



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **97278** (13) **C2**  
(51) **МПК (2011.01)**  
**G21F 9/00**

## ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

### (54) СПОСІБ ЗМЕНШЕННЯ ІНТЕНСИВНОСТІ ВИПРОМІНЮВАННЯ РАДІОАКТИВНОГО МАТЕРІАЛУ ТА ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЙОГО ЗДІЙСНЕННЯ

1

(21) a201000119  
(22) 11.01.2010  
(24) 25.01.2012  
(46) 25.01.2012, Бюл. № 2, 2012 р.  
(72) КРАСНІКОВ ІГОР ІВАНОВИЧ, АЛЕКСАНДР КОЗЛОВ, УС  
(73) КРАСНІКОВ ІГОР ІВАНОВИЧ  
(56) UA 87427 C2, 10.07.2009.  
UA 83129 C2, 10.06.2008.  
UA 20031110585, 15.06.2005.  
US 20040238366 A1, 02.12. 2004.  
US 20050145031 A1, 07.07. 2005.  
(57) 1. Спосіб зменшення інтенсивності випромінювання радіоактивного матеріалу, який передбачає вплив на нього випромінюванням феримагнетика, що перебуває в стані резонансу його доменів під впливом збуджуючої дії електромагнітного поля, який **відрізняється** тим, що вплив здійснюють до досягнення стану магнітної компенсації доменів, після чого на феримагнетик збурно діють поперемінно перемикальним електромагнітним по-

2

лем із частотами, які відповідають резонансам магнітних підрешіток.  
2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що як феримагнетик використовують феритові стрижні зі структурою шпінелі.  
3. Спосіб за пп. 1, 2, який **відрізняється** тим, що для збудження електромагнітним полем феритові стрижні поміщають між коаксіально розташованими циліндричними електродами, підключеними до генераторів електромагнітних коливань.  
4. Пристрій для змінювання інтенсивності випромінювання радіоактивного матеріалу, що включає підключений до генератора електромагнітних коливань конденсатор з розміщеними у міжелектродному просторі стрижнями з феримагнетика, який **відрізняється** тим, що конденсатор виконаний у вигляді коаксіально розташованих циліндричних електродів, між якими розташовані стрижні феримагнетика, а пристрій містить принаймні два додаткові генератори електромагнітних коливань, підключені до конденсатора через комутатор.

Винахід належить до галузі прикладної фізики і спрямований на досягнення здатності змінювання рівня інтенсивності випромінювання радіоактивних матеріалів, а також нейтралізації радіоактивності.

Однією з найважливіших загальносвітових екологічних проблем для сучасної цивілізації є проблема утилізації радіоактивних відходів, швидкість накопичення яких збільшується з кожним роком як за рахунок введення все нових реакторів атомних електростанцій у все зростаючому числі країн, так і у зв'язку з розповсюдженням методів радіаційних технологій в різних галузях діяльності (промисловість, медицина тощо).

В даний час не існує індустріальної технології нейтралізації радіоактивності, яка б задовольнила нагальні потреби атомної промисловості в утилізації радіоактивних відходів. Проте існує ціла низка патентів, як українських, так і закордонних, автори яких пропонують різні методи впливу на стан радіоактивної речовини з метою її нейтралізації.

Так, в одній, з близьких до пропонованого технічного рішення за підходом (застосування радіофізичних методів впливу), заявці на патент США [1] пропонується впливати безпосередньо на атомні структури, маніпулюючи усіма сегментами частотного спектра, щоб, визначивши електромагнітний, електростатичний, радіоактивний стан, атомну вагу, стан електронних оболонок атомів та ін., на основі отриманих даних сприяти прискоренню змін в атомних структурах радіоактивного матеріалу шляхом використання електромагнітно-хвильових резонансно-частотних ефектів. Головна ідея методу полягає в наявності, з точки зору автора, ключової, головної, активної, природної частоти у будь-якої речовини, яка, можливо, підсилиться при використанні електромагнітно-хвильового резонансу, що й каталізує модифікацію його молекулярної або атомної структури.

