



УКРАЇНА

(19) UA (11) 49738 (13) U
(51) МПК (2009)
G01N 27/00МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ВИХОРОСТРУМОВИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ

1

2

(21) u200911650

(22) 16.11.2009

(24) 11.05.2010

(46) 11.05.2010, Бюл. № 9, 2010 р.

(72) ШВЕЦЬ ЄВГЕН ЯКОВИЧ, ЮДАЧОВ АНДРІЙ
ВАЛЕРІЙОВИЧ(73) ЗАПОРІЗЬКА ДЕРЖАВНА ІНЖЕНЕРНА АКА-
ДЕМІЯ

(57) Вихорострумний перетворювач накладного типу, що включає котушку, який відрізняється тим, що котушка містить феромагнітне осердя у вигляді двох П-подібних частин, які розташовані назустріч одна одній і одним боком з'єднані одна з одною, другий бік кожної частини осердя виконано як полюсний наконечник.

Корисна модель відноситься до техніки дефектоскопії, матеріалознавства і може бути використана при виявленні дефектів (тріщини, раковини, неоднорідності і ін.) в пластинах з електропровідних матеріалів або аналогічних плівках на ізоляційних матеріалах.

Одним з важливих показників якості матеріалу є його однорідність, тобто відсутність в ньому вищезгаданих дефектів. Наявність останніх приводить до погіршення якості виробів, виконаних з такого матеріалу. В даний час основою для напівпровідникових пристроїв є структури на основі кремнію та інших напівпровідникових матеріалів. Для отримання високоякісних напівпровідникових пристроїв на основі кремнію, що мають великий термін служби, необхідно щоб їх початковий матеріал (кремнієва пластина) мав мінімум фізичних дефектів.

В процесі вирощування кристалів кремнію, при розрізанні кристалу на окремі пластини, в ньому можуть виникати різні види дефектів (тріщини, дислокації і ін.) Після відрізання пластина проходить ряд технологічних операцій (шліфовка, поліровка) до першого контролю, який визначає її технічні характеристики і можливість використання її надалі у технологічному процесі. На ці технологічні операції по обробці дефектних пластин витрачаються матеріальні кошти, які збільшують собівартість кінцевої продукції. Для зниження собівартості виробництва напівпровідникових структур і сонячних елементів, зокрема, необхідно проводити контроль пластин кремнію на наявність дефектів безпосередньо після відрізання пластини від кристала. Оскільки не забраковані пластини кремнію повинні брати участь надалі у технологічному процесі, для їх діагностики допустимо застосову-

вати тільки неруйнівні методи контролю [ГОСТ 18353-79 Контроль неразрушающий. Классификация видов и методов].

Для визначення наявності вищезгаданих дефектів застосовують методи неруйнующого контролю: акустичний, проникаючими речовинами (капілярний метод), магнітний, вихровими струмами, радіаційний. До недоліків вказаних методів неруйнующого контролю слід віднести необхідність покривати поверхню контрольованої пластини додатковими матеріалами, а після закінчення контролю їх видаляти. Єдиний вид контролю, який не вимагає таких технологічних операцій - це контроль вихровими струмами. При цьому не вимагається безпосереднього контакту датчика і об'єкту контролю, тобто цей метод є безконтактним [ДСТУ EN 12084:2005. Неруйнівний контроль. Вихорострумний контроль. Загальні принципи і рекомендації].

Відомі апарати для проведення вихорострумного контролю мають в своєму складі наступні основні модулі: генератор змінного струму, вихорострумний перетворювач (ВСП), систему обробки даних. Модуль, який визначає такі характеристики системи контролю, як вирішальна здатність, чутливість і ін. є ВСП. По робочому положенню щодо об'єкту контролю ВСП ділять на прохідні, накладні і комбіновані. [ГОСТ 24289-80 Контроль неразрушающий вихретоковый. Термины и определения.]

Для контролю матеріалу у вигляді пластин звичайно застосовують накладні ВСП, які мають в своєму складі одну обмотку (ВСП параметричний) або дві обмотки (ВСП трансформаторний). Котушки ВСП розташовують паралельно площині контрольованої пластини. Якщо ВСП параметричний, його котушка розташована з одного боку пластини.

(13) U
49738
(11) UA
(19) UA

Якщо ВСП трансформаторний його котушки розташовуються з різних сторін пластини.

Найбільш близьким за сукупністю ознак до перетворювача, що заявляється, є накладний ВСП вимірника питомого опору кремнію. Він містить котушку, яка не має феромагнітного осердя і її діаметр дорівнює діаметру досліджуваної пластини. В результаті проведених вимірювань визначається середнє інтегральний питомий опір пластини кремнію. Це пов'язано з тим, що ступінь локальності контролю ВСП є площа поверхні об'єкту контролю, в межах якої контрольований параметр інтегрується перетворювачем і його середнє значення береться за значення параметра в зоні вимірювання [ГОСТ 24289-80 Контроль неразрушающий. вихретоковый. Термины и определения.]. До недоліків відомого ВСП відносяться мала ступінь локальності контролю. Для накладного ВСП ступінь локальності контролю визначається радіусом (діаметром) еквівалентного витка обмотки перетворювача, величина якого визначається по формулі

$$D_{\text{екв}} = D_{\text{ср}} \left(1 + \frac{r^2}{6D_{\text{ср}}^2} \right)$$

де $D_{\text{ср}}$ - середній діаметр;

$$D_{\text{ср}} = \frac{D_{\text{н}} + D_{\text{вн}}}{2}$$

тут $D_{\text{н}}$ - зовнішній діаметр обмотки, $D_{\text{вн}}$ - внутрішній діаметр обмотки ВСП. Оскільки $D_{\text{ср}}$ приблизно дорівнює діаметру пластини кремнію, то таким чином ступінь локальності контролю таким ВСП дуже низька.

