ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДА ПОВЕРХНОСТИ МОНОКРИСТАЛЛА ГЕЙСЛЕРА

دراسة البنية المجهرية للانتقال الطوري لسطح بلورة هوسلر المفردة

Шматок Евгений Викторович
Магистр технических наук, соискатель, БГУИР

Врублевский Игорь Альфонсович
к.т.н., доцент
Зав. НИЛ«Многофункциональные металлооксидные композитные материалы» БГУИР

Научный руководитель

المشرف العلمي

Аннотация: *Сплавы Гейслера, обнаруженные в начале двадцатого века, возродились в двадцать первом веке как захватывающие материалы в виде многочисленных функциональных приложений. Перспективным является производство полупроводников, где данный класс материалов может использоваться в роли датчиков и преобразователей. Методами оптической микроскопии в сочетании с обработкой изображения исследуется профиль поверхности (001) монокристаллического Ni_2MnGa. Исследование показало, что уровни межфазных границ симметричны, экстремумы профиля локализованы на границах, причём уровень фаз меняется примерно на 15% от исходного.*

Ключевые слова: *монокристалл, полупроводники, фазовый переход, Ni_2MnGa.*

إيفجيني فيكتوروفيتش شماتوك
ماجستير في العلوم التقنية، باحث ، جامعة بيلاروسيا الحكومية للاتصالات والمعلوماتية

د. إيجور ألفونسوفيتش فروبليفسكي
أستاذ مشارك رئيس مختبر الأبحاث "مواد مركبة من أكسيد المعادن متعددة الوظائف" التابع لجامعة بيلاروسيا الحكومية للاتصالات والمعلوماتية

الخلاصة : تم اكتشاف سبائك هويسلر في أوائل القرن العشرين، ثم عادت إلى الظهور في القرن الحادي والعشرين كمواد مثيرة في شكل العديد من التطبيقات الوظيفية. ويعد إنتاج أشباه الموصلات أمرًا واعدًا، حيث يمكن استخدام هذه الفئة من المواد كأجهزة استشعار ومحولات. تم دراسة ملف تعريف السطح (001) لبلورة Ni_2MnGa الفردية باستخدام طرق المجهر الضوئي بالاشتراك مع معالجة الصور. وأظهرت الدراسة أن مستويات حدود الطور البيني متناظرة، وأن أقصى درجات المظهر موضعية عند الحدود، وأن مستوى الطور يتغير بنحو 15% عن الأصل.

الكلمات المفتاحية : البلورة المفردة، أشباه الموصلات، الانتقال الطوري، Ni_2MnGa.

Введение

Уникальные особенности сплавов Гейслера, связанные с проявлением памяти формы, сверхупругости и возможности управления этими эффектами с помощью магнитного поля, открывают широкие перспективы их практического применения в качестве функциональных элементов в оборудовании для полупроводниковой промышленности. Состояние поверхности таких интерметаллических сплавов, обусловленное фазовым составом [1], распределением легирующих компонентов и дислокационно-диффузионными механизмами [2], влияет на функциональные свойства [3]. Целью настоящей работы было изучение морфологии поверхности (001) монокристаллического Ni2MnGa и анализ участков с наибольшей неоднородностью микроструктуры с помощью обработки изображений в программе ImageJ.

المقدمة

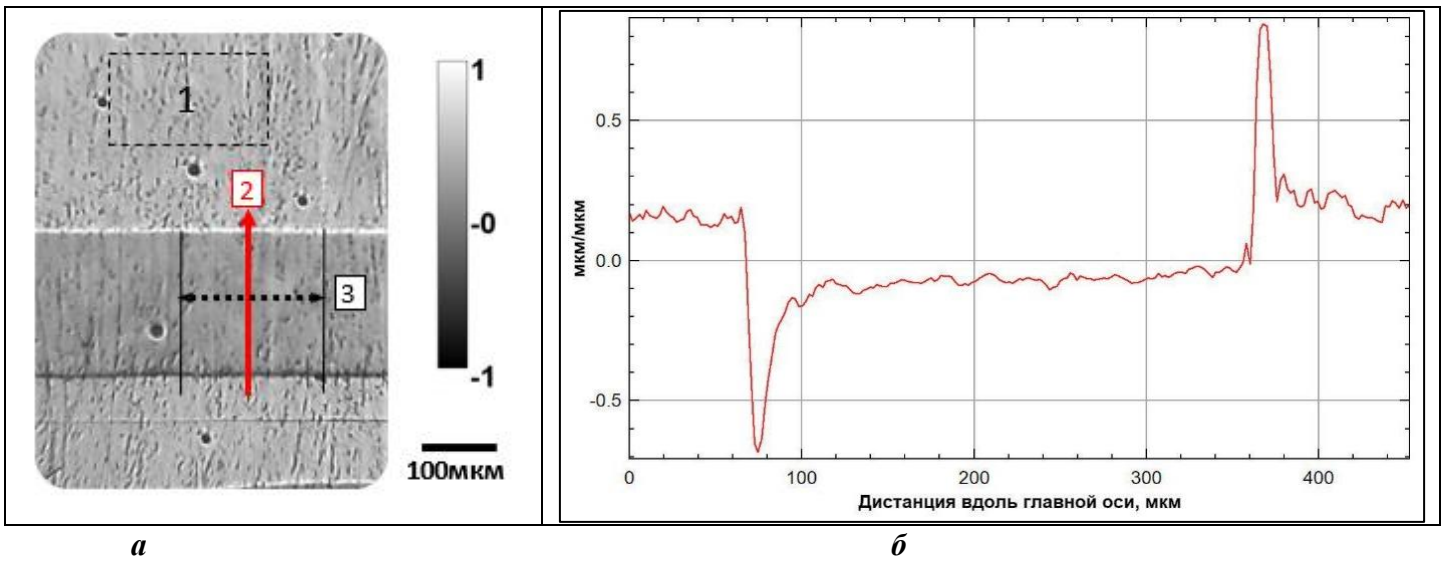
إن الخصائص الفريدة لسبائك هويسلر، المرتبطة بإظهار ذاكرة الشكل والمرونة الفائقة والقدرة على التحكم في هذه التأثيرات باستخدام المجال المغناطيسي، تفتح آفاقًا واسعة لتطبيقها العملي كعناصر وظيفية في المعدات المستخدمة في صناعة أشباه الموصلات. تؤثر حالة سطح هذه السبائك المعدنية المتعددة، والتي يتم تحديدها من خلال تركيب الطور [1] وتوزيع مكونات السبائك وآليات الخلع والانتشار [2]، على الخصائص الوظيفية [3]. هدف هذا العمل هو دراسة مورفولوجيا سطح (001) من بلورة Ni2MnGa أحادية البلورة وتحليل المناطق ذات أكبر قدر من عدم تجانس البنية الدقيقة باستخدام معالجة الصور في برنامج ImageJ.