Для реалізації запропонованого способу пропонується апаратний комплекс, що складається з цілого ряду приладів і пристроїв: камери для

(13) **C2**

(11) **97278**

(19) **UA**

аналізу речовини у вигляді продовгуватого ящика, де розміщується змінний позиціонований зразок, з численними, механічно укріпленими всередині камери, спеціальними частотними широкосмуговими передавальними і приймальними перетворювачами з додатковими міжкаскадними широкосмуговими частотними перетворювачами, встановленими навколо передавальних перетворювачів, які призначені для визначення частот хвиль, що відбиваються від зразка, що досліджується. Згадана змінна камера для аналізу речовини має являти собою контейнер із зовнішніми сталевими стінками та ідеально частотно-нейтральним внутрішнім середовищем за рахунок покриття стінок матеріалом, що поглинає звук та світло, та повинна мати різну форму: фіксатора, чашки, трубки, закритої посудини - для можливості розміщення зразків у вигляді твердого тіла, рідини або газу. Ця камера для аналізу речовини також повинна бути обладнана пристроєм, який дозволяє використання електронно-тунельного мікроскопа або подібного інструменту аналізу, що дає можливість спостерігати у реальному часі за ефектами, які відбуваються у зразках, що досліджуються. Широкосмуговий генератор, розташований ззовні камери для аналізу речовини, електрично з'єднаний з широкосмуговими передавальними перетворювачами, здатний генерувати електромагнітні коливання з частотами від постійного струму до гігагерц у вигляді як моночастот, так і численних широкосмугових частотних хвиль, в комбінаціях з однією або з численними гармоніками, з регульованою амплітудою. Згадані приймальні перетворювачі разом з додатковими міжкаскадними широкосмуговими частотними перетворювачами розташовані так, щоб бути здатними приймати будь-які частоти хвиль, що проходять наскрізь або відбиваються від будь-якого зразка. Аналізатор спектра, електрично з'єднаний з широкосмуговими приймальними перетворювачами, а також комп'ютерна обчислювальна система, електрично з'єднана з аналізатором спектра, виконують аналого-цифрове перетворення, а також амплітудно-частотний аналіз випромінених частотних хвиль, хвиль, що проходять крізь зразок, і тих, що відбиваються від нього. Комп'ютерна обчислювальна система електрично з'єднана з генератором і може реєструвати в реальному часі, завдяки наявному апаратному та програмному забезпеченню, у закодованому вигляді будь-які первинні та модифіковані частоти та амплітуди хвиль як від генератора, так і від приймальних перетворювачів. Комбінація з аналізатора спектра і комп'ютерної обчислювальної системи створена для визначення кількості поглинутих, відбитих і переданих моночастотних або багаточастотних хвиль, як у камері для аналізу речовини, так і поза нею, створених генератором і прийнятих приймальними перетворювачами. Оскільки вихідні дані широкосмугового генератора, відомі завдяки наявності приймальної системи, частоти, поглинуті зразком можуть бути розраховані програмою обчислювальної системи, потім додані разом з відбитими та переданими частотами в усьому спектрі та відраховані від загального широкосмугового спектра частот, що був

використаний. Дані для зворотного зв'язку формуються спеціальним приладом тільки за рахунок частот поглинутих хвиль, що визначені і класифіковані обчислювальною системою як результат змін у сукупності переданих і відбитих частотних хвиль. Згаданий прилад даних зворотного зв'язку сконфігурований як підпрограма бази даних "активних природних резонансних частот", яка може бути створена для будь-якого зразка. Активний природний частотно-резонансний характер атомної та молекулярної структури зразка далі може бути обчислений шляхом співставлення кінцевих результатів, визначених обчислювальною системою, з даними його атомної і молекулярної ідентифікації, що зберігаються у базі даних, де відображаються зміни магнітної поляризації, число протонів, нейтронів, електронів, зміни випромінювання і усі зміни його спектрального аналізу. Вплив на речовину обчисленою сукупністю частот, що є, на думку автора технічного рішення, активним природним частотно-резонансним спектром конкретної речовини, і є тим методом, який повинен змінити її стан.

