

КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АЛЬ-ФАРАБИ  
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ И ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ  
НАЦИОНАЛЬНАЯ НАНОТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛАБОРАТОРИЯ ОТКРЫТОГО ТИПА

Сборник трудов  
III международной научной конференции  
**СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ФИЗИКИ  
КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ,  
НАНОТЕХНОЛОГИЙ И НАНОМАТЕРИАЛОВ**

15-16 мая 2014 г.



Алматы 2014

локальному нагреванию. Путем изменения напряженности магнитного поля, можно изменять температуру наночастиц, следовательно, вместе с ними локально повышается и температура области патологии. При повышении температуры злокачественных опухолей до 43°C и выше, последние разрушаются и в дальнейшем полностью исчезают [3]. В настоящее время перспективные в онкологии наноманитные частицы на основе оксидов железа (гематита, магнетита и маггемита) одобрены Управлением по контролю за качеством пищевых продуктов и лекарственных препаратов (FDA) во многих странах мира.

1. Berry C., Curtis A. Functionalisation of magnetic nanoparticles for applications in biomedicine // Jour. Phys. D. Appl. Phys. 2003. P.502-511.

2. Губин С.П., Кокшаров Ю.А., Хомутов Г.Б. Юров Г.Ю. Магнитные наночастицы: методы получения, строение и свойства // Успехи химии. 74(6), 2005. С.539-574.

3. Никифров В.И. Магнитная гипертермия. //Известия ВУЗов. Серия Физика. 2007, №9. С.60-72

## **КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ЭПИТАКСИАЛЬНЫХ СЛОЕВ АРСЕНИДА ГАЛЛИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМБИНАЦИОННОГО РАССЕЯНИЯ СВЕТА И АТОМНО-СИЛОВОЙ МИКРОСКОПИИ**

**С.М. Манаков, Б.А. Аканаев, Р.Р. Немкаева**  
*НИИЭТФ, КазНУ им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан*

Полупроводниковые приборы на основе арсенида галлия (солнечные элементы, диоды Ганна, резонансно-туннельные диоды, различные виды сенсоров) широко используются в опто- и нанoeлектронике [1,2].

Материалом для изготовления таких приборов являются тонкопленочные эпитаксиальные структуры, выращенные на подложках из сильно легированного арсенида галлия (GaAs). Все эпитаксиальные методы связаны с общей проблемой – потребностью в дешёвых подложках большой площади, которые структурно, химически, оптически и механически согласованы с полупроводниками. Наличие достаточно толстой (десятки и сотни микрон) полупроводниковой подложки создает последовательное сопротивление, ухудшающее параметры приборов, ухудшает экономические показатели (для работы приборов необходимы слои GaAs толщиной несколько микрометров), ограничивает теплоотвод от активной части прибора, что также сужает область применения таких приборов. Поиск новых материалов, пригодных для применения в качестве материала подложек для эпитаксии арсенида галлия, к тому же с большей доступностью и достаточной дешевизной, был продолжен и продолжается до сих пор [3,4].

Целью работы является исследование структурных свойств эпитаксиальных пленок GaAs, выращенных на монокристаллических подложках из NiSb, обладающих металлическим типом проводимости и высоким коэффициентом теплопроводности. Использование такой структуры позволит за счет уменьшения последовательного сопротивления приборов и увеличения тепловой мощности рассеяния повысить эффективность фотопреобразователей, мощность и рабочие частоты СВЧ – приборов.

Подложки NiSb для создания гетероэпитаксиальных структур GaAs/NiSb изготавливались из пластин, вырезанных из монокристаллического слитка NiSb с ориентацией (0001). Такая плоскость обеспечивала рост эпитаксиальной пленки GaAs в направлении (111), при этом рассогласование характерных параметров решеток NiSb и GaAs не превышало 0,4 %, в результате чего исключается образование переходной области между подложкой и пленкой. Измерения электропроводности, проведенные на монокристаллах антимонида никеля показывают, что по электропроводности они более чем на порядок превосходят электропроводность наиболее сильнолегированного (до  $10^{19} \text{ см}^{-3}$ ) арсенида галлия и составляет  $10^{-4}$ - $10^{-5} \text{ Ом}^{-1}\cdot\text{см}^{-1}$ .

На дифрактограммах выращенного антимонида никеля присутствовали только пики, характерные для NiSb, при этом параметры кристаллической решетки совпадали с данными картотеки JCPDS (Joint Committee on Powder Diffraction Standards). На установке молекулярно пучковой эпитаксии «Эпиарс» выращены эпитаксиальные слои арсенида галлия, толщиной 0,2-2 мкм на подложках из арсенида галлия и на подложках из антимонида никеля. Исследование морфологии поверхности пленок с использованием метода атомной силовой микроскопии (АСМ) выявило ее зависимость от морфологии подложки. На рис.1 представлены АСМ – изображения поверхности эпитаксиальных пленок GaAs, выращенных на NiSb подложках подвергнувшихся различной химической обработке.

Спектры комбинационного рассеяния света в полученных пленках GaAs характеризуются двумя линиями продольных и поперечных оптических мод LO ( $271 \text{ см}^{-1}$ ) и TO ( $291 \text{ см}^{-1}$ )— фононов, положения пиков и полуширина линий которых характерны для объемного монокристаллического GaAs (рис.2).

