

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ  
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық университеті  
Казахский национальный технический университет имени К. И. Сатпаева



**«ҚАЗІРГІ ЗАМАНДАҒЫ МАТЕРИАЛТАНУ: ТӘЖІРИБЕЛЕР,  
МӘСЕЛЕЛЕР ЖӘНЕ ДАМУ КЕЛЕШЕГІ»**

*Халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференция*

**ЕҢБЕКТЕРІ**

**ТРУДЫ**

*международной научно-практической конференции*

**«СОВРЕМЕННОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ: ОПЫТ,  
ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ»,**

**PROCEEDINGS**

*International scientifically-practical conference*

**«CONTEMPORARY MATERIOLOGY: EXPERIENCE, PROBLEMS  
AND DEVELOPMENT PERSPECTIVES»**

*Алматы 2015 Almaty*

УДК 620.2 (063)  
ББК 30.3  
Қ 22

**Главный редактор:** Адилов Ж.М., академик

**Редакционная коллегия**

Дүйсемалиев У.К., профессор, Сейткулов А.Р., доцент, Тусупбеков М.Р., профессор, Смагулов Д.У., профессор, Утепов Е.Б., профессор, Машеков С.А., профессор, Дегтярева А.С., доцент, Шокобаева Г.Т., доцент.

**Қ 22** Қазіргі замандағы материалтану: тәжірибелер, мәселелер және даму келешегі. Халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференцияның материалдары. = Современное материаловедение: опыт, проблемы и перспективы развития Труды международной научно-практической конференции. = Contemporary materiology: experience problems and development perspectives. Proceedings international scientifically-practical conference. – Алматы, Қ.И. Сәтбаев атындағы ҚазҰТУ, 2015. – 246 бет. – Қазақша, орысша, ағылшынша.

ISBN 978-601-228-801-8

*Еңбектер жинағына машина жасаудағы наноматериалдар және жаңа функционалды материалдар туралы ғылыми жетістіктерді сипаттайтын мақалалар енгізілген. Жарияланып отырған жұмыстардың тақырыптары дүниежүзілік жетістіктерді ескере отырып, наноматериалтану саласындағы болашағы зор жаңа функционалды материалдарды жасау және өндіру саласындағы алдыңғы қатарды технологиялар мен іргелі және қолданбалы ғылыми зерттеу нәтижелеріне арналған мәселелерін қамтиды.*

*В сборник трудов включены статьи, отражающие достижения науки о наноматериалах и новых функциональных материалах в машиностроении. Тематика опубликованных работ посвящена результатам фундаментальных и прикладных исследований, перспективных технологий в области наноматериалов, разработке и производству новых функциональных материалов с учетом мирового опыта.*

*Proceedings include the papers, reflecting achievements of science of nanomaterials and new functional materials in mechanical engineering. Subject of published works devoted to the results of basic and applied research, advanced technologies in the area of nanomaterials, the development and production of new functional materials based on worldwide experience.*

УДК 620.2 (063)  
ББК 30.3

ISBN 978-601-228-801-8

© Казахский национальный технический университет имени К.И. Сатпаева, 2015

## СОДЕРЖАНИЕ

ПРИВЕТСТВИЕ.....	3
<b>НОВЫЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ</b> .....	4
<i>Дүйсемалиев У.К.</i>	
О ПРИРОДЕ СТРУКТУРНО-ФАЗОВЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ В УСЛОВИЯХ СВЕРХПЛАСТИЧЕСКОГО ТЕЧЕНИЯ.....	4
<i>Дүйсемалиев У.К., Дүйсемалиев Т.У.</i>	
ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СВЕРХПЛАСТИЧНОСТИ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ.....	6
<i>Антощенко В. С., Мигунова А. А., Францев Ю. В., Антощенко Е. В., Мухтарова А. Н.</i>	
СТРУКТУРА И ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЛЕНОК $\text{CuO}$ , ПОЛУЧЕННЫХ ПИРОЛИЗОМ ХЛОРИДА МЕДИ.....	8
<i>Керимжанова М.Ф., Алимкулова А.А.</i>	
АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ В МАШИНОСТРОЕНИИ.....	12
<i>Дегтярева А.С., Тундыбаева Э.К., Кайкибаева А.С., Себепова Д.К.</i>	
КОНСТРУКЦИОНАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛДАРДЫҢ ҚИРАУҒА ҚАРСЫЛАСУЫН БАҒАЛАУ КЕЗІНДЕГІ ДЕФОРМАЦИЯНЫҢ ОҚШАУЛАНУЫНЫҢ РОЛІ.....	14
<i>Кошимова К.О., Яр-Мухамедова Г.Ш., Кемелжанова А.Е., Яр-Мухамедов Е.Ш.</i>	
ИСПЫТАНИЯ ЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ ПОКРЫТИЙ 'METALLSPRAY' В АМИНОВЫХ СРЕДАХ ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ЗАВОДА 'ТЕНГИЗ'.....	22
<i>Мукашев К.М., Шадинова К.С., Шойынбаева Г.Т.</i>	
ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРНЫХ ДЕФЕКТОВ НА ПРОЦЕССЫ НАКОПЛЕНИЯ ВОДОРОДА В ТИТАНЕ.....	27
<i>Аубакиров Е.Г., Себепова Д.К., Дегтярева А.С., Туякбай М.Т.</i>	
РЕЦЕССИВНАЯ И ДОМИНАНТНАЯ НАСЛЕДСТВЕННОСТЬ В ПРОЦЕССАХ МОДИФИЦИРОВАНИЯ ЗАЭВТЕКТИЧЕСКИХ СИЛУМИНОВ.....	31
<i>Паничкин А.В., Ускенбаева А.М.</i>	
ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕРМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ, РАЗВИВАЮЩИХСЯ В РАСПЛАВЕ СИСТЕМЫ $\text{Bi-Sb}$ .....	37
<i>Турдалиев А.Т., Телешева А.Б., Чумаков Е.В.</i>	
ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА АД31 НА ЕГО ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА.....	41
<i>Утепов Е.Б., Буриукова Г.А., Ибраева Г.М., Беркинбаева А.С.</i>	
РАЗРАБОТКА ЗВУКОПОГЛАЩАЮЩИХ СПЛАВОВ.....	46
<i>Утепов Е.Б., Нургалиев А.К., Тусупкалиева Э.А., Абуова Р.С.</i>	
ЛЕГИРОВАННЫЕ СТАЛИ С ДОСТАТОЧНЫМИ ДИССИПАТИВНЫМИ СВОЙСТВАМИ.....	51
<i>Атамбаева Г.К.</i>	
ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРЫ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ ПОЛИВИНИЛХЛОРИДА...	57
<i>Сейтқұлов Ә.Р., Тундыбаева Э.К., Джанысбаева Т.А., Ахметов Б.А.