



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **78213** (13) **U**
(51) МПК (2013.01)
G01N 13/00
G01N 23/00
G01N 23/20 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2012 10875	(72) Винахідник(и): Молодкін Вадим Борисович (UA), Низкова Ганна Іванівна (UA), Богданов Євген Іванович (UA), Мазанко Володимир Федорович (UA), Храновська Катерина Миколаївна (UA), Богданов Сергій Євгенович (UA)
(22) Дата подання заявки: 18.09.2012	
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 11.03.2013	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 11.03.2013, Бюл.№ 5	(73) Власник(и): ІНСТИТУТ МЕТАЛОФІЗИКИ ІМ. Г.В. КУРДЮМОВА НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ, бул. Вернадського, 36, м. Київ-142, МСП, 03680 (UA)

(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ РОЗПОДІЛУ ДОМІШОК В ОБ'ЄМІ МОНОКРИСТАЛА

(57) Реферат:

Спосіб визначення розподілу домішок в об'ємі монокристала включає опромінення монокристала випромінюванням, реєстрацію випромінювання, розрахунок концентрації домішок в монокристалі. Опромінювання монокристала здійснюють рентгенівським випромінюванням, послідовно видаляють шари монокристала товщиною порядку 3-5 довжин абсорбції, вимірюють інтенсивність дифракційних рентгенівських ліній у кожному шарі, визначають зміну

інтенсивності дифракційних рентгенівських ліній $\frac{I_0}{I_i}$,

де: I_0 - інтенсивність до видалення шарів, імп./с;

I_i - інтенсивність після видалення шару, імп./с;

розрахунок концентрації домішок у кожному шарі монокристала здійснюють за формулою:

$$C_i = \frac{3a^2}{4\gamma\pi^2(h^2 + k^2 + l^2)\Delta R^2} \ln \frac{I_0}{I_i}, \text{ в атомних частинах,}$$

де: a - параметр кристалічної ґратки монокристала, Å;

γ - параметр, що враховує структуру монокристала;

ΔR - різниця радіусів атомів домішки та монокристала, Å;

(h,k,l) - індекси Міллера,

та будують залежність концентрації домішок C_i від глибини шару, за якою визначають розподіл домішок в об'ємі монокристала.

UA 78213 U

Корисна модель належить до галузі рентгенодифракційних методів дослідження дифузійних ефектів в монокристалах, а саме до визначення розподілу домішок в його об'ємі, і може бути використана при виготовленні інтегральних мікросхем, напівпровідникових та оптоелектронних приладів на основі монокристалів.

5 Визначення типу дефектів, їх концентрації та перерозподілу в приповерхневому шарі монокристалів є актуальним у прикладних та фундаментальних дослідженнях. Розрахунок концентрації точкових дефектів в дифузійній зоні дозволяє отримувати дані щодо розподілу домішок в об'ємі монокристала, тим самим більш точно визначати його властивості.

10 Відомий спосіб визначення розподілу концентрації домішок по глибині кристала вимірюванням характеристики залежності плазмової частоти від кута падіння при відображенні та поглинанні інфрачервоного випромінювання [Заявка Японії № 1-50936 кл. H01L21/66, G01N21/35].

Недоліком даного способу є низька точність визначення домішок у монокристалі вміст яких є невеликим. Також до недоліків слід віднести значну трудомісткість та складність устаткування для реалізації способу.

Відомий спосіб контролю структурних дефектів у монокристалів з використанням просвічуючої електронної мікроскопії [Стоянов И.Г., Анискин И.Ф. Физические основы просвечивающей электронной микроскопии. -М.: Наука, 1972. - С. 50].

20 Недоліком даного способу є неможливість оцінювати концентрацію домішок у монокристалі. Найбільш близьким за технічною суттю та результатом, що досягається, до способу, що заявляється, є спосіб комбінаційного розсіяння світла, при якому монокристал опромінюють монохроматичним світлом, реєструють спектральні лінії випромінювання, які відповідають певним коливанням груп атомів, з наступним розрахунком концентрації домішок у монокристалі [Коршунов М.А. Исследование распределения молекул компонентов в твердых растворах парадибромбензола-парадихлорбензола методом комбинационного рассеяния света// Кристаллография.-2003. Т. 48, № 3. - С. 531-536].

