



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **102999** (13) **U**
(51) МПК (2015.01)
G01R 33/00
G01N 27/00

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки:	u 2015 05803	(72) Винахідник(и):	Ніколаєнко Тимофій Юрійович (UA), Черевко Костянтин Володимирович (UA)
(22) Дата подання заявки:	12.06.2015	(73) Власник(и):	КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА, вул. Володимирська, 60, м. Київ, 01601 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель:	25.11.2015	(74) Представник:	Солнцев В'ячеслав Сергійович
(46) Публікація відомостей про видачу патенту:	25.11.2015, Бюл.№ 22		

(54) ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ КІЛЬКОСТІ МАГНІТНИХ ЧАСТИНОК У ЗРАЗКУ**(57) Реферат:**

Вимірювальна система для визначення кількості магнітних частинок у зразку містить підкладку, електромагнітну структуру, виконану у формі витків котушки з електропровідного матеріалу, генератор електричного струму, вимірювач індуктивності електромагнітної структури та засіб співставлення значень індуктивності електромагнітної структури кількості магнітних частинок. Підкладка виконана у вигляді каркаса з феромагнітного матеріалу, на якому жорстко одним з полюсів додатково закріплено щонайменше один постійний магніт, а витки котушки з електропровідного матеріалу механічно жорстко прикріплено до протилежного відносно корпусу полюса постійного магніту з утворенням. При цьому всередині котушки робочого простору для прийому зразка з магнітними частинками.

