

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ИЗМЕНЕНИЯ ЮВЕНИЛЬНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ γ -ОБЛУЧЕННЫХ И НЕОБЛУЧЕННЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ КРИСТАЛЛОВ

В.А.Лиопо¹⁾, А.У.Шелег²⁾, А.В.Картавцев¹⁾, А.Ф.Сенько¹⁾

¹⁾Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, ул. Ожешко 22, г.Гродно, 230023, Беларусь, т.(0152)72-15-08, E-mail liopo@grsu.grodno.by

²⁾Институт физики твердого тела и полупроводников НАН Беларуси, ул. П.Бровки 17, г.Минск, 220072, Беларусь, т.(017)284-12-82, E-mail sheleg@isttp.bas-net.by

Для исследования поверхностной активности полупроводниковых кристаллов TiGaSe_2 и TlInSse использовался метод атомно-силовой микроскопии. Показано, что обработка этих кристаллов γ -излучением изменяет их структурную дефектность и увеличивает их поверхностную активность. Изменения ювенильной поверхности продолжаются в течение нескольких десятков минут.

I. Введение

Радиационные воздействия на кристалл могут привести как к появлению нульмерных дефектов (например, вызвать смещение атомов), так и к возникновению дислокаций. Смещения атомов могут быть зарегистрированы методами рентгеновской дифрактометрии по изменению положения, интенсивности и профилю дифракционных максимумов [1]. Изменение плотности дислокаций можно определить методом оптической или электронной микроскопии [2] а так же методами сканирующей зондовой микроскопии [3].

Метод атомно-силовой микроскопии как разновидность сканирующей зондовой (в том числе и туннельной) микроскопии, разработанной в 1981 году, открыл новое направление в современной экспериментальной физике. Атомно-силовая микроскопия (АСМ) исследует объекты с размерами в нано- и микродиапазоне и заполняет нишу между оптическими и дифракционными методами. Решая задачи, аналогичные тем, которые рассматривает классическая электронная микроскопия, метод АСМ значительно проще в экспериментальном отношении и позволяет получить качественные плоские и объемные изображения поверхности без существенного воздействия на образец. Этот метод широко используется при исследовании различных поверхностных структур как неорганических, так и органических материалов.

Основные направления исследований кристаллов методом АСМ, на наш взгляд, следующие:

- изучение топографии поверхности различных граней кристаллитов по большепольным АСМ снимкам;
- исследование процессов формирования ультрадисперсных частиц и кластеров на конкретных гранях кристаллов в условиях различных внешних воздействий: нагревания, деформаций, радиационных воздействий, действий агрессивных сред и т.п.;
- изучение процессов, идущих в объеме

- изучение локальных структур самоорганизированных поверхностных (например, адсорбционных) пленок, а также пленок Ленгмюра-Блоджет;

- исследование процессов, идущих на поверхности кристалла в вакууме и в различных газовых средах.

II. Методика эксперимента

Нами были исследованы кристаллы полупроводников типа TiGaSe_2 , TlInSse . Анализировалась динамика изменений поверхности в зависимости от состава кристалла и воздействия ионизирующего излучения. Исследования осуществлялись на атомно-силовом микроскопе НАНО-ТОП-201. В основе АСМ лежит измерение силы, действующей на острое сканирующей иглы с радиусом кривизны острия порядка ~ 10 нм при сканировании образца в горизонтальной плоскости. При этом измеряется отклонение консоли, на которой закреплена игла, под действием сил взаимодействия между иглой и поверхностью. Нами использовался бесконтактный метод [4]. Недостатком многих методик АСМ является то, что практически невозможно получить изображение одних и тех же участков поверхности, если исследуемый образец был убран с держателя микроскопа, например, для какой-либо физико-химической обработки.

Метод АСМ особенно удобен, на наш взгляд, для исследования кристаллов с плоскостью спайности, например, слоистых силикатов [5]. При этом обеспечивается возможность изучать свойства вновь образованных свежерасщепленных (ювенильных) поверхностей и отслеживать динамику их изменений в пределах одного и того же участка.

III. Результаты эксперимента и обсуждение

Кристаллы TiGaSe_2 представляют собой трехслойную структуру из тетраэдров, расположенных в их центре. Эти тетраэдры образуют слои со спай-