Недоліком даного способу є те, що розрахована концентрація домішок є усередненою за глибиною шару монокристала і не дає інформацію щодо реального розподілу домішок.

30 В основу корисної моделі поставлено задачу створити такий спосіб визначення розподілу домішок в об'ємі монокристала, в якому шляхом опромінювання монокристала рентгенівським випромінюванням з наступним послідовним видаленням шарів визначають локальний розподіл домішок в об'ємі монокристала.

Поставлена задача вирішується тим, що у відомому способі визначення розподілу домішок в об'ємі монокристала, що включає опромінювання монокристала випромінюванням, реєстрацію випромінювання, розрахунок концентрації домішок в монокристалі, згідно з корисною моделлю, опромінювання монокристала здійснюють рентгенівським випромінюванням, послідовно видаляють шари монокристала товщиною порядку 3-5 довжин абсорбції, вимірюють інтенсивність дифракційних рентгенівських ліній у кожному шарі, визначають зміну інтенсивності

дифракційних рентгенівських ліній $\frac{I_0}{I_i}$,

40 де: I_0 - інтенсивність до видалення шарів, імп./с;

I_i - інтенсивність після видалення шару, імп./с;

розрахунок концентрації домішок у кожному шарі монокристала здійснюють за формулою:

$$C_i = \frac{3a^2}{4\gamma\pi^2(h^2 + k^2 + l^2)\Delta R^2} \ln \frac{I_0}{I_i}, \text{ в атомних частинах,}$$

45 де: a - параметр кристалічної ґратки монокристала, \AA^0 ;

γ - параметр, що враховує структуру монокристала;

ΔR - різниця радіусів атомів домішки та монокристала, \AA^0 ;

(h,k,l) - індекси Міллера,

та будують залежність концентрації домішок C_i від глибини шару, за якою визначають розподіл домішок в об'ємі монокристала.

50 Запропонований спосіб визначення розподілу домішок в об'ємі монокристала пояснюється графіком, на якому наведено профіль розподілу азоту в монокристалічному хромі після дифузійного відпалу ($T = 1273\text{K}$, $\tau = 1,8 \cdot 10^4\text{с}$).

Запропонований спосіб реалізується наступним чином.

Монокристал, наприклад, хрому з орієнтацією площини {111} відпалювали в кварцових ампулах у атмосфері, наприклад, азоту при $T=1273$ К впродовж $\tau = 1,8 \cdot 10^4$ с. Внаслідок відпалу відбувалася дифузія азоту в монокристалічний хром з утворенням нітриду Cr_2N та твердого розчину впровадження.

5 Опромінювали монокристал хрому рентгенівським випромінюванням, наприклад, мідним (CuK_α).

Відомо, що глибина проникнення випромінювання в монокристал дорівнює 4 довжинам абсорбції. Авторами експериментально встановлено для випадку реалізації корисної моделі, глибина абсорбції становить 2,5 мкм.

10 Після опромінювання монокристала хрому CuK_α - випромінюванням, послідовно видаляли шари монокристала товщиною порядку, наприклад, 10 мкм, вимірювали інтенсивність дифракційних рентгенівських ліній у кожному шарі, визначали зміну їх інтенсивності $\frac{I_0}{I_i}$.

Розрахунок концентрації домішок, наприклад, азоту у кожному шарі монокристала хрому проводять наступним чином:

15 інтенсивність рентгенівських ліній I для однорідного твердого розчину визначають за відомою формулою [Кривоглаз М.А. Дифракция рентгеновских лучей и нейтронов в неидеальных кристаллах. -К.: Наукова думка, 1983]:

$$I = I_0 e^{-2L}, \quad (1)$$

20 середній квадрат статичного зміщення атомів у спотвореній ґратці визначають за відомою формулою [Новиков Н.Н. Структура и структурно-чувствительные свойства реальных кристаллов. - К.: Вища школа, 1983]:

$$\frac{-2}{u_{\tilde{h}0}^2} = \frac{3a^2}{4\pi^2(h^2 + k^2 + l^2)} \ln \frac{I_0}{I}, \quad (2)$$