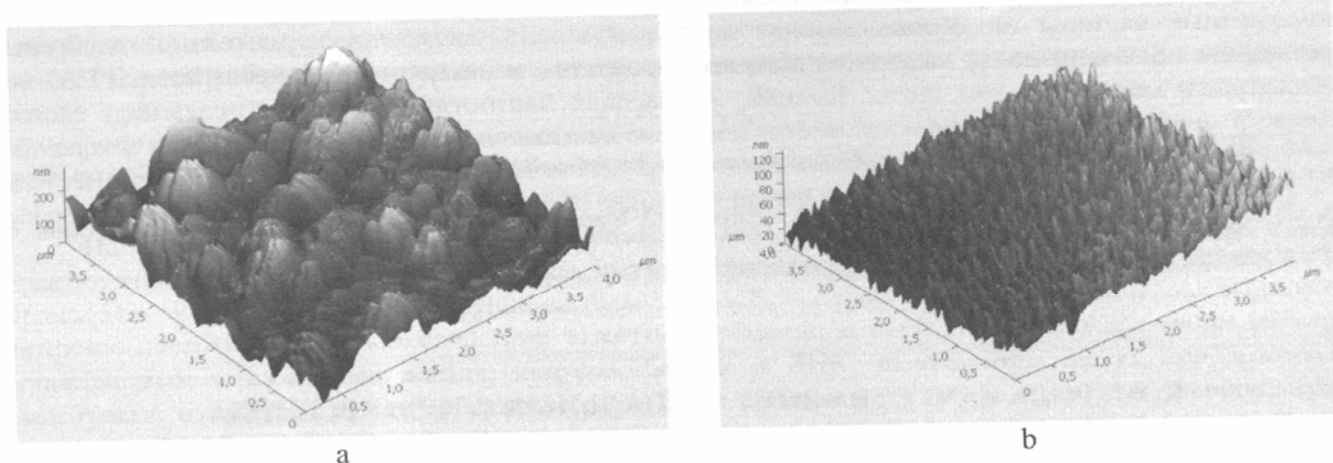


Рис.1. АСМ снимки поверхности эпитаксиальной пленки GaAs, выращенной на подложке NiSb, обработанной в травителе: а)  $\text{HNO}_3+\text{HF}$  (1:1), б)  $\text{Br}_2+\text{CH}_3\text{COOH}$  (1:10)

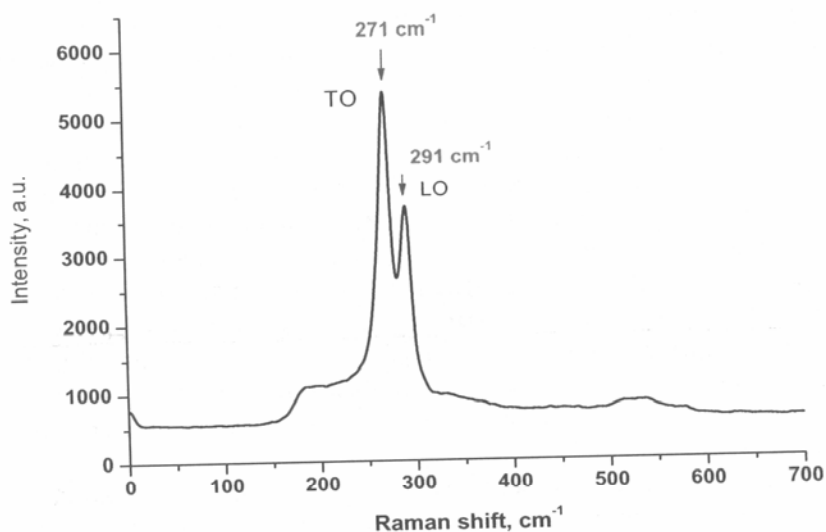


Рис.2. Спектр комбинационного рассеяния эпитаксиальной пленки GaAs

Рентгенограммы полученных гетероэпитаксиальных структур NiSb-GaAs, показывают наличие пиков, соответствующих кристаллической структуре арсенида галлия и антимонида никеля. Данные рентгеноструктурного анализа подтверждают, что полученные гетероэпитаксиальные слои являются монокристаллическими с ориентацией (111) и параметры кристаллической решетки совпадали с данными картотеки JCPDS (Joint Committee on Powder Diffraction Standards).

Таким образом, в результате исследования морфологии поверхности пленок, их свойств и структуры были определены технологические методы обработки поверхности и оптимальные условия роста эпитаксиальных пленок.

1. R.R. Campomanes, J.H. Dias da Silva, J. Vilcarrero, L.P. Cardoso. Crystallization of amorphous GaAs films prepared onto different substrates. *J. Non-Cryst. Solids* 299–302 (2002) 788–792.
2. Y. Shi, H. Guo, H. Ni, C. Xue, Z. Niu, J. Tang, J. Liu, W. Zhang, J. He, M. Li, Y. Yu. Optimization of the GaAs-on-Si Substrate for Microelectromechanical Systems (MEMS) Sensor Application. *Materials*, 2012, 5, 2917–2926.
3. J.G. Cederberg, D. Leonhardt, J. Sheng, Q. Li, Carroll, M.S.; Han, S. GaAs/Si epitaxial integration utilizing a two-step, selectively grown Ge intermediate layer. *J. Cryst. Growth*, 2010, 312, 1291–1296.
4. M. Richter, C. Rossel, D.J. Webb, N. Topuria, C. Gerl, M. Sousa, C. Marchiori, D. Caimi, Y. Siegwart, P.M. Rice, J. Fompeyrine. GaAs on 200 mm Si wafers via thin temperature graded Ge buffers by molecular beam epitaxy. *J. Cryst. Growth*, 2011, 323, 387–392.