Для визначення наявності дефектів в пластині необхідно контролювати не середнє значення опору за всією площею, а локальне його значення в конкретній точці пластини. Ступінь локальності контролю є площа поверхні об'єкту контролю, в межах якої контрольований параметр інтегрується перетворювачем і його середнє значення береться за значення параметра в зоні вимірювання. Мінімальний розмір реєстрованого дефекту (чутливість ВСП) не перевищує величини $D_{\text{екв}}/3$.

Для збільшення ступеня локальності контролю і збільшення чутливості ВСП (реєстрації дрібніших по величині дефектів) необхідно зменшувати діаметр його котушки. В даний час виконати котушку діаметром менше 1 мм технологічно скрутно. У той же час, реєстрація дефекту неможлива, розміри якого більше або дорівнює діаметру котушки ВСП, оскільки її магнітне поле замикається через об'єкт контролю, що приводить до зниження чутливості ВСП.

В основу корисної моделі поставлено завдання розробки конструкції ВСП, в якому за рахунок використання магнітопроводу (осердя) з феромагнітного матеріалу зменшується величина діаметру еквівалентного витка, і таким чином, забезпечується підвищення чутливості і вирішальної здатності ВСП як для малих, так і для великих по протяжності дефектів.

Для вирішення поставленого завдання у ВСП накладного типу, що включає котушку, згідно з корисною моделлю котушка містить феромагнітне осердя у вигляді двох П-образних частин, які розташовані назустріч одне одному і одним боком

з'єднані друг з другом, другий бік кожної частини осердя виконано як полюсний наконечник.

Суть запропонованої корисної моделі пояснюється кресленням (Фіг.1), на якому схематично представлений ВСП.

Конструкція ВСП складається із збірного феромагнітного осердя 1 котушки 2, полюсних наконечників 3. Феромагнітне осердя ВСП виконано з двох однакових П-образних частин круглого перетину. З одного боку краю кожної частини осердя закінчуються полюсними наконечниками 3 у вигляді усічених конусів, між якими утворюється робочий зазор, в якому знаходиться об'єкт контролю 4. Розмір феромагнітного осердя 1 визначає розмір об'єкту контролю (наприклад діаметр пластини кремнію).

Апарат працює таким чином.

В процесі роботи ВСП магнітне поле котушки 2 генерує змінне магнітне поле, яке зосереджене тільки в робочому зазорі. Це обумовлено тим, що весь магнітний потік проходить через феромагнітне осердя, а середня магнітна силова лінія співпадає з середньою лінією осердя. Феромагнітне осердя 1 ВСП також служить для замикання магнітного поля поза об'єктом контролю. Згідно теореми про циркуляцію магнітного поля

$$NI = NI_{\text{н}} + N_{\text{зазора}} I_{\text{зазора}}$$

де N - напруженість магнітного поля усередині осердя, $N_{\text{зазора}}$ - напруженість поля в зазорі, I - сила струму в котушці, N - число витків котушки.

Індукція магнітного поля в зазорі $B_{\text{зазора}}$, яка пов'язана з величиною $N_{\text{зазора}}$ співвідношенням

$$B_{\text{зазора}} = \mu_0 N_{\text{зазора}}$$

Індукція в осердя визначається як

$$B = \mu_0 N.$$

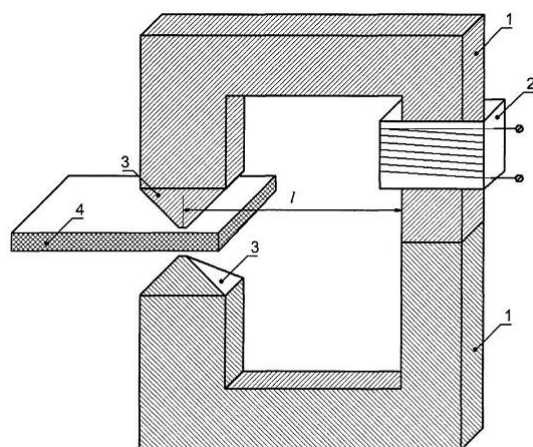
Оскільки розсіювання потоку в магнітних системах з феромагнітним осердям, що мають малі зазори у край мало, то можна припустити, що магнітний потік осердя буде дорівнювати магнітному потоку зазору.

Величина магнітного потоку визначає формулою $\Phi = BS$ отже величина магнітної індукції в зазорі буде рівна

$$B_{\text{зазора}} = \frac{B \cdot S_{\text{серд}}}{S_{\text{зазора}}}$$

Оскільки величина $S_{\text{зазора}}$ значно менше, ніж площа поперечного перетину феромагнітного осердя 1 ВСП, і визначається малою площею вершини конусного наконечника, отже, величина індукції магнітного поля в зазорі осердя перетворювача буде значно вища, ніж в осерді. Таким чином, за рахунок застосування вище описаної форми феромагнітного осердя з'явилася можливість збільшити вирішальну здатність, чутливість ВСП, отримати можливість реєструвати дефекти, лінійні розміри яких перевищують розмір малої площі вершини конусного наконечника, знизити величину сили струму в котушці 3 збудливого магнітного поля.

ВСП, що заявляється, може використовуватися для реалізації абсолютних і диференціальних методів вихрострумового контролю. Обробка сигналу ВСП може проводитися вимірювальною схемою з одним каналом.



Фіг. 1