Недоліками способу згідно з патентною заявою, окрім громіздкості й потреби в значній кількості різної спеціальної апаратури, є також необхідність попереднього детального вивчення характеристик речовини для формування вихідної бази даних. Але головним недоліком, що значно обмежує можливості використання даного методу для цілей нейтралізації радіоактивності речовини, є наявність і обмеження самої специфічної камери для аналізу речовини, що не дозволяє розглядати цей спосіб, як потенційно придатний для промислового використання.

Іншим способом змінювання інтенсивності випромінювання радіоактивного матеріалу, що може розглядатися і як прототип до винаходу, є метод, запропонований у патентній заявці США [2]; або у її аналогу - патенті України [3], який базується, згідно з термінологією автора, на явищі збудження "потоків структуризації і деструктуризації" у речовині, що знаходиться у стані "протонного ядерного магнітного резонансу", який, начебто, є джерелом "потоків простору-часу". Спосіб передбачає вплив на нього випромінювання феримагнетика, що перебуває в стані резонансу його доменів під впливом збуджуючої дії електромагнітного поля. Для дезактивації радіоактивних відходів "у внутрішній порожнині енергетичного концентратора розміщують контейнер з високорадіоактивним ізотопом, встановлюють частоту підключеного до енергетичного концентратора регульованого генератора електромагнітних коливань, яка дорівнює частоті структуризації, знижують інтенсивність альфа-, бета-, гамма-випромінювання до заданої межі, що відповідає трирічній витримці, контролюючи цей процес засобами випромінювання активності радіоактивних ізотопів, після чого контейнер виймають із внутрішньої порожнини енергетичного концентратора, видаляють із контейнера дезактивований до заданої межі низько радіоактивний ізотоп і поділяють його на частини (ця операція необхідна для того, щоб виключити можливість утворення критичної маси, при якій може виникну-

ти ланцюгова ядерна реакція у випадку наступного зниження активності відходів до фону навколишнього середовища на частоті деструктуризації, які по чергово завантажують в контейнер, який повторно розміщують у внутрішній порожнині енергетичного концентратора, встановлюють частоту підключеного до енергетичного концентратора регульованого генератора електромагнітних коливань, яка дорівнює частоті деструктуризації, знижують інтенсивність альфа-, бета-, гамма-випромінювання до значення фону навколишнього середовища, контролюючи цей процес засобами вимірювання активності радіоактивних ізотопів, і контейнер виймають із внутрішньої порожнини енергетичного концентратора.

Недоліком способу згідно з прототипом є незначна ефективність змінювання інтенсивності випромінювання, що є наслідком незначеності суті фізичних явищ, які, на думку авторів, використовуються для впливу на стан речовини ("потоки структуризації і деструктуризації", "потоки простору-часу"), що не дозволяє оцінити ймовірність і приблизний механізм впливу декларованих ефектів на стан радіоактивної речовини, а також двоступінчастий процес обробки речовини.

Задачею, поставленою в основу запропонованого винаходу, є підвищення ефективності процесу зменшення випромінювання радіоактивних матеріалів. У запропонованому технічному рішенні для зниження активності радіоактивної речовини пропонується здійснювати вплив на радіоактивну речовину таким радіофізичним ефектом, як "комбінований феромагнітний резонанс" у феримагнетик, який створюється поєднанням режимів "природного феромагнітного резонансу" (резонансу доменних стінок) і феромагнітного резонансу в підрешітках двоїдрешіткового феримагнетика (антиферомагнетика) при роботі поблизу точки магнітної компенсації.

Задача, що поставлена, вирішується тим, що у способі зменшення інтенсивності випромінювання радіоактивного матеріалу, який передбачає вплив на нього випромінювання феримагнетика, що перебуває в стані резонансу його доменів під впливом збуджуючої дії електромагнітного поля, відповідно до запропонованого технічного рішення вплив здійснюють до досягнення стану магнітної компенсації доменів, після чого на феримагнетик збурно діють поперемінно перемикальним електромагнітним полем із частотами, які відповідають резонансам магнітних підрешіток. Задача вирішується також і тим, що як феримагнетик використовують феритові стрижні зі структурою шпінелі, а для збудження електромагнітним полем феритові стрижні поміщають між коаксіально розташованими циліндричними електродами, підключеними до генераторів електромагнітних коливань.

