою конденсацією в рідині. Джерело парів поміщали в центрі вакуумної камери, що становила собою обертовий горизонтальний циліндр. На дні циліндра розташовувався розчин поверхнево-активної речовини (стабілізатора) в вуглеводневій рідині з низьким тиском насичених парів. При обертанні циліндра на його стінці утворювалася тонка плівка рідини, у якій і відбувалася конденсація парів металу. Присутній у розчині стабілізатор робив поверхню часток ліофільною, що різко обмежувало їхній ріст. Насичена частками плівка рідини внаслідок обертання камери змінювалася свіжою, у результаті чого конденсація часток у рідині безупинно зростала. При швидкості обертання камери 20 об/хв й тиску в ній 0,03 Па інтенсивність випару металу досягала 0,3 г/хв. Використання даного способу одержання магнітних рідин дозволило одержати досить малі частки металів - заліза, кобальту й нікелю.

Саму магнітну рідину одержували в такий спосіб. Для виділення часток з одержаного колоїду останній піддавали відпалу в атмосфері аргону протягом 20 хвилин при температурі 270°C. Флокуловані частки відокремлювали шляхом центрифугування, а потім знову диспергували в рідині в присутності поверхнево-активної речовини. Описана процедура була громіздкою, однак вона дозволила одержати досить малі частки металів. По даним електронної мікроскопії розміри часток становили: Fe - 3,7 нм, Co - 4,8 нм, Ni - 7,5 нм. Розміри часток, одержаних іншими методами, становили 10-80 нм. Для одержання магнітних рідин з добрим показником намагніченості це мало принципове значення, тому що великі частки погано стабілізувалися в дисперсному середовищі, і не завжди вдавалося одержати магнітний колоїд необхідної якості.

Недоліком зазначеного способу одержання магнітних рідин і самої рідини одержаної цим методом є досить мала ефективність фіксації розміру

наночастинок за рахунок стабілізації їх поверхнево-активною речовиною в тонкій плівці, через відсутність конвективних потоків у рідині й ретельному обволіканні частинки поверхнево-активною речовиною, у результаті чого здійснюється громіздка процедура наступної обробки колоїду для одержання настільки дрібних часток, тому що останній піддають відпалу в атмосфері аргону, потім флокуловані частинки відокремлюють шляхом центрифугування й знову диспергують в рідині в присутності стабілізатора. Крім того, в існуючому вигляді метод малопотужний і непридатний для широкомасштабного виробництва магнітних рідин, тому що важко розмістити в горизонтальній, обертовій трубі досить велике джерело парів з електронно-променевим нагрівом, а з іншого боку значне збільшення площі поверхні розплаву може сприяти випару або твердінню тонкої плівки рідини за рахунок великого потоку променистої енергії з нагрітої поверхні розплаву.

В основу винаходу поставлене завдання створити високопродуктивний спосіб одержання наночастинок для магнітних рідин випаровуванням і конденсацією у вакуумі, який дозволяє випаровувати високотемпературні неорганічні магнітні матеріали й забезпечує можливість чіткої фіксації й регулювання розміру наночастинок при їхньому осадженні, а також одержати магнітну рідину з регульованим розміром наночастинок.

Поставлене завдання вирішене тим, що запропоновано спосіб одержання наночастинок для магнітних рідин електронно-променевим випаром і конденсацією у вакуумі, що полягає у випаровуванні твердого вихідного матеріалу й фіксації наночастинок зазначеного матеріалу при конденсації його парів на охолодженій підкладці носієм, що твердіє на зазначеній підкладці, у якому, відповідно до винаходу, як вихідний матеріал використовують твердий неорганічний магнітний матеріал, обраний із групи, що включає метали, сплави і їхні окисли, як фіксуючий наночастинок магнітного матеріалу носій використовують твердий розчинний у рідині матеріал, електронно-променевим нагрівом одночасно випаровують композицію вихідного матеріалу й носія, у якій концентрація носія становить від 99 до 70% у загальному складу композиції, пари осаджують на підкладку, температуру якої задають і підтримують при певному значенні нижче температури твердіння носія, і одержують конденсат наночастинок магнітного матеріалу заданого розміру, зафіксованих у твердому носії, причому розмір зазначених наночастинок регулюють завданням певної температури підкладки при осадженні парів.