25 в наближенні теорії пружності $\frac{-2}{u_{\tilde{h}0}^2}$ розраховують за формулою [Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теория упругости. - М.: Наука, 1987]:

$$\frac{-2}{u_{\tilde{h}0}^2} = \gamma \tilde{n} (\Delta R)^2, \quad (3)$$

- розрахунок концентрації домішок у кожному шарі монокристала проводять за формулою:

30

$$C_i = \frac{3a^2}{4\gamma\pi^2(h^2 + k^2 + l^2)\Delta R^2} \ln \frac{I_0}{I_i}, \quad (4)$$

де: $I_0 = 10^4$; $(hkl) = (111)$; $a = 2,884$; $\gamma = 7$; $\Delta R = 0,367$;

та будують залежність концентрації домішок C_i від глибини шару (див. кресл.), за якою визначають розподіл домішок в об'ємі монокристала.

35 Таким чином, запропонований спосіб визначення розподілу домішок в об'ємі монокристала дозволяє розрахувати локальну концентрацію домішок в об'ємі монокристала та може бути реалізований як у лабораторних, так і виробничих умовах.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

40

Спосіб визначення розподілу домішок в об'ємі монокристала, що включає опромінення монокристала випромінюванням, реєстрацію випромінювання, розрахунок концентрації домішок в монокристалі, який **відрізняється** тим, що опромінювання монокристала здійснюють рентгенівським випромінюванням, послідовно видаляють шари монокристала товщиною

45

порядку 3-5 довжин абсорбції, вимірюють інтенсивність дифракційних рентгенівських ліній у кожному шарі, визначають зміну інтенсивності дифракційних рентгенівських ліній $\frac{I_0}{I_i}$,

де: I_0 - інтенсивність до видалення шарів, імп./с;

I_i - інтенсивність після видалення шару, імп./с;

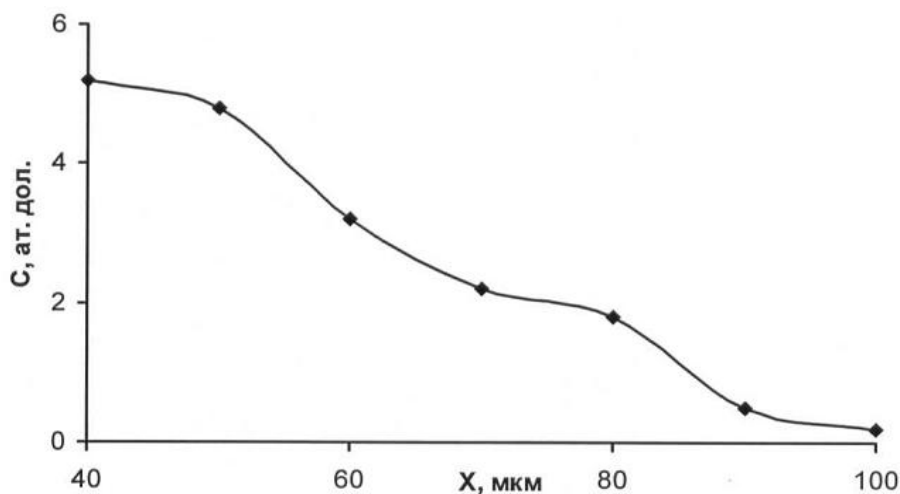
розрахунок концентрації домішок у кожному шарі монокристала здійснюють за формулою:

$$C_i = \frac{3a^2}{4\gamma\pi^2(h^2 + k^2 + l^2)\Delta R^2} \ln \frac{I_0}{I_i}, \text{ в атомних частинах,}$$

- 5 де: a - параметр кристалічної ґратки монокристала, \AA ;
 γ - параметр, що враховує структуру монокристала;

ΔR - різниця радіусів атомів домішки та монокристала, \AA ;
 (h,k,l) - індекси Міллера,

- 10 та будують залежність концентрації домішок C_i від глибини шару, за якою визначають розподіл домішок в об'ємі монокристала.



Комп'ютерна верстка А. Крижанівський

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