Результатом впливу нового радіофізичного ефекту - "реверсивного переходу точки магнітної компенсації при комбінованому феромагнітному резонансі" на радіоактивну речовину є трансформація первісної структури міжатомних зв'язків, яка обумовлює стан радіоактивності, що й призводить, в кінцевому підсумку, до її нейтралізації. Вплив на радіоактивну речовину здійснюється у визначені

періоди, зумовлені конкретними фазами активності речовини.

Запропонований спосіб відрізняється від прототипу тим, що, на відміну від гіпотетичних "потоків структуризації і деструктуризації", джерелом яких начебто є "потоки простору-часу", для впливу на радіоактивну речовину використовується такий добре відомий радіофізичний ефект, як феромагнітний резонанс у феримагнетик. Крім того, для створення потрібного ефекту впливу на радіоактивну речовину у даному методі використовуються одночасно три частоти електромагнітних коливань визначеної потужності, замість однієї, як у прототипі, що зумовлено конкретним радіофізичним ефектом. Характер магнітного впорядкування у феримагнетиках зі структурою шпінелі визначається тим, що найбільш сильною непрямою обмінною взаємодією є взаємодія поміж іонами, що знаходяться у октаедричних і тетраедричних вузлах. Для таких пар іонів довжина відрізків, що з'єднують їхні центри з центром іона кисню, є найменшими, а кути, утворені цими відрізками, близькі до  $180^\circ$ , що сприятливо для непрямого обміну. Обмінна взаємодія у цьому випадку є антиферомагнітною, і моменти іонів в тетра- та окта-вузлах орієнтуються антипаралельно один до одного, створюючи дві антипаралельні магнітні підрешітки.

Неідентичність підрешіток феримагнетика зумовлює відмінні від нуля підсумкові механічний та магнітний моменти. Однак, при деяких умовах (визначених температурах, визначених складах феритів або інших специфічних умовах) вони можуть перетворюватись на нуль. Такі температури або склади називаються точками компенсації. У цих точках феримагнетик наближається за своїми властивостями до антиферомагнетика, однак підрешітки феримагнетика і у точках компенсації залишаються неідентичними. Відмінність g-факторів підрешіток призводить до того, що точки компенсації магнітного моменту  $M = \sum M_j$  та механічного моменту  $J = \sum M_j / \gamma_j$  не співпадають одна з однією. Їх називають, відповідно, точками магнітної та механічної компенсації.

Континуальна теорія антиферомагнетиків і, взагалі, магнітних систем з кількома підрешітками дає вираження для ефективних магнітних полів, що діють на кожну підрешітку [4], [5]:

$$H_{\text{eff } j} = -\frac{\partial U}{\partial M_j} + \sum_{p=1}^3 \frac{\partial}{\partial x^p} \left[ \frac{\partial U}{\partial (\partial M_j / \partial x^p)} \right],$$

де  $j$  - число підрешіток.

Якщо при вивченні двоїдрешіткового феримагнетика знехтувати кристалографічною анізотропією та впливом форми зразка, то для щільності магнітної енергії  $U$ , та для ефективних полів  $H_{\text{eff}}$  будуть справедливі вирази:

$$U = H_0(M_1 + M_2) - \frac{1}{2} \Lambda_{11} M_1^2 - \frac{1}{2} \Lambda_{22} M_2^2 - \Lambda_{12} M_1 M_2,$$

$$H_{\text{eff } 1} = H_0 + \Lambda_{11} M_1 + \Lambda_{12} M_2, \quad H_{\text{eff } 2} = H_0 + \Lambda_{22} M_2 + \Lambda_{12} M_1,$$

де  $\Lambda_{jj'}$  - константи, що характеризують обмінну взаємодію між спінами  $j$ -й і  $j'$ - підрешіток.