UA 102999 U

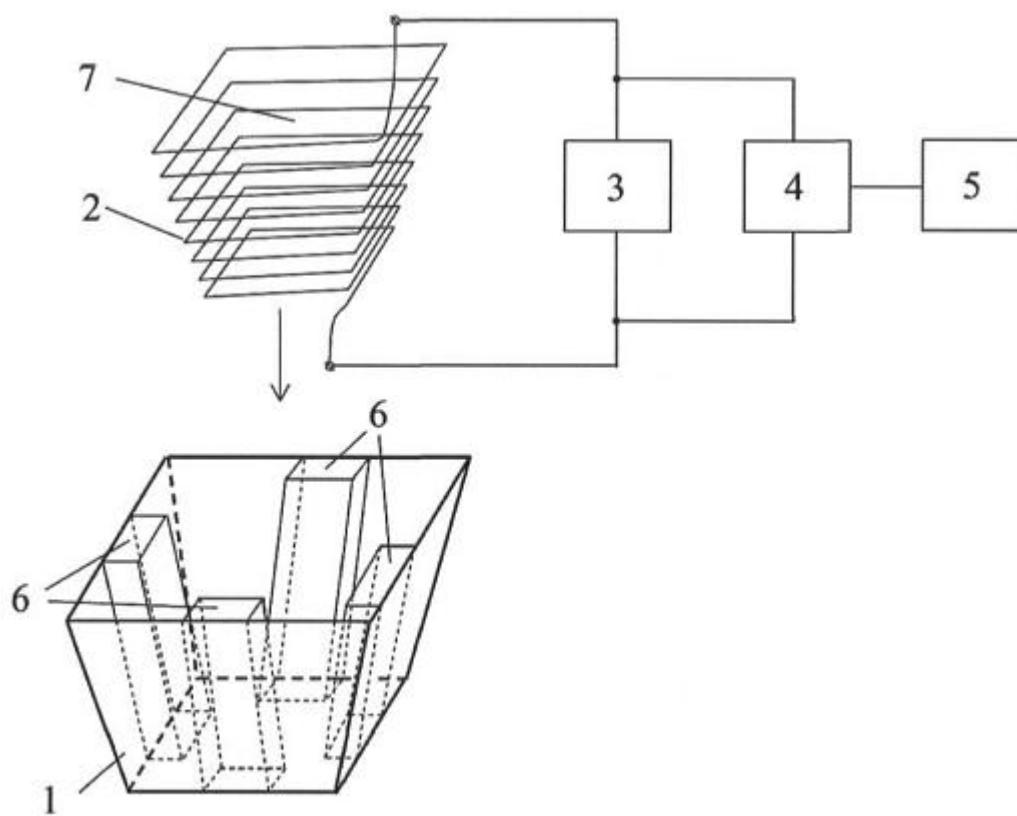


Fig. 1

Корисна модель належить до засобів вимірювання фізичних властивостей матеріалів, зокрема до засобів визначення вмісту магнітних наночастинок в складі зразків, заснованих на використанні магнітних властивостей речовин. Визначення вмісту таких наночастинок є важливим при проведенні, наприклад біомедичних досліджень на піддослідних тваринах з метою експериментального вивчення впливу зовнішнього магнітного поля на перерозподіл магнітних наночастинок в їхніх організмах з метою використання одержаних результатів при розробці магнітокерованих методів доставки молекул лікарських засобів, з'єднаних з магнітними наночастинами, у задану область організму. Таким чином, дана вимірювальна система може бути застосована у медичній біофізиці, біології, медицині для здійснення одночасної локалізації та вимірювання кількості магнітних наночастинок в області новоутворень при створенні нових засобів лікування найпоширеніших захворювань, зокрема, онкологічних.

Одним із типів вимірювальних систем для кількісного визначення вмісту магнітних наночастинок є магнітні силові мікроскопи (див., наприклад, книгу Sarid D. Scanning force microscopy: with applications to electric, magnetic, and atomic forces. - New York: Oxford University Press, 1994. - 263 с. - С. 153-180). Такі системи складаються з мікроосцилятора, параметри вільних або вимушених коливань якого є чутливими до локальної конфігурації магнітного поля зразка, зумовленого наявністю у ньому магнітних частинок, засобу контрольованого переміщення мікроосцилятора та засобу реєстрації та обробки параметрів коливань мікроосцилятора.

Хоча застосування таких вимірювальних систем дозволяє визначити вміст магнітних наночастинок найбільш безпосереднім чином, але недоліками таких засобів вимірювання є складність їх виготовлення, налаштування та обслуговування, дороговизна їх вимірювальної підсистеми, та можливість їхнього застосування тільки до вимірювання кількості магнітних частинок на поверхні зразка, а не в його об'ємі. Окрім того, ускладненим є використання вимірювальних систем такого типу за умови наявності сильного зовнішнього магнітного поля, адже його наявність може чинити вплив на рух мікроосцилятора більш сильний, ніж вплив, зумовлений наявністю магнітних частинок, а тому внески цих двох факторів досить складно виокремити у результатах вимірювань.

Відомі системи для визначення вмісту магнітних наночастинок за методом непарних гармонік (див., наприклад, книгу Knopp T., Buzug T. M. Magnetic particle imaging: an introduction to imaging principles and scanner instrumentation. - Berlin: Springer-Verlag, 2012. - 204 с. - С. 29-35), які містять генератор синусоїдального струму та приєднану до нього котушку, яка створює змінне в часі магнітне поле, зразок, що містить магнітні наночастинок, приймаючи котушку, яка слугує для вимірювання електрорушійної сили магнітної індукції, викликаной потоком магнітного поля через площу її витків, та електронний пристрій для аналізу спектру напруги, індукованої у приймаючій котушці, і в яких також міститься засіб перетворення амплітуди непарних гармонік у величину кількісного вмісту магнітних наночастинок у зразку. Принцип роботи таких систем заснований на нелінійності залежності величини намагніченості зразка з магнітними наночастинами від напруженості зовнішнього магнітного поля, яка зумовлює появу таких гармонік у частотному спектрі індукції змінного магнітного поля в такому зразку, що були відсутні у частотному спектрі синусоїдального струму, створеного генератором.

Недоліком таких систем для визначення вмісту магнітних наночастинок є складність їх підсистеми реєстрації та аналізу сигналу, індукованого у приймаючій котушці, а також неможливість застосування до зразків, які окрім магнітних наночастинок містять також інші елементи із нелінійною залежністю намагніченості від напруженості зовнішнього магнітного поля - як, наприклад, постійні магніти зі сполук неодиму. Оскільки матеріал, з якого як правило виготовлені такі магніти, є феромагнетиком із нелінійною залежністю намагніченості від напруженості зовнішнього магнітного поля, то виникає складність виокремлення внеску до амплітуд непарних гармонік, пов'язаного з наявністю у зразку наночастинок, та аналогічного внеску, що пов'язаний з наявністю у безпосередній близькості до зразка неодимового магніту.