Таке рішення дозволяє випаровувати високотемпературні неорганічні магнітні матеріали, конденсація наночастинок у твердому дисперсійному середовищі дозволяє чітко фіксувати й зберігати їхню розмірність, а зміна температури підкладки дозволяє регулювати й вибирати оптимальну розмірність одержуваних наночастинок. Крім того, збільшення обсягу матеріалів, що випаровують, потужності плавлення, площі поверхні підкладки й тривалості процесу випаровування дозволяють

значно збільшити продуктивність одержання наночастинок для виготовлення магнітних рідин.

Переважно в якості фіксуючого наночастинок магнітного матеріалу носія використовувати твердий, розчинний у рідині неорганічний матеріал, обраний із групи, що включає солі лужних, лужноземельних металів та їхні суміші.

Таке рішення дозволяє випаровувати носій одночасно з неорганічним магнітним матеріалом електронним променем і тим самим чіткіше фіксувати розмір наночастинок магнітного матеріалу, тому що конденсація їх на підкладці здійснюється одночасно. Крім того, досить високі температури плавлення цих матеріалів дозволяють нагрівати підкладку в досить широкому діапазоні температур, а отже регулювати розмір одержуваних магнітних наночастинок, що фіксуються у твердому носії. Здатність матеріалу носія розчинятися в рідині виключає необхідність сполучення стадії одержання й стабілізації наночастинок і значно спрощує процес виділення їх з носія.

Доцільно наночастинок магнітного матеріалу вилучати із зазначеного конденсату розчиненням його щонайменше в одній рідині й стабілізувати їх розчиненою в зазначеній рідині поверхнево-активною речовиною.

Таке рішення дозволяє виключити необхідність сполучення стадії одержання й стабілізації наночастинок і значно спрощує процес виділення їх з носія, тому що стабілізовані у твердому носії наночастинок можуть як завгодно довго зберігатися без порушення їхньої розмірності, а процес стабілізації здійснюється на кінцевій стадії при розчиненні конденсату й готуванні магнітної рідини.

В основу винаходу також поставлене завдання створити спосіб одержання магнітної рідини, що містить наночастинок магнітного матеріалу заданого розміру, який, за рахунок використання заданості розчинення твердого носія, забезпечував би збереження розміру одержуваних наночастинок при їхній стабілізації поверхнево-активною речовиною на останній стадії вилучення їх із твердого носія.

Поставлене завдання вирішене тим, що запропоновано спосіб одержання магнітної рідини, що містить наночастинок магнітного матеріалу заданого розміру, у якому, відповідно до винаходу, її одержують шляхом розчинення щонайменше в одній рідині конденсату зафіксованих у твердому носії наночастинок магнітного матеріалу заданого розміру, який одержують одночасним електронно-променевим випаровуванням з наступним осадженням на підкладку, температуру якої задають і підтримують при певному значенні нижче температури затвердіння носія, композиції твердого неорганічного магнітного матеріалу, обраного із групи, що включає метали, сплави й їхні окисли, і твердого розчинного в рідині фіксуючого наночастинок носія, обраного з групи неорганічних матеріалів, що включає солі лужних, лужноземельних металів і їхньої суміші й стабілізації наночастинок у зазначеній рідині розчиненою у ній поверхнево-активною речовиною.

Таке рішення, завдяки розчиненню твердого носія, у якому розмір одержуваних наночастинок фіксований одночасною конденсацією композиції при певній температурі підкладки, у рідині з розчищеною в ній стабілізуючою наночастинок поверхнево-активною речовиною, забезпечує одержання магнітної рідини з фіксованим розміром наночастинок, який можна регулювати в широкому діапазоні.

Нарешті, в основу винаходу поставлене завдання запропонувати магнітну рідину, що містить наночастинок магнітного матеріалу заданого розміру, у якій, завдяки жорсткій фіксації розміру одержуваних наночастинок досягається недоступна для попереднього рівня техніки можливість одержання дрібних наночастинок без коагуляції їх на стадії одержання й наступного зберігання.