У загальному випадку рівновагові вектори намагніченості  $M_{10}$  та  $M_{20}$  будуть спрямовані у протилежні сторони з кутами  $\theta_1$  і  $\theta_2$ , утвореними між ними та напрямком зовнішнього магнітного поля  $H_0$ . Рішення існує при  $H_1 \leq H_0 \leq H_2$ , де

$H_1 = \Lambda (M_{10} - M_{20})$ , а  $H_2 = \Lambda (M_{10} + M_{20})$ , і відповідає у всьому інтервалі полів мінімальній енергії.

Для інтервалу  $0 \leq H_0 \leq H_1$  мінімальна енергія буде при  $\theta_1 = 0$  і  $\theta_2 = \pi$ , а для  $H_0 \geq H_2$  - при  $\theta_1 = \theta_2 = 0$ .

Таким чином, залежно від величини постійного поля  $H_0$ , реалізуються три рівновагові конфігурації:

- 1) антипаралельна при  $0 \leq H_0 \leq H_1$ ,
- 2) неколінеарна при  $H_1 \leq H_0 \leq H_2$ ,
- 3) паралельна («закрита») при  $H_0 \geq H_2$ .

При цьому, на відміну від антиферомагнетика, різкого «перекидання» підрешіток тут не відбувається, а відхилення від антипаралельності починається повільно при «першому обмінному полі»  $H_1$ . У звичайних феритах  $H_1 \approx 10^5$  е. Вектор постійної намагніченості  $M_z = M_{10} + M_{20}$  завжди спрямований паралельно  $H_0$ ; у антипаралельному і «закритому» стані  $M_z$  не залежить від  $H_0$ , а в неколінеарному стані  $M_z = 1/\Lambda \cdot H_0$ . Прийняття до уваги кристалографічної анізотропії і полів розмагнічування, обумовлених формою зразка, значно змінює основний стан при невеликих полях, які менші або близькі до величини полів анізотропії і полів розмагнічування (тобто, значно менших, ніж перше обмінне поле). Буде виникати доменна структура, напрямки векторів  $M_{10}$  і  $M_{20}$  якої будуть відрізнятися від напрямку  $H_0$ , що не спостерігається при роботі у сильних полях, де вплив анізотропії і форми на основні стани незначний. Теоретичний розгляд коливань у феримагнетикі (феримагнітного резонансу) в антипаралельному основному стані дає рівняння для двох частот  $(\omega + i \omega_-)$ .

Рішення цього рівняння має дві різні гілки на графіку залежності особистих частот однорідних коливань двоідрешткового феримагнетика від величини прикладеного зовнішнього магнітного поля  $H_0$ , що відповідає двом різним типам коливань  $(\omega + i \omega_-)$ , тобто типам руху з правою та лівою поляризацією. При цьому, частота  $\omega_+$  дорівнює нулю при  $H_0 = 0$  і зростає з ростом поля (при малих полях - приблизно пропорційно йому; коефіцієнт пропорційності - ефективний g-фактор, залежить від  $\gamma_1$  і  $\gamma_2$ ). Частота  $\omega_-$ , при  $H_0 = 0$  має більшу величину - порядку  $\gamma H_1$  та зменшується з ростом поля, перетворюючись на нуль при  $H_0 = H_1$ .

Введення до розгляду таких факторів, як поля розмагнічування (кристалографічної анізотропії і розмагнічувальних факторів форми), значно ускладнюють вирази як для ефективних полів, так і для резонансних частот, які у самому простому випадку, наприклад, малого феримагнітного еліпсоїда, приймають вираз:

$$H_{\text{eff}12} = H_0 + \Lambda M_{2,1} + K_{1,2} / M_{1,20}^2 (M_{1,20} z_0)^{\leftrightarrow} - N \left( \begin{matrix} M_1 + M_2 \\ \leftrightarrow \end{matrix} \right),$$

де  $K_{1,2}$  - перші константи анізотропії двох підрешіток, а  $N$  - тензор розмагнічувальних факторів форми.