Такого недоліку позбавлена вимірювальна система для визначення кількості магнітних частинок у зразку, відома з патентної заявки США № US20090267596 A1, МПК (2006.01) G01N27/00, G01R33/00, опубл. 29.10.2009, яку вибрано за найближчий аналог до запропонованої корисної моделі. Зазначена відома вимірювальна система містить підкладку, що має поверхню, електромагнітну структуру у формі витків котушки з електропровідного матеріалу, розташовану на зазначеній поверхні зазначеної підкладки і виконану з можливістю прийому зразка, що містить магнітні частинки, генератор електричного струму, електромагнітно з'єднаний з вказаною електромагнітною структурою так, що їх з'єднання робить можливим створення електричного струму в електромагнітній структурі, та датчик індуктивності, що розташований на поверхні зазначеної підкладки та виконаний з можливістю вимірювання

ефективної індуктивності або її зміни, і дозволяє у такий спосіб за відповідними розрахунковими залежностями визначати кількість зазначених магнітних частинок.

Недоліком найближчого аналогу є обмеження функціональних можливостей, зокрема він не дозволяє локалізувати та утримувати певний час магнітні частинки з лікувальними властивостями в заданій області біологічного середовища (наприклад, ділянках організмів тварин), що обмежить лікувальний ефект.

Задача корисної моделі є розширення функціональних можливостей вимірювальної системи для визначення кількості магнітних частинок у зразку, зокрема забезпечення можливості визначення кількості таких частинок при одночасній їхній локалізації та утриманні протягом певного часу в заданій області біологічного середовища.

Поставлена задача вирішується за рахунок того, що в вимірювальній системі для визначення кількості магнітних частинок у зразку, що містить підкладку, електромагнітну структуру, виконану у формі витків котушки з електропровідного матеріалу, що сформована з можливістю прийому зразка з магнітними частинками, генератор електричного струму для створення електричного струму в електромагнітній структурі, вимірювач індуктивності електромагнітної структури та засіб співставлення значень індуктивності електромагнітної структури кількості магнітних частинок, згідно з корисною моделлю, підкладка виконана у вигляді каркаса з феромагнітного матеріалу, на якому жорстко одним з полюсів додатково закріплено щонайменше один постійний магніт, а витки котушки з електропровідного матеріалу механічно жорстко прикріплено до протилежного відносно корпусу полюса постійного магніту з утворенням при цьому всередині котушки робочого простору для прийому зразка з магнітними частинками.

Згідно з корисною моделлю, кількість постійних магнітів може дорівнювати чотирьом, а їх розташування бути таким, що вони утворюють магнітний квадруполь.

Згідно з корисною моделлю, витки котушки з електропровідного матеріалу механічно жорстко скріплено між собою та прикріплено до постійних магнітів, наприклад - за допомогою епоксидної смоли.

Завдяки виконанню підкладки з феромагнітного матеріалу вона виконує функцію магнітного екранування. Силкові лінії магнітного поля, створеного постійними магнітами, зосереджені в області простору для прийому зразків і майже відсутні поза межами цієї області. Внаслідок цього потенціальна енергія магнітних частинок, зумовлена їхньою взаємодією з магнітним полем, є мінімальною саме в області простору для прийому зразків, а поза межами цієї області є вищою, завдяки чому сили, що зумовлені градієнтом потенціальної енергії магнітних частинок і діють на магнітні частинки з боку магнітного поля, є такими, що спричиняють локалізацію та утримання частинок в області простору для прийому зразків, не даючи змоги частинкам вільно покидати цю область простору.

Суть та принцип дії запропонованої вимірювальної системи для визначення кількості магнітних частинок у зразку пояснюються кресленнями.

На фіг. 1 наведено структурну схему вимірювальної системи для визначення кількості магнітних частинок, а на фіг. 2 - зовнішній вигляд робочої ділянки вимірювальної системи з чотирма постійними магнітами та електромагнітною структурою, всередині якої наявний робочий простір для прийому зразка з магнітними частинками.

Вимірювальна система для визначення кількості магнітних частинок у зразку містить підкладку 1, електромагнітну структуру, виконану у формі витків котушки 2 з електропровідного матеріалу, що сформована з можливістю прийому зразка з магнітними частинками, генератор електричного струму 3 для створення електричного струму в електромагнітній структурі, вимірювач індуктивності 4 електромагнітної структури та засіб 5 співставлення значень індуктивності електромагнітної структури кількості магнітних частинок. Підкладка 1 виконана у вигляді каркаса з феромагнітного матеріалу, на якому жорстко одним з полюсів закріплено постійні магніти 6. Витки котушки з електропровідного матеріалу механічно жорстко прикріплено до протилежних відносно корпусу полюсів постійних магнітів 6 з утворенням при цьому всередині котушки робочого простору 7 для прийому зразка з магнітними частинками (на фіг. 1 задля більш наочного сприйняття конструкції витки котушки 2 зображено трохи піднятими над підкладкою 1 з постійними магнітами 6). У варіанті виконання вимірювальної системи, зображеному на фіг. 1, кількість постійних магнітів 6 дорівнює, наприклад, чотирьом, а їх розташування є таким, що вони утворюють магнітний квадруполь. Витки котушки 2 з електропровідного матеріалу механічно жорстко скріплено між собою та прикріплено до постійних магнітів 6 за допомогою епоксидної смоли 8 (див. фіг. 2).