Результаты и обсуждение

Поверхность (001) монокристаллического сплава Ni_2MnGa была изучена с помощью оптической микроскопии в сочетании с обработкой изображения программой ImageJ. Нормированная калибровка уровня серого производилась для трёх уровней: «нулевой» калибровался на поверхности образца (1, Рис.1), самым ярким пикселям изображения соответствует уровень «единица», соответственно самым тёмным пикселям на снимке присваивается «минус один» (Рис.1). Такая калибровка изображения позволила получить профиль поверхности в соответствии уровня серого, построенного вдоль главной оси (2, Рис.1). Для подавления «шумов» значения усреднялись по ширине зоны в 200 пикселей (3, Рис.1), перпендикулярно главной оси.

النتائج والمناقشة

تمت دراسة سطح (001) لسبائك Ni_2MnGa أحادية البلورة باستخدام المجهر الضوئي جنبًا إلى جنب مع معالجة الصور باستخدام برنامج ImageJ. تم إجراء المعايرة الطبيعية لمستوى اللون الرمادي لثلاثة مستويات: تم معايرة "صفر" على سطح العينة (1، الشكل 1)، تتوافق البكسلات الأكثر سطوعًا في الصورة مع المستوى "واحد"، وبالتالي يتم تعيين البكسلات الأكثر قتامة في الصورة على أنها "ناقص واحد" (الشكل 1). أتاح معايرة الصورة هذه الحصول على ملف تعريف السطح وفقًا لمستوى اللون الرمادي المبني على طول المحور الرئيسي (2، الشكل 1). لقمع "الضوضاء"، تم حساب متوسط القيم على عرض منطقة 200 بكسل (3، الشكل 1)، بشكل عمودي على المحور الرئيسي.



а *б*

а- микроскопия поверхности (001), б- осреднённый профиль поверхности (001) построенный вдоль главной оси

Рис 1- микрорельеф бездиффузионного фазового перехода монокристалла Ni_2MnGa

أ- مجهر السطح (001)، ب- متوسط مقطع السطح (001) البني على طول المحور الرئيسي

الشكل 1 - نقش بارز صغير لانتقال الطور بدون انتشار لبلورة Ni2MnGa المفردة

Полученный результат наглядно демонстрирует морфологию поверхности в окрестностях межфазного перехода. Профилирование выявило характерные «неровности» вблизи границ (Рис2,б), что указывает на локальную неоднородность микроструктуры поверхности. Экстремумы профиля симметричны, при отклонении среднего уровня центральной прослойки примерно на 15% от исходного уровня поверхности монокристалла.

وتظهر النتيجة التي تم الحصول عليها بوضوح مورفولوجيا السطح في محيط انتقال الطور البيني. كشف التحليل عن وجود "مخالفات" مميزة بالقرب من الحدود (الشكل 2، ب)، مما يشير إلى التباين المحلي للبنية الدقيقة للسطح. تكون أطراف الملف الشخصي متناظرة، حيث ينحرف المستوى المتوسط للطبقة المركزية بنحو 15% عن المستوى الأولي لسطح البلورة الفردية.

Заключение

Результаты исследований межфазной границы после оптического паролирования поверхности образцов позволили установить, что изменение вблизи границ, сопровождается значительными экстремумами. Обнаружено, что в таких местах наблюдается 15% отклонение уровня центральной прослойки от исходной поверхности монокристалла.

الخاتمة

وقد مكنت نتائج دراسات حدود الطور البيني بعد التعتيم الضوئي لسطح العينات من إثبات أن التغيير بالقرب من الحدود مصحوب بتطرفات كبيرة. وقد وجد أنه في مثل هذه الأماكن يوجد انحراف بنسبة 15% لمستوى الطبقة المركزية عن السطح الأصلي للبلورة المفردة.

Литература المراجع والمصادر

1. Sokolovskiy V. Compositional trends in Ni-Mn-Ga Heusler alloys: first-principles approach // MATEC Web of Conferences. - 2015. - №33. - p. 20-25.
2. Шматок, Е.В. Расчет распределения легирующих компонентов Mn и Ga в мартенситной фазе монокристаллического ферромагнитного сплава Гейслера Ni_2MnGa у линзовидного остаточного некогерентного механического двойника // Вестник Брестского ГТУ. Серия М, 2014. – № 4(88). – с. 64-67.
3. Wang W.H. Magnetic Properties and Structural Phase Transformations of NiMnGa Alloys // IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS. - 2001. - V37, №4. - p. 2715-2717.