В запропонованому у винаході прикладі реалізації способу у вигляді конденсатора, утвореного коаксіально розташованими циліндричними електродами, вектор магнітної компоненти електромагнітного поля, що збуджується у конденсаторі при роботі генератора, спрямований вздовж електродів конденсатора. Тому застосування форми стрижня для феритових елементів, яка, як звісно, має нульовий розмагнічувальний фактор вздовж основної осі ( $N_z = 0$ ), дозволяє феримагнітному елементу легко насичуватися під впливом цієї компоненти, що сприяє максимально ефективній взаємодії з електромагнітним полем. З іншого боку, як це витікає з вивчення останнього виразу, рівність поперечних факторів форми у стрижня ( $N_x = N_y = 1/2$ ), практично виключає вплив цього фактора на значення ефективних полів і резонансних частот [5].

При наближенні до точки магнітної компенсації частоти двох типів коливань (для двоідрешткового феримагнетика) зближуються і обидві залежать від константи обмінної взаємодії.

Використання резонансних частот  $(\omega + i \omega_-)$ , призводить до поглинання електромагнітної енергії в кожній з підрешіток (феромагнітний резонанс у підрешітці), що змінює величину ефективного поля ( $H_{\text{eff}1,2}$ ) кожної підрешітки. Але це може відбутися лише за умови виключення з дії такого механізму, як спін-решіткова релаксація, завдяки якій надлишок енергії, поглинутої у підрешітці, обов'язково буде переданий кристалічній решітці феримагнетика, і в такому разі ніяких змін у величинах ефективних полів підрешіток не відбудеться. Застосування одночасно з використанням двох резонансних частот  $(\omega + i \omega_-)$ , ще й третьої - частоти "природного феромагнітного резонансу" (резонансу доменних стінок) призводить до неможливості передачі електромагнітної енергії від підрешіток до кристалічної решітки феримагнетика і, таким чином, робить можливим такий новий радіофізичний ефект, як "комбінований феромагнітний резонанс" у феримагнетикі.

Сформований новий радіофізичний ефект створює можливість для здійснення "реверсивного переходу точки магнітної компенсації" у феримагнетикі, а цей перехід має властивість змінювати стан міжатомних зв'язків радіоактивної речовини за рахунок трансформації їх первісної структури, яка є відповідальною за реальний рівень радіоактивності, що й призводить, в кінцевому підсумку, до її нейтралізації.

Отже, новий радіофізичний ефект - "реверсивний перехід точки магнітної компенсації" у феримагнетикі при "комбінованому феромагнітному резонансі" є інструментом впливу на стан радіоактивності речовини, а запропонований принцип його реалізації являє собою спосіб зменшення інтенсивності випромінювання радіоактивної речовини та нейтралізації радіоактивності.

З рівня техніки [3] відомий також пристрій для зменшення інтенсивності випромінювання радіоактивного матеріалу, який включає підключений до