Робота запропонованої вимірювальної системи для визначення кількості магнітних частинок у зразку здійснюється наступним чином.

Завдяки наявності підкладки 1, виготовленої з феромагнітного матеріалу, яка виконує функцію магнітного екранування, силові лінії магнітного поля, створеного постійними магнітами 6, зосереджені в області простору 7 для прийому зразків і майже відсутні поза межами цієї області. Внаслідок цього потенціальна енергія магнітних частинок, зумовлена їхньою взаємодією з магнітним полем, є мінімальною саме в області простору 7, а поза межами цієї області є вищою, завдяки чому сили, що зумовлені градієнтом потенціальної енергії магнітних частинок і діють на магнітні частинки з боку магнітного поля, є такими, що спричиняють локалізацію та утримання частинок в області простору 7, не даючи змоги частинкам вільно покидати цю область простору.

Визначення кількості частинок в області простору 7 для прийому зразків при цьому забезпечується вимірюванням ефективного коефіцієнту самоіндукції (індуктивності) котушки 2. Таке вимірювання здійснюється за допомогою генератора 3 та вимірювача 4, які виконані, наприклад, таким чином, що частота генератора 3 за відомим законом зумовлюється параметрами частото задавального коливального контуру, складовою частиною якого є котушка 2, а вимірювач 4 за зміною параметрів коливаль генератора 3, зумовленими змінами індуктивності котушки 2 (електромагнітної структури), визначає її індуктивність. З використанням взаємно однозначної відповідності між ефективною індуктивністю зразка та концентрацією магнітних частинок даного типу у ньому (таку відповідність одержують, наприклад, шляхом калібрування вимірювальної системи) засіб 5 співставлення значень індуктивності електромагнітної структури кількості магнітних частинок використовує одержане вимірювачем 4 значення індуктивності електромагнітної системи 2 для визначення концентрації магнітних частинок у зразку.

На фіг. 2 показано фотографію можливого варіанту виконання робочої ділянки запропонованої вимірювальної системи для визначення кількості магнітних частинок у зразку, за якого жорсткість закріплення постійних магнітів 6 на феромагнітному каркасі, а також прикріплення витків котушки 2 до полюсів постійних магнітів 6 здійснено за допомогою епоксидної смоли 8, а простір 7 для прийому зразка з магнітними частинками розміщений всередині котушки. Механічна жорсткість з'єднання витків котушки між собою та їх прикріплення до полюсів магнітів забезпечує незмінність геометричних розмірів котушки при вміщенні зразка, що містить магнітні частинки, у простір 7, тим самим гарантуючи, що зміна індуктивності котушки 2 після вміщення зазначеного зразка буде обумовлюватися лише магнітними властивостями зразка, а не його механічною дією на котушку.

Отже, на відміну від найближчого аналога, забезпечити не лише визначення кількості магнітних частинок, а й одночасне утримання їх протягом певного часу в заданій області біологічного середовища.

Таким чином, запропонована вимірювальна система для визначення кількості магнітних частинок у зразку дозволяє порівняно з найближчим аналогом розширити функціональні можливості, зокрема, забезпечити можливість локалізації та утримання певний час лікувальних магнітних в заданій області біологічного середовища.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

1. Вимірювальна система для визначення кількості магнітних частинок у зразку, що містить підкладку, електромагнітну структуру, виконану у формі витків котушки з електропровідного матеріалу, що сформована з можливістю прийому зразка з магнітними частинками, генератор електричного струму для створення електричного струму в електромагнітній структурі, вимірювач індуктивності електромагнітної структури та засіб співставлення значень індуктивності електромагнітної структури кількості магнітних частинок, яка **відрізняється** тим, що підкладка виконана у вигляді каркаса з феромагнітного матеріалу, на якому жорстко одним з полюсів додатково закріплено щонайменше один постійний магніт, а витки котушки з електропровідного матеріалу механічно жорстко прикріплено до протилежного відносно корпусу полюса постійного магніту з утворенням при цьому всередині котушки робочого простору для прийому зразка з магнітними частинками.