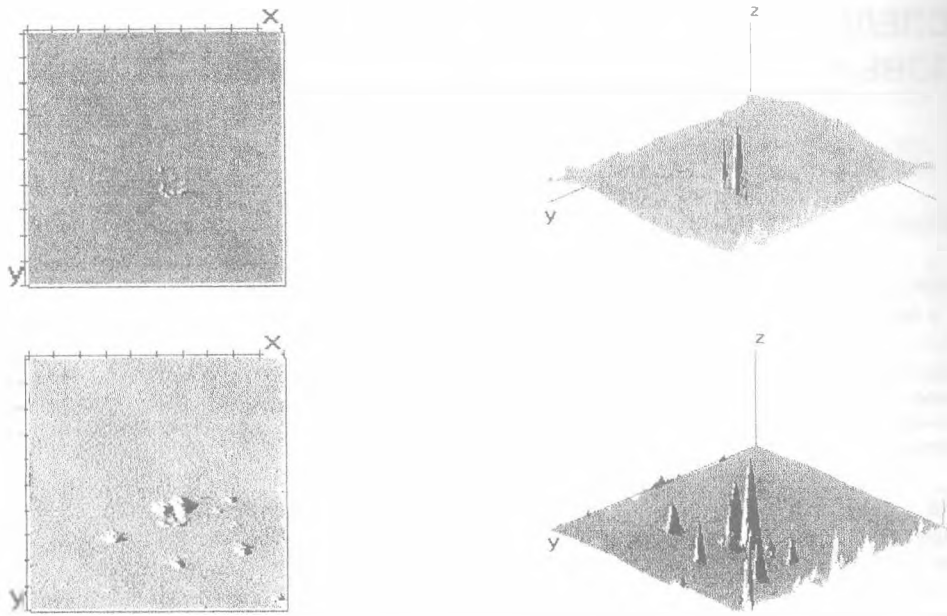


Рис.1. АСМ-изображение ювенильной поверхности необлученного кристалла TiGaSe_2 и того же участка поверхности после прекращения поверхностных процессов

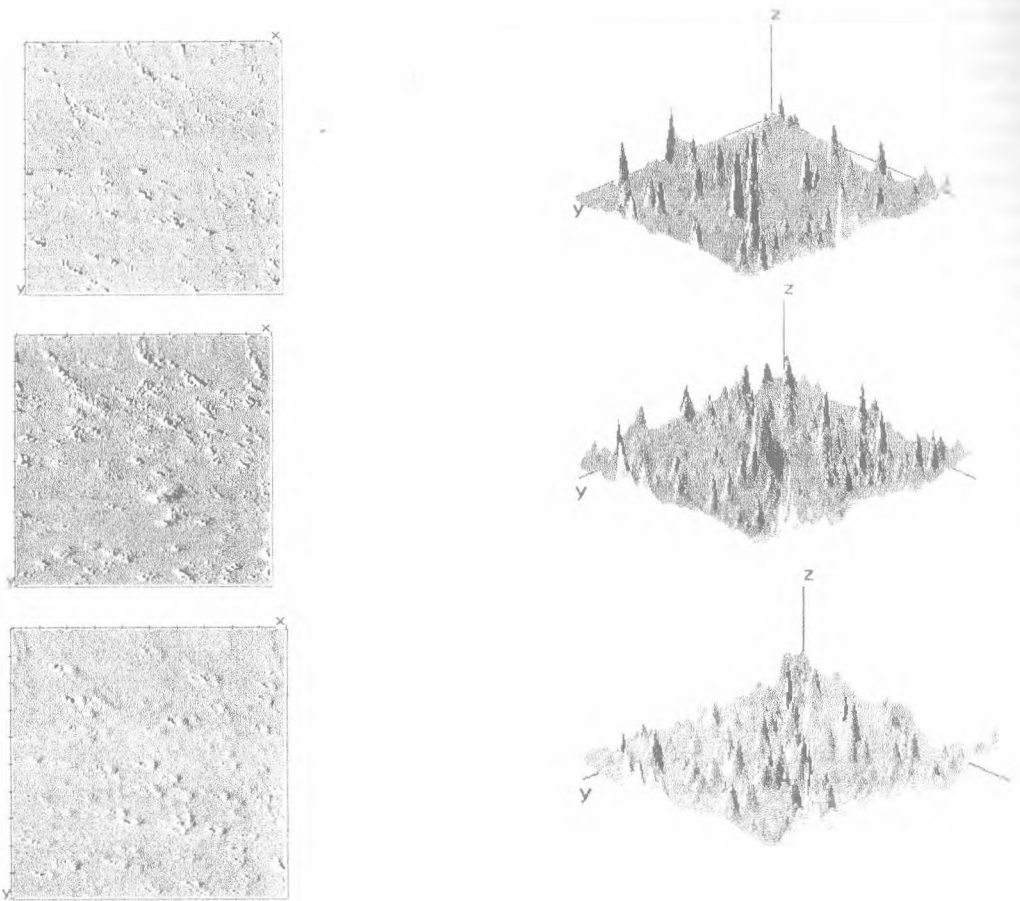


Рис.2. АСМ-изображение ювенильной поверхности кристалла TiGaSe_2 после γ -облучения (экспозиционная доза 10^8 Р). Площадь сканирования $25 \times 25 \text{ мкм}$, снимки выполнены : сразу после скола, спустя 40 и 100 мин

ты такого типа относятся к пространственной симметрии C2/c [6, 7].

На ювенильных поверхностях кристаллов TiGaSe_2 происходят изменения связанные с адсорбционными процессами и, видимо, с выходом вещества из внутренних областей кристалла [3].

Степень дефектности поверхности оценивалась по АСМ-снимкам, полученным непосредственно после раскола кристалла. На рис.1 приведены АСМ-снимки ювенильной поверхности необлученного кристалла TiGaSe_2 и того же участка после прекращения поверхностных процессов. Время релаксации 70 мин.