генератора електромагнітних коливань конденсатор з розміщеними у міжелектродному просторі стрижнями з феримагнетика або іншого струмоне-провідного матеріалу з чітко вираженими властивостями «ядерного магнітного резонансу». Пристрій складається із розташованих один за одним першого, другого і третього конденсаторів конусо-подібного типу, перший і другий конденсатори мають першу обкладинку, що являє собою зовнішню металеву зрізану конічну поверхню, до внутрішнього боку якої примикають в стик один до одного по довжині геометричні тіла призматичного вигляду, які виконані із матеріалу з чітко вираженими властивостями протонного ядерного магнітного резонансу із непаралельними основами, які є різними по площі рівнобедреними трикутниками, причому грані геометричних тіл, що утворені основами трикутників і ребрами геометричних тіл призматичного вигляду, прилягають до внутрішнього боку зовнішньої металеві зрізаної поверхні, до граней геометричних тіл призматичного вигляду, утворених боковими сторонами трикутників і ребрами геометричних тіл, прилягає друга обкладинка першого і другого конденсаторів у вигляді металевих пластин, що розміщені вздовж довжини граней і електрично з'єднані між собою, при цьому третій конденсатор, який розміщений в конічній порожнині, утвореній зрізом другого конденсатора, містить першу обкладинку, виконану у вигляді круглої металеві пластини, електрично з'єднаної з першою обкладинкою другого конденсатора, до якої прикріплене геометричне тіло у вигляді круглого конуса, виконаного із фериту або іншого матеріалу з чітко вираженими властивостями протонного ядерного магнітного резонансу, а друга обкладинка третього конденсатора являє собою конічну поверхню, що прилягає до поверхні геометричного тіла у вигляді круглого конуса і електрично з'єднана з другою обкладинкою другого конденсатора, при цьому перший і другий конденсатори прилягають один до одного великими за площею основами геометричних тіл призматичного вигляду, утворюючи внутрішню порожнину, причому перша і друга їх обкладинки електрично з'єднані між собою і підключені до регульованого генератора електромагнітних коливань. Для дезактивації радіоактивних відходів у внутрішній порожнині енергетичного концентратора розміщують контейнер з високорадіоактивним ізотопом, встановлюють частоту підключеного до енергетичного концентратора регульованого генератора електромагнітних коливань, яка дорівнює частоті структуризації, знижують інтенсивність альфа-, бета-, гамма-випромінювання до заданої межі, що відповідає трирічній витримці, контролюючи цей процес засобами випромінювання активності радіоактивних ізотопів, після чого контейнер виймають із внутрішньої порожнини енергетичного концентратора, видаляють із контейнера дезактивований до заданої межі низько радіоактивний ізотоп і поділяють його на частини, які по чергове завантажують в контейнер, який повторно розміщують у внутрішній порожнині енергетичного концентратора, встановлюють частоту підключеного до енергетичного концентратора регульованого генератора електромагнітних коли-

вань, яка дорівнює частоті деструктуризації, знижують інтенсивність альфа-, бета-, гамма-випромінювання до значення фону навколишнього середовища, контролюючи цей процес засобами вимірювання активності радіоактивних ізотопів, і контейнер виймають із внутрішньої порожнини енергетичного концентратора.

Недоліками прототипу є складність конструкції, а також обмеження маси радіоактивного матеріалу, яка підлягає дезактивації, що зумовлено замкненістю конструкції з необхідністю розміщення радіоактивного матеріалу "у внутрішній порожнині енергетичного концентратора", яка має незначний об'єм, а також низька промислова придатність через неефективність способу, що реалізується цією конструкцією.

Задачею, поставленою в основу пристрою, що заявляється, є створення достатньо простої та промислово придатної установки, що забезпечує реалізацію заявленого більш ефективного способу.

Ця задача вирішується тим, що у пристрої для зменшення інтенсивності випромінювання радіоактивного матеріалу, який включає підключений до генератора електромагнітних коливань конденсатор з розміщеними у міжелектродному просторі стрижнями з феримагнетика, відповідно до пропонуваної конструкції конденсатор виконаний у вигляді коаксіально розташованих циліндричних електродів, між якими розташовані стрижні феримагнетика, а пристрій містить принаймні два додаткові генератори електромагнітних коливань, підключені до конденсатора через комутатор.

Виконання пристрою для впливу на радіоактивну речовину у вигляді циліндричного конденсатора з феримагнітними стрижнями, який являє собою напіввідкриту структуру не обмежує здатність взаємодії з радіоактивною речовиною тільки об'ємом внутрішньої порожнини пристрою, як у прототипі, а ведення додаткових генераторів електромагнітних коливань, підключених до конденсатора через комутатор створює умови для досягнення комбінованого феромагнітного резонансу у феримагнетиках за рахунок попереминої дії на них перемикальним електромагнітним полем із частотами, які відповідають, резонансам магнітних підрешіток та, як наслідок, більш результативної нейтралізації радіоактивності.

