



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **93787** (13) **U**
(51) МПК (2014.01)
B82B 1/00

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

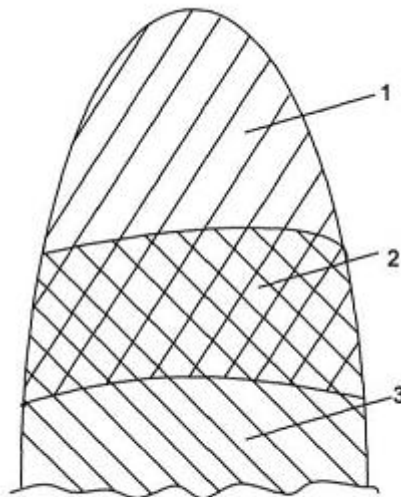
(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2014 05711	(72) Винахідник(и): Левандовський Борис Іванович (UA)
(22) Дата подання заявки: 27.05.2014	(73) Власник(и): ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНІЙ УНІВЕРСИТЕТ, вул. Петровського, 25, м. Харків, 61002 (UA), Левандовський Борис Іванович, вул. Командарма Уборевича, 30-а, кв. 39, м. Харків, 61660 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 10.10.2014	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 10.10.2014, Бюл.№ 19	

(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГІЇ ГРАНИЦЬ РОЗДІЛУ В ГОЛЧАСТИХ ЗРАЗКАХ З БАМБУКОВОЮ СТРУКТУРОЮ

(57) Реферат:

Спосіб визначення енергії границь розділу в голчастих кристалах з бамбуковою структурою, причому значення енергії визначають завдяки вимірюванню параметрів діючого електричного поля на зразок під час його розриву по границі міжзеренного сполучення при об'ємному скануванні в польовому іонному мікроскопі, причому шукану величину розраховують за формулами в залежності від знання відповідних характеристик кристалічної решітки зразка та вимірюваних параметрів:



Фиг. 1

UA 93787 U

Корисна модель належить до галузі металознавства, а саме визначення властивостей полікристалічних матеріалів.

Відомі способи визначення енергії міжзеренних границь у полікристалах базуються на вимірюванні рівно зважених конфігурацій трьох стикованих границь розділу [Келли А., Гровс Г. Кристаллография и дефекты в кристаллах. - М.: Мир, 1974. - 496 с. Г. Гляйтер, Б. Чалмерс. Большеугловые границы зёрен. - М.: "Мир", 1975. - 375 с]. Недоліком цих способів є необхідність абсолютного знання параметрів однієї з цих границь, яка є еталонною.

В основу корисної моделі поставлено задачу визначення абсолютного значення енергії міжзеренної чи міжфазної границі в голчастих зразках з бамбуковою структурою.

Запропонований спосіб визначення абсолютного значення енергії міжзеренної чи міжфазної границі в голчастих зразках з бамбуковою структурою, здійснюють у польовому іонному мікроскопі (ПІМ) при умові, коли площа залягання границі нормальна вісі зразка (Фіг.1), де 1 - перший мікрокристал; 2 - міжзеренний прошарок; 3 - другий мікрокристал. Спостереження подібних границь вперше було виконано заявником у співавторстві [Гарбер Р.И., Афанасьев В.И., Михайлов А.Ф., Левандовский Б.И. Автоионномикроскопическое исследование межзеренной прослойки в вольфраме. Известия вузов. - Физика. 1971. - № 2. - С. 122-123.]. Під дією електричного поля в ПІМ виникає механічне напруження σ_n нормальне до поверхні зразка:

$$\sigma_n = 0,5 \varepsilon_0 (\beta U / 2R)^2, (1)$$

де ε_0 - електрична стала;

20 β - фактор електричного поля в ПІМ;

U - різниця потенціалів між зразком та екраном;

R - радіус кривизни верхів'я голчастого зразка.

Під дією згаданого напруження (1) відбувається руйнування зразка, що має бамбукову структуру (Фіг. 2), по межі спайності, тобто по міжфазній чи міжзеренній границі, де R_1, R_2, R_3 - радіуси верхів'я зразка, O_1, O_2, O_3 - центри відповідних напівсфер.

Вважаючи таке інтеркристалічне руйнування ідеально крихким, роботу виникнення одиниці площі нової поверхні обчислюють за формулою:

$$\sigma_n a = \gamma_{\text{эф}} (2)$$

де a - параметр кристалічної решітки;

30 $\gamma_{\text{эф}}$ - ефективна енергія, яка припадає на одиницю площі поверхні, що виникає.

Оскільки границями розділу в полікристалах є ділянки, де сполучаються зерна однієї чи різних фаз, тому більша частина атомів в цих ділянках зміщена з позицій, котрі вони займають у досконалій кристалічній решітці. Отже, енергія атомів на границі розділу вище, ніж у атомів досконалої решітки. Ефективну енергію, що виникає під час ідеально крихкого розривання зразка, представимо співвідношенням [Трефилов В.И., Мильман Ю.В. Фирстов С.А. Физические основы прочности тугоплавких металлов. - К.: Наукова думка, 1975. - 315 с.]:

$$\gamma_{\text{эф}} = \gamma - \frac{1}{2} \gamma_r, (3)$$

де γ - поверхнева енергія металу відносно вакууму;

γ_r - енергія границі розділу.