Поставлене завдання вирішене тим, що запропоновано магнітну рідину, що містить наночастинок магнітного матеріалу заданого розміру, яка, відповідно до винаходу, одержана вищеписаним способом.

Таке рішення забезпечує одержання магнітної рідини із чітко фіксованим і заданим розміром наночастинок.

Технічна сутність заявленого винаходу пояснюється нижче докладним описом і конкретними прикладами з посиланнями на додані креслення/малюнки, на яких:

Фіг.1 ілюструє схему електронно-променевої установки для реалізації способу одержання наночастинок для магнітної рідини.

Фіг.2 характеризує розмір наночастинок, одержаних при температурі підкладки 30°C, і тип сполуки, з якої складаються наночастинок.

Фіг.3 характеризує розмір наночастинок, одержаних при температурі підкладки 210°C, і тип сполуки, з якої складаються наночастинок.

Спосіб одержання наночастинок для магнітної рідини здійснюють в електронно-променевої установці. В одному циліндричному водоохолоджуваному тиглі 1 (Фіг.1) розташовують пресований стрижень 2 неорганічного магнітного матеріалу, а в другому, поруч розташованому тиглі 3, відповідно, стрижень 4 твердого розчинного в рідині матеріалу носія. У камері створюють вакуум порядку  $10^{-2}$  Па. Поверхню обох стрижнів нагрівають електронно-променевими пушками 5 й 6 до розплавлювання, у результаті чого формується змішаний паровий потік 7 магнітного матеріалу й носія, який конденсують на водоохолоджувану підкладку 8, температуру якої підтримують при заданій величині нижче температури плавлення матеріалу носія. Після певного часу роботи живлення електронно-променевих гармат 5 й 6 відключають і процес випаровування й конденсації завершують. У результаті на підкладці одержують конденсат композиції: магнітні наночастинок заданого розміру, зафіксовані у твердому носії. Цей конденсат може зберігатися довгий час без коагуляції наночастинок.

Спосіб одержання магнітної рідини полягає в наступному.

Одержаний на підкладці конденсат розчиняють у первинній рідині з використанням ультразвуку-

кової обробки. Через певний час розчин з наночастинками зливають, залишаючи осад з великими частками, що випадково потрапили. Вказаний розчин з наночастинками обробляють поверхнево-активною речовиною розчиненням останньої у вихідній рідині, або в іншій рідині при заміні несучої основи магнітної рідини. При необхідності магнітну рідину в процесі готування піддають центрифугуванню для відділення й збільшення виходу певної фракції.

Приклад 1

Спосіб одержання наночастинок для магнітної рідини здійснювали на лабораторно-промисловій установці УЭ-193. В один циліндричний водоохолоджуваний тигель 1 (Фіг.1) із внутрішнім діаметром 50мм поміщали пресований стрижень  $Fe_3O_4$  2 діаметром 48,5мм і висотою 110мм, а в другий, поруч розташований тигель 3, відповідно, NaCl 4. У камері створювали вакуум  $1,33-2,6 \times 10^{-2}$  Па. Поверхню обох стрижнів нагрівали електронно-променевими пушками 5 й 6 до розплавлювання, у результаті чого був сформований змішаний паровий потік 7  $Fe_3O_4$  й NaCl, який конденсували на водоохолоджувану підкладку 8 з температурою 30°C. Після 30 хвилин роботи живлення електронно-променевих гармат 5 й 6 відключали й процес завершували. Швидкість випаровування  $Fe_3O_4$  становила 0,40г/хв, швидкість випаровування NaCl була в чотири рази більше. У результаті був одержаний конденсат композиції наночастинок  $Fe_3O_4$  в NaCl.

