



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **98983** (13) **U**
(51) МПК

G01B 7/06 (2006.01)

G01N 27/90 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2014 13437	(72) Винахідник(и): Хорошайло Юрій Євгенійович (UA), Світличний Віталій Анатольєвич (UA), Міняйло Олександр Дмитрієвич (UA)
(22) Дата подання заявки: 15.12.2014	(73) Власник(и): ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ, пр. Леніна, 14, м. Харків, 61166 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 12.05.2015	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 12.05.2015, Бюл.№ 9	

(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ТОВЩИНИ ТОНКИХ НЕФЕРОМАГНІТНИХ ПЛІВОК ЗА ДОПОМОГОЮ РЕЗОНАНСНОГО ВИХРОСТРУМОВОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА

(57) Реферат:

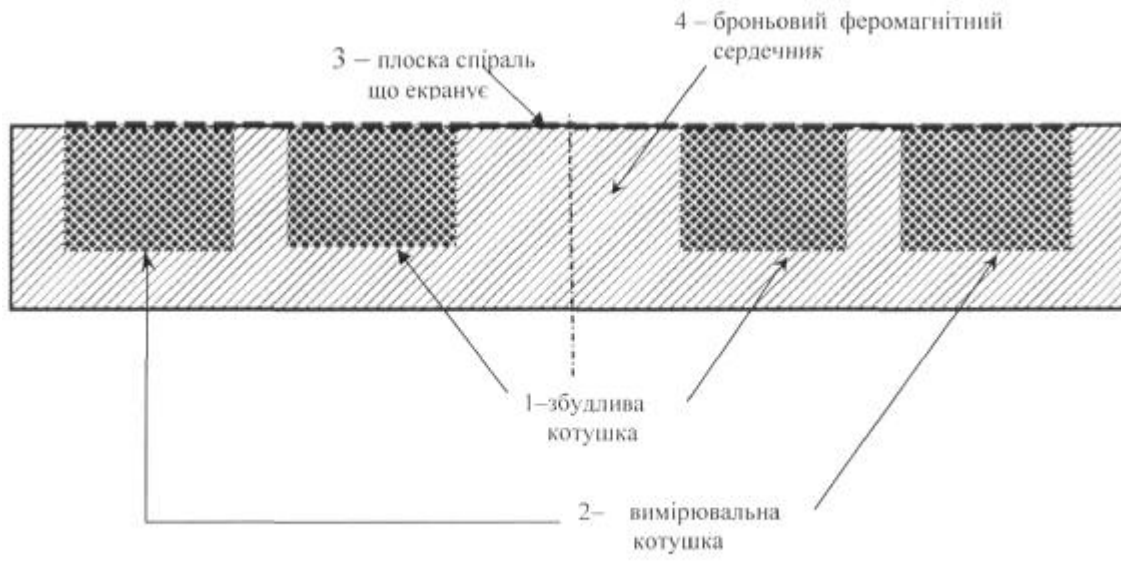
Спосіб визначення товщини тонких ферромагнітних плівок (ТНП) за допомогою резонансного вихрострумowego перетворювача полягає в тому, що при роботі вихрострумовой перетворювач (ВСП) встановлюють на поверхню контрольованої ТНП, магнітний потік, що виникає при цьому, локалізується і викликає появу вихрових струмів на поверхні ТНП, вихрові струми індукують зустрічно спрямований власний магнітний потік, що зчіплюється із зовнішнім магнітним потоком, результуючий магнітний потік викликає зміну ЕДС вимірювальної котушки перетворювача, величина якої реєструється індикаторним пристроєм, за величиною зафіксованого сигналу судять про контрольований параметр. Спочатку налаштування контурів ВСП в режим резонансів здійснюють без контрольованої ТНП. Як контрольовані вироби використовуються ферромагнітні матеріали. Збудлива і вимірювальна котушка підключені до відповідних коливальних контурів, які працюють в режимі резонансів. Для виключення впливу зовнішніх ємнісних дій і для додаткової локалізації магнітного потоку між збуджувальною і вимірювальною котушками включена заземлена котушка, яка розташована на незамкнутій стороні сердечника і виконана у вигляді плоскої одношарової спіралі, що дозволяє виключити вплив зовнішніх наведень, полів і ємнісний вплив ТНП. Якщо електропровідність ТНП більше електропровідності основи, то ВСП слід настроювати в резонанс спільно з контрольованою ТНП, у цьому разі резонансна частота визначається вираженням:

$$\omega_p \leq \frac{2}{d^2 \mu_0 \sigma_0}.$$

Якщо електропровідність ТНП менше електропровідності основи, то ВСП слід настроювати в резонанс без досліджуваної плівки і резонансна частота визначається вираженням:

$$\omega_p \geq \frac{2}{d^2 \mu_0 \sigma_0}.$$

UA 98983 U



Фиг. 1

Запропонована корисна модель належить до засобів неруйнівного вихрострумowego контролю і може бути використана для контролю товщини електропровідних матеріалів або виробів на електропровідних або не електропровідних основах.

5 Найбільш близьким до запропонованої корисної моделі є спосіб, який здійснений в принципі роботи вихрострумowego перетворювача (ВСП), (патент РФ № 2200299, МПК G01B 7/06 опубл. 10.03.2003 р.), що полягає в наступному: при роботі ВСП встановлюють на поверхню контролюваного ферромагнітного виробу, обмотка збудження підключається до джерела змінного струму, створюваний при цьому електромагнітний потік проходить по стержневому магнітопроводу, далі його основна частина перетинає витки вимірювальної котушки, потім через 10 додатковий магнітопровід, магнітний екран і поверхневий шар контролюваного виробу, потрапляє на робочий кінець стержневого магнітопроводу. При цьому частина електромагнітного потоку, що залишилася, наводить на поверхні екрана вихрові струми, що сприяють локалізації основного електромагнітного потоку на поверхні контролюваного об'єкта. Основний електромагнітний потік, перетинаючи витки вимірювальної котушки, наводить в ній 15 ЕРС, величина якої реєструється індикаторним пристроєм. За величиною зафіксованого сигналу судять про контрольований параметр.

До недоліків цього способу належить неможливість швидкодіючого сканування великих площ, неможливість визначення дефектів структури тонких неферромагнітних плівок (ТНП), відсутність можливості двостороннього доступу до контролюваного об'єкта, контролю виробів 20 складної форми або виробів з неферромагнітних матеріалів.

Технічною задачею запропонованої корисної моделі є контроль неферромагнітних матеріалів, що забезпечує високу точність і відтворюваність результатів, неруйнівність і локальність вимірів.

Ця задача вирішена наступним чином. У способі визначення товщини ТНП за допомогою резонансного ВСП, який полягає в тому, що при роботі вихрострумовой перетворювач встановлюють на поверхню контролюваної ТНП, магнітний потік, що виникає при цьому, локалізується і викликає появу вихрових струмів на поверхні ТНП, вихрові струми індукують зустрічно спрямований власний магнітний потік, що зчіплюється із зовнішнім магнітним потоком, результуючий магнітний потік викликає зміну ЕДС вимірювальної котушки перетворювача, 25 величина якої реєструється індикаторним пристроєм, за величиною зафіксованого сигналу судять про контрольований параметр, згідно з корисною моделлю, спочатку налаштування контурів ВСП в режим резонансів здійснюють без контролюваної ТНП, як контрольовані вироби використовуються неферромагнітні матеріали, збудлива і вимірювальна котушка підключені до відповідних коливальних контурів, які працюють в режимі резонансів, для виключення впливу зовнішніх ємнісних дій і для додаткової локалізації магнітного потоку між збуджувальною і 30 вимірювальною котушками включена заземлена котушка, яка розташована на незамкнутій стороні сердечника і виконана у вигляді плоскої одношарової спіралі, що дозволяє виключити вплив зовнішніх наведень, полів і ємнісний вплив ТНП, причому, якщо електропровідність ТНП більше електропровідності основи, то ВСП слід настроювати в резонанс спільно з 40 контролюваною ТНП, у цьому разі резонансна частота визначається вираженням:

$$\omega_p \leq \frac{2}{d^2 \mu_0 \sigma_0},$$

де: d - товщина ТНП, μ_0 - відносна магнітна проникність ТНП, σ_0 - електропровідність основи, якщо електропровідність ТНП менше електропровідності основи, то ВСП слід 45 настроювати в резонанс без досліджуваної плівки і резонансна частота визначається вираженням:

$$\omega_p \geq \frac{2}{d^2 \mu_0 \sigma_0},$$

На кресленні представлена схема реалізації запропонованого способу. Ця схема містить: резонансний ВСП накладного типу, який складається з роздільних, аксіальних, розташованих одна усередині іншої, індукційних котушок. При цьому котушка, що збуджує 1, і вимірювальна 2 50 розміщені у спеціальному магнітному сердечнику 4, який концентрує магнітне поле в ТНП (на кресленні не зображена), що зменшує мінімальний розмір її контролюваної площі. Торці індукційних котушок з незамкнутого боку сердечника знаходяться в одній площині, і між внутрішньою і зовнішньою вказаними котушками є ферромагнітна стінка сердечника.

Між збуджувальною 1 і вимірювальною 2 котушками включена заземлена котушка 3, яка 55 виконана у вигляді плоскої одношарової спіралі, розташованої на незамкнутій стороні сердечника. Наявність додаткової заземленої плоскої одношарової спіральної котушки 3 на

незамкнутій стороні броньового сердечника ВСП дозволяє виключити вплив зовнішніх наведень, полів і ємнісний вплив ТНП.

Розглянемо більш докладніше запропонований спосіб. Налаштування контурів ВСП в режим резонансів здійснюється без контрольованої ТНП, так як в цьому випадку індукційний зв'язок між коливальними контурами мінімальний, що у свою чергу полегшує процес налаштування коливальних контурів. Після закінчення процедури налаштування, ВСП розміщують на поверхні контрольованої ТНП, при цьому котушка збудження 1 створює електромагнітне поле, яке завдяки особливій формі феромагнітного сердечника 4 локалізоване на обмежену поверхню ТНП, що сприяє підвищенню точності і локальності вимірів дефектів. У матеріалі контрольованої ТНП виникають вихрові струми, які створюють своє електромагнітне поле, протидіюче зовнішньому полю. Вимірювальна котушка 2 фіксує результуюче поле. Інформацію про товщину ТНП отримують шляхом реєстрації змін результуючого електромагнітного поля.

При експериментальній реалізації цього способу контролю були визначені дві умови налаштування ВСП:

1. Якщо електропровідність ТНП більше електропровідності основи, то ВСП слід настроювати в резонанс спільно з контрольованою ТНП. При цьому товщину такої плівки, як правило вибирають максимальною серед групи досліджуваних плівок. Резонансна частота визначається вираженням:

$$\omega_p \leq \frac{2}{d^2 \mu_0 \sigma_0}, [1]$$

де: d - товщина ТНП, μ_0 - відносна магнітна проникність ТНП, σ_0 - електропровідності основи.

2. Якщо електропровідність ТНП менше електропровідності основи, то ВСП слід настроювати в резонанс без досліджуваної плівки. Резонансна частота визначається вираженням:

$$\omega_p \geq \frac{2}{d^2 \mu_0 \sigma_0}. [2]$$

Експериментальна перевірка показує, що розроблений накладний ВТП, забезпечує високу чутливість до дефектів структури ТНП. Так для товщини ТНП більше 10 мкм, і співвідношенні електропровідностей $\sigma_{\text{ТНП}} > 2$ См/м, і $\sigma_0 > 0,5$ См/м, можливо використати експериментальний ВСП без подавлення факторів, що заважають. Крім цього застосування синхронного детектування з регульованою за допомогою фазообертача опорною напругою, дозволяє зменшити вплив робочого проміжку між ВСП контрольованої ТНП.

Технічним результатом є те, що запропонований спосіб контролю забезпечує високу точність визначення товщини ТНП, дозволяє розширити діапазон виміру, підвищує достовірність і продуктивність контролю, забезпечує високу відтворюваність результатів, неруйнівність і локальність вимірів.