2. Вимірювальна система для визначення кількості магнітних частинок у зразку за п. 1, яка **відрізняється** тим, що кількість постійних магнітів дорівнює чотирьом, а їх розташування є таким, що вони утворюють магнітний квадруполь.

3. Вимірювальна система для визначення кількості магнітних частинок у зразку за п. 1, яка **відрізняється** тим, що витки котушки з електропровідного матеріалу механічно жорстко закріплено між собою та прикріплено до постійних магнітів за допомогою епоксидної смоли.

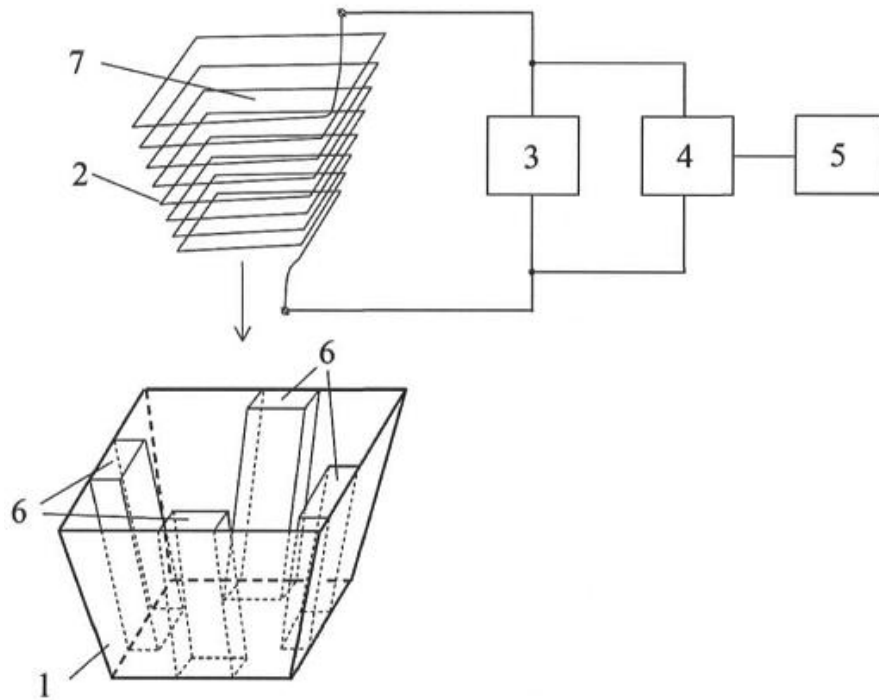


Fig. 1

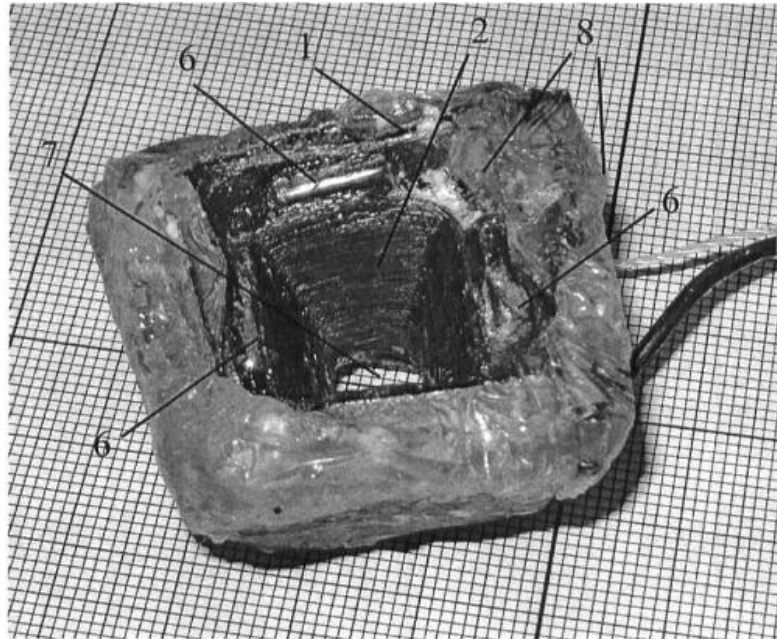


Fig. 2

Комп'ютерна верстка В. Мацело

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601