Пристрій складається з (див. креслення фіг. 1) конденсатора, виконаного у формі коаксіально розташованих зовнішнього і внутрішнього циліндричних електродів 1 та 2, між якими розміщені циліндричні стрижні 3 з феримагнетика. Зовнішній та внутрішній електроди 1, 2 підключені до генератора електромагнітних коливань 4, а також через комутатор 5 до двох додаткових генераторів 6 та 7. Усередині внутрішнього циліндричного електрода 2 утворена порожнина 8 для розміщення радіоактивного матеріалу 9. Поруч з радіоактивним матеріалом 9 розташований  $\gamma$ -дозиметр 10.

Пристрій, що реалізує пропонований спосіб працює наступним чином.

Радіоактивний матеріал 9 розміщують усередині порожнини внутрішнього циліндричного електрода 2 конденсатора або збоку від нього. Для

контролю змінювання радіоактивного випромінювання поруч з радіоактивним матеріалом 9 встановлюють  $\gamma$ -дозиметр 10. Від зовнішнього генератора електромагнітних коливань 4 на електроди 1 та 2 конденсатора подають електромагнітну енергію на частоті  $f_1$ , яка відповідає частоті природного феромагнітного резонансу феримагнетика, з якого виготовлені стрижні 3, що розташовані між електродами 1 та 2 конденсатора. Резонансне поглинання електромагнітної енергії феримагнетиком призводить до його поступового розігрівання й наближення до точки магнітної компенсації при температурі  $t_1$  (в межах 50-60 °С). Після досягнення температури  $t_1$  рівень потужності електромагнітної енергії частоти  $f_1$  знижують, а на електроди конденсатора від зовнішніх генераторів 6 та 7 за допомогою комутатора 5 додатково подають електромагнітну енергію поперемінно на частотах  $f_2$  та  $f_3$ , які відповідають частотам феромагнітного резонансу, відповідно для одної та для іншої магнітної підreshітки феримагнетика. Оскільки при поглинанні електромагнітної енергії в конкретній підreshітці на особистій частоті феромагнітного резонансу ( $f_2$  або  $f_3$ ) руйнується первісно впорядкована орієнтація спінових моментів магнітних іонів, яка й формувала її внутрішнє магнітне поле, згадане магнітне поле в підreshітці зникає. А оскільки результуюче магнітне поле феримагнетика є сумою внутрішніх магнітних полів підreshіток, які мають при антиферомагнітному характері обмінної взаємодії протилежно спрямовані вектори, то при поперемінному зникненні внутрішнього магнітного

поля в підreshітках (завдяки переключенню генераторів 5 та 6, з частотами  $f_2$  та  $f_3$ ) результуюче магнітне поле феримагнетика при даному режимі роботи буде мати реверсивний характер, тобто буде стрибками змінювати напрямок на протилежний - відповідно до темпу переключення частот  $f_2$  та  $f_3$ . Вплив згаданого реверсивного магнітного поля на радіоактивний матеріал 9 призводить до руйнування первісної структури міжатомних зв'язків радіоактивної речовини, яка зумовлює конкретний стан її радіоактивності, тим самим знижуючи її активність і поступово нейтралізуючи речовину, що спостерігається за допомогою  $\gamma$ -дозиметра 10.

Спосіб та пристрій для змінювання інтенсивності випромінювання радіоактивного матеріалу були випробувані автором в лабораторних умовах та показали їх високу ефективність.

Джерела інформації

1. Заявка на патент США № 11/059,012; НКВ 73/539, МПК G01N 29/00, публ. 07.07.2005 № US 2005/0145031.

2. Заявка на патент США № 10/453,681; НКВ 205/43, МПК G21F 9/00, публ. 02.10.2004 № US 2004/0238366.

3. Патент України № 87427 на винахід, МПК G21F 9/00, публ. 10.07.2009 р., бюл. № 13 (прототип).

4. Гуревич А.Г. Магнитный резонанс в ферритах и антиферомагнетиках. - М.: Наука, 1973.

5. Лакс Б., Баттон К. Сверхвысокочастотные ферриты и ферромагнетики. - М.: Мир, 1965.