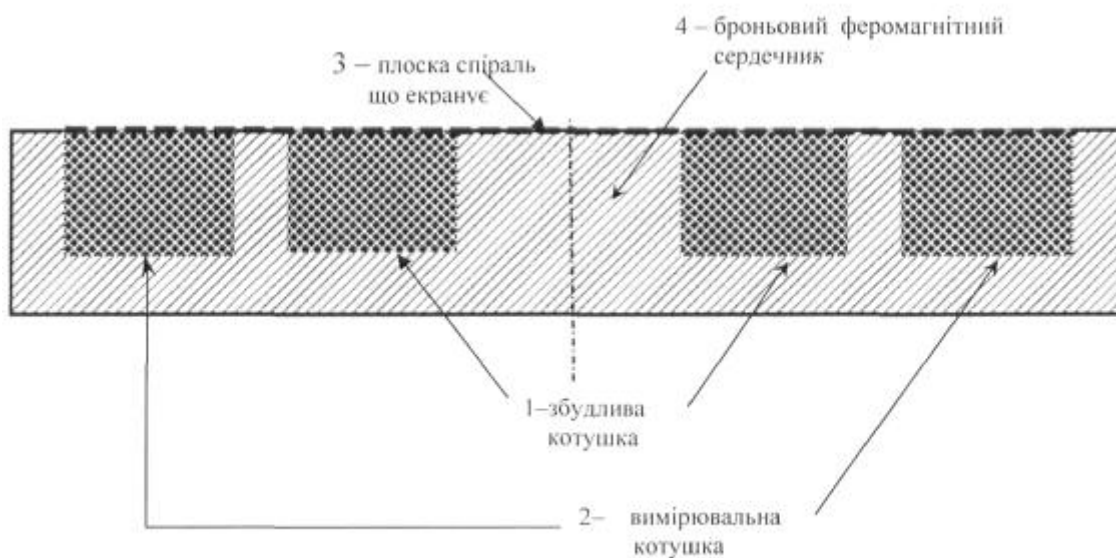
ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб визначення товщини тонких неферомагнітних плівок (ТНП) за допомогою резонансного вихрострумове перетворювача, який полягає в тому, що при роботі вихрострумове перетворювач (ВСП) встановлюють на поверхню контрольованої ТНП, магнітний потік, що виникає при цьому, локалізується і викликає появу вихрових струмів на поверхні ТНП, вихрові струми індукують зустрічно спрямований власний магнітний потік, що зчіплюється із зовнішнім магнітним потоком, результуючий магнітний потік викликає зміну ЕДС вимірювальної котушки перетворювача, величина якої реєструється індикаторним пристроєм, за величиною зафіксованого сигналу судять про контрольований параметр, який **відрізняється** тим, що спочатку налаштування контурів ВСП в режим резонансів здійснюють без контрольованої ТНП, як контрольовані вироби використовуються неферомагнітні матеріали, збудлива і вимірювальна котушка підключені до відповідних коливальних контурів, які працюють в режимі резонансів, для виключення впливу зовнішніх ємнісних дій і для додаткової локалізації магнітного потоку між збуджувальною і вимірювальною котушками включена заземлена котушка, яка розташована на незамкнутій стороні сердечника і виконана у вигляді плоскої одношарової спіралі, що дозволяє виключити вплив зовнішніх наведень, полів і ємнісний вплив ТНП, причому, якщо електропровідність ТНП більше електропровідності основи, то ВСП слід настроювати в резонанс спільно з контрольованою ТНП, у цьому разі резонансна частота визначається вираженням:

$$\omega_p \leq \frac{2}{d^2 \mu_0 \sigma_0},$$

де: d - товщина ТНП, μ_0 - відносна магнітна проникність ТНП, σ_0 - електропровідність основи, якщо електропровідність ТНП менше електропровідності основи, то ВСП слід настроювати в резонанс без досліджуваної плівки і резонансна частота визначається вираженням:

$$5 \quad \omega_p \geq \frac{2}{d^2 \mu_0 \sigma_0}.$$



Комп'ютерна верстка О. Рябко

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