Спосіб одержання магнітної рідини здійснили з використанням одержаного конденсату. Конденсат з підкладки розчиняли в іонізованій воді з використанням ультразвукової обробки протягом 1 години. Через 10хв. відстоювання розчин з наночастинками злили, залишаючи осад з великими частками, що випадково потрапили. Вказаний розчин з наночастинками обробляли поверхнево-активною речовиною, яку розчинили в даному розчині, щоб одержати готову магнітну рідину з заданим фіксованим розміром наночастинок.

Саму магнітну рідину, що була одержана вказаним способом, досліджували на предмет визначення розміру наночастинок й типу сполуки, з якої складаються наночастинок. Краплю розчину з наночастинками висушували й осад вивчали за допомогою електронної мікроскопії. Розмір часток становив 3-4нм, сполука, з якої складаються наночастинок -  $Fe_3O_4$  (Фіг.2).

Приклад 2

Спосіб одержання наночастинок для магнітної рідини здійснювали на лабораторно-промисловій установці УЭ-193. В один циліндричний водоохолоджуваний тигель 1 (Фіг.1) із внутрішнім діаметром 50мм поміщали пресований стрижень  $Fe_3O_4$  2 діаметром 48,5мм і висотою 110мм, а в другий, поруч розташований тигель 3, відповідно, KCl 4. У камері був створений вакуум  $1,33-2,6 \times 10^{-2}$  Па. Поверхню обох стрижнів нагрівали електронно-променевими пушками 5 й 6 до розплавлювання, у результаті чого був сформований змішаний паровий потік 7  $Fe_3O_4$  й KCl, який конденсували на водоохолоджувану підкладку 8 з температурою 210°C. Після 30 хвилин роботи живлення електро-

но-променевих гармат 5 й 6 відключали й процес завершували. Швидкість випаровування  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  становила 0,45г/хв, швидкість випаровування  $\text{KCl}$  була в чотири з половиною рази більше. У результаті одержували конденсат композиції наночастинок  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  в  $\text{KCl}$ .

Спосіб одержання магнітної рідини здійснили з використанням одержаного конденсату. Конденсат з підкладки розчиняли в іонізованій воді з використанням ультразвукової обробки протягом 1,5 години. Через 12хв. відстоювання розчин з наночастинками злили, залишаючи осад з великими частками, що випадково потрапили. Вказаний розчин з наночастинками обробили поверхнево-

активною речовиною, яку розчинили у даному розчині, щоб одержати готову магнітну рідину з заданим фіксованим розміром наночастинок.

Саму магнітну рідину, що була одержана вказаним способом, досліджували на предмет визначення розміру наночастинок й типу сполуки, з якої складаються наночастилки. Краплю розчину з наночастицями висушували й осад вивчали за допомогою електронної мікроскопії. Розмір часток становив 10-14нм, з якої складаються наночастилки -  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  (Фіг.3).

Результати інших прикладів одержання наночастинок  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  різних розмірів наведені в таблиці.

Таблиця

Приклад	Випарюван. речовина	Швидкість випару г/хв	Час випару хв	Дисперсійне середовище	Температура підкладки °С	Серед, розм. наночастинок, нм
3	$\text{Fe}_3\text{O}_4$	0,38	30	$\text{NaCl}$	82	5-7
4	$\text{Fe}_3\text{O}_4$	0,41	30	$\text{NaCl}$	160	9-12
5	$\text{Fe}_3\text{O}_4$	0,40	30	$\text{NaCl}$	230	11-16
6	$\text{Fe}_3\text{O}_4$	0,37	30	$\text{KCl}$	33	3-4
7	$\text{Fe}_3\text{O}_4$	0,42	30	$\text{KCl}$	75	4-7
8	$\text{Fe}_3\text{O}_4$	0,39	30	$\text{KCl}$	155	8-12
9	$\text{Fe}_3\text{O}_4$	0,41	30	$\text{KCl}$	220	11-15