40 Абсолютні значення γ_r та $\gamma_{\text{эф}}$ залежить від низки факторів: кут стикування зерен, кристалічна структура, фазовий склад. Враховуючи записані вище рівняння, енергію границь розділу обчислюють за формулою:

$$\gamma_r = 2 (\gamma - 0,5 \varepsilon_0 a (\beta U / 2R)^2). (4)$$

45 Якщо поверхнева енергія металу відносно вакууму не відома, її можливо визначити під час транскристалітного розриву іншого зразка даного хімічного складу [Дранова Ж.И., Дьяченко А.М., Михайловский И.М. Зависимость свободной поверхностной энергии от размера микрокристаллов. - УФЖ, 1971. - 16, № 1. - С. 155-157.]:

$$\gamma = 0,5 \sigma_0 a, (5)$$

де σ_0 - теоретична межа міцності кристалу.

50 Враховуючи останній вираз, отримаємо ще одне співвідношення для обчислення енергії границі розділу:

$$\gamma_r = a (\sigma_0 - \varepsilon_0 (\beta U / 2R)^2) (6)$$

55 Приклад 1. Використання даних для вольфраму марки ВА-3 [Гарбер Р.И., Афанасьев В.И., Михайлов А.Ф., Левандовский Б.И. Автоионномикроскопическое исследование межзеренной прослойки в вольфраме. Известия вузов. - Физика, 1971. - № 2. - С. 122-123.] та [Дранова Ж.И., Дьяченко А.М., Михайловский И.М. Зависимость свободной поверхностной энергии от размера

микрористаллов. - УФЖ, 1971. – 16, № 1. - С. 155-157.] дозволило отримати чисельні значення для енергії границі та ефективної енергії:

$$\gamma_r = 0,85 \text{ Дж/м}^2 \text{ та } \gamma_{\text{еф}} = 2,42 \text{ Дж/м}^2.$$

Отримані результати з одного боку підтверджують результати, отримані іншими згаданими вище способами, а з другого - є ілюстрацією запропонованого способу визначення енергії границь та ефективної енергії.

Вірогідність знаходження згаданих вище границь розділу у промислових матеріалах дуже мала. Для підвищення вірогідності спостереження таких границь в ПІМ видається необхідним вихідні дротяні заготовки чи голчасті зразки піддавати рекристалізаційному відпаленню до виникнення бамбукової структури та змінювати фізичні умови спостереження зразків в ПІМ [Ксенофонов В.А., Соданов Е.В., Михайловский М.Н., Великондная О.А. Полевая ионная микроскопия объектов микрометрового масштаба. Письма в ЖТФ, 2005. - Т. 31. - Вып.20. - С. 76-81.].

Запропонований спосіб визначення енергії границь розділу в голчастих кристалах з бамбуковою структурою за відсутністю еталонних границь з відомою енергією, суттєво відрізняється від традиційних вимірювань тому, що відбувається на атомному рівні в польовому іонному мікроскопі (ПІМ) завдяки об'ємному скануванню зразка за допомогою атомного випаровування поверхні діючим електричним полем на зразок.

Технічний результат: запропонований спосіб дає можливість не тільки визначити абсолютні значення енергії границь розділу в голчастих зразках з бамбуковою структурою, але й дозволяє визначити ефективну енергію, котра приходить на одиницю площі поверхні, що виникає.

Використання запропонованого способу дозволяє отримати низку абсолютних значень енергії границь розділу з різноманітними кутовими співвідношеннями і це буде досить актуальним для порівняння з теоретичними значеннями енергій зазначених границь.

25

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб визначення енергії границь розділу в голчастих кристалах з бамбуковою структурою, який **відрізняється** тим, що значення енергії визначають завдяки вимірюванню параметрів діючого електричного поля на зразок під час його розриву по границі міжзеренного сполучення при об'ємному скануванні в польовому іонному мікроскопі, причому шукану величину розраховують за формулами в залежності від знання відповідних характеристик кристалічної решітки зразка та вимірюваних параметрів:

$$\gamma_r = 2 \left(\gamma - 0,5 \varepsilon_0 a (\beta U / 2R)^2 \right)$$

35 або

$$\gamma_r = a \left(\sigma_0 - \varepsilon_0 (\beta U / 2R)^2 \right),$$

де γ_r - абсолютне значення енергії міжзеренного сполучення;

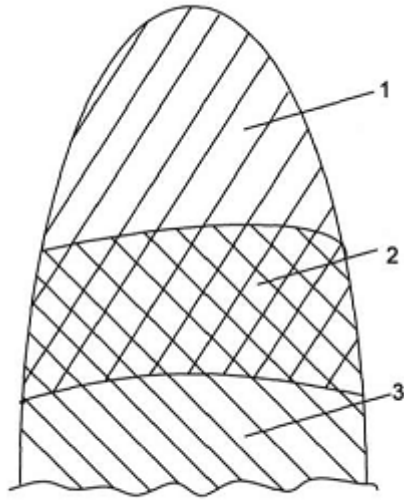
γ - поверхнева енергія енергії металу відносно вакууму;

a - параметр кристалічної решітки металу;

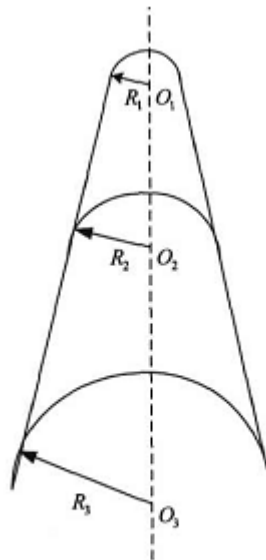
40 ε_0 - електрична стала;

β - фактор електричного поля, що діє на зразок з радіусом R кривизни його верхів'я з різницею потенціалів U між зразком та екраном;

σ_0 - теоретична межа міцності кристалу.



Фиг. 1



Фиг. 2

Комп'ютерна верстка О. Рябко

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

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