На рис.2 показано АСМ-изображение участка ювенильной поверхности кристалла TiGaSe_2 после γ -облучения. Экспоненциальная доза 10^8 Р . Время релаксации процессов на ювенильной поверхности скола кристаллов TiGaSe_2 достигает 100 мин.

Приведенные снимки показывают, что облучение кристаллов TiGaSe_2 приводит к изменению структуры его ювенильной поверхности, что связано с увеличением концентрации дефектов. Энергетическое воздействие на кристалл, основным структурным элементом которого является тетраэдр, может привести к тому, что эти тетраэдры развернутся вокруг общих ребер, что вызовет увеличение концентрации дефектов.

Исследования кристаллов TiGaSe_2 методом рентгеновской дифрактометрии показали, что в кристаллах облученных γ -излучением появилась аморфная фаза.

Подчеркнем, что динамика изменения поверхностной активности полупроводниковых кристаллов исследована методом АСМ в одних и тех же участках поверхности.

Процессы, происходящие на ювенильных поверхностях кристалла, обусловлены двумя резко отличными друг от друга группами факторов. Первая группа отражает адсорбционные процессы, вторая – диффузионные. Причина появления адсорбционных образований может быть объяснена тем, что на ювенильной поверхности кристалла возникают электрически заряженные области [8]. При образовании ювенильной поверхности резко меняется энергетическое состояние атомов в приповерхностном слое, толщина которого может существенно превышать атомные размеры. Возникает условие для диффузии атомов, что приводит к выходу вещества из его внутренних областей на поверхность [9]. Если Р-концентрация поверхностных образований, то скорость их изменения dP/dt наибольшая в нача-

ле процесса и уменьшается со временем. Можно полагать, что

$$dP/dt = a/(t+b)$$

где a и b – положительные константы, зависящие от свойств кристалла.

Отсюда

$$P = P_0 + a \ln(t+b)/b,$$

что не противоречит эксперименту.

IV. Выводы

Проведенные нами исследования позволяют сделать следующие выводы:

- метод атомно-силовой микроскопии показывает, что на ювенильных поверхностях γ -облученных кристаллов TiGaSe_2 плотность активных центров значительно больше, чем у необлученных кристаллов.
- время релаксации процессов, идущих на поверхностях кристаллов, может достигать нескольких десятков минут и слабо зависит от дозы облучения.
- метод АСМ позволяет получить параметры, характеризующие динамику изменений поверхности анализируемого образца.

Список литературы

1. Казаков В.Г., Лопатаев Ю.В., Лиопо В.А., Шкурко А.И. Исследование процессов атомного упорядочения в массивных и пленочных облученных кристаллов MnGa // Радиационные дефекты в тв.т. Ашхабад: изд. МНО ТССР - 1977. - С. 14-16.
2. Каули Дж. Физика дифракции. М., Мир: 1979. - С.405.
3. Лиопо В.А., Сенько А.Ф., Шелег А.У., Картавцев А.В. Исследование ювенильных поверхностей полупроводниковых кристаллов методом АСМ // Материалы, технологии, инструменты. - 1998. - №4. - С 109-113.
4. Сулов А.А., Чижик С.А. Сканирующие зондовые микроскопы // Материалы, технологии, инструменты. - №3. - С.78-89.
5. Лиопо В.А., Сенько А.Ф. Динамика изменения поверхностной активности кристаллов слоистых силикатов // Материалы, технологии, инструменты. 1997. - №1. - С. 10-12.
6. Henkel W., Hochheimer H.D., Carlone C. High-pressure Raman study of the ternary chalcogenides TiGaSe_2 , TlInSe_2 , TlInS_2 // The American Physical Society. Phys. Rev. B. - 1982. - v26. - №6. - P. 3211-3221.
7. Kycong Ae Yee, Albright T.A. Bonding and Structure Of TiGaSe_2 // J. Am. Chem. Soc. - 1991. - v.113. - №17. - P. 6474-6478.
8. Лиопо В.А., Мецик М.С., Перевертаев В.Д. и др. Молекулярное упорядочение в водной пленке под действием кристаллов слюды // ЖФХ. - 49. - 1975. - №11, P. 2909-2912.
9. Gebhart B. Heat conduction and mass diffusion. McGraw-Hill. Inc. 1993. - P. 634.

STUDYING JUVENILE SURFACES OF SEMICONDUCTOR CRYSTALS BY AFM

V.A.Liopo¹⁾, A.U. Sheleg²⁾, A.V.Kartavtsev¹⁾, A.F. Sen'ko¹⁾

¹⁾Grodno state University Ozeschko str 22, 2300023, Grodno, Belarus, tel.(017) 2284-12-82

E-mail liopo@grsu.grodno.by

²⁾Institute of Solid State and Semiconductor Physics, National Academy of Sciences of Belarus, 220072 Minsk, Belarus tel (017)284-12-82, E-mail sheleg@isttp.bas-net.by

This document has been edited with Infix PDF Editor - free for non-commercial use.

To remove this notice, visit: www.iceni.com/unlock.htm