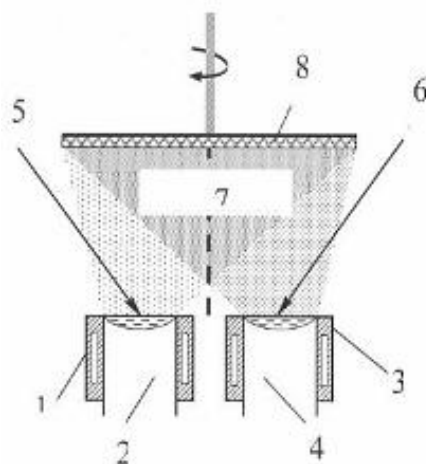
З таблиці видно, що конденсація наночастинок у твердому дисперсійному середовищі дозволяє чітко фіксувати й зберігати їхню розмірність. У той же час зміна температури підкладки дозволяє регулювати й вибирати оптимальний розмір одержуваних наночастинок. Збільшення діаметра плавильних тиглів, потужності плавлення, площі поверхні підкладки й тривалості процесу випару дозволяють значно збільшити продуктивність одержання наночастинок для виготовлення магнітних рідин.

#### Промислова застосовність

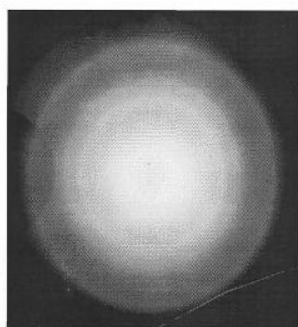
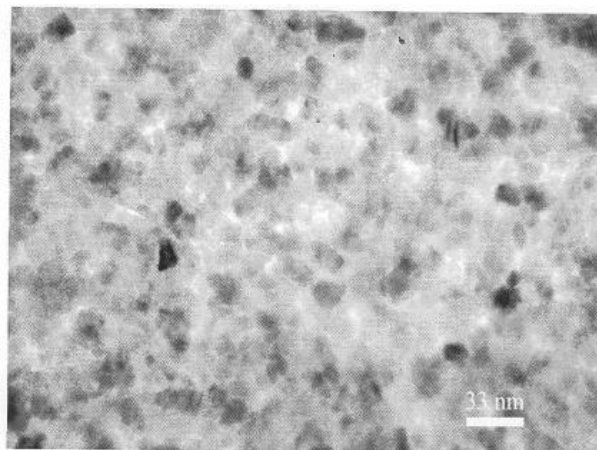
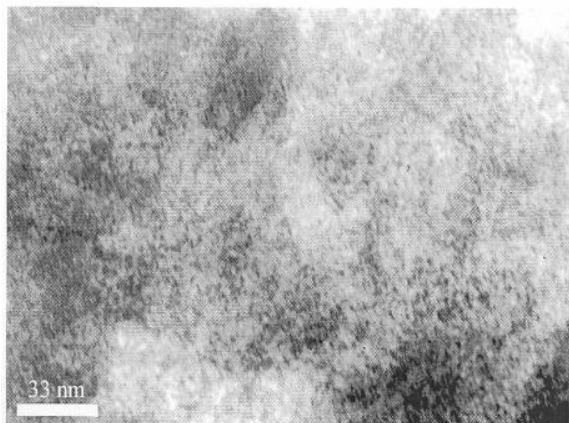
Заявлений спосіб одержання наночастинок для магнітних рідин електронно-променевим випаром і конденсацією у вакуумі дозволяє здійснити його технічно простими прийомами на існуючому

обладнанні для електронно-променевого випару металів і сплавів і не вимагає додатково особливо дорогих пристосувань. У той же час заявлений спосіб одержання магнітних рідин електронно-променевим випаром і конденсацією у вакуумі й самій магнітній рідині, одержаній цим способом можуть забезпечити потреби медичної промисловості України в магнітних рідинах для лікарських препаратів, а також потреби машинобудування в одержанні технічних рідких магнітних середовищ.

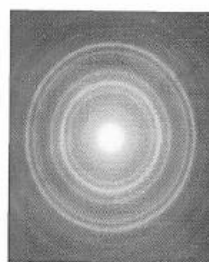
Крім того, використання запропонованого способу одержання наночастинок для магнітних рідин електронно-променевим випаром і конденсацією у вакуумі дозволяє істотно спростити процеси зберігання, транспортування й готування розчинів без порушення розмірності наночастинок у часі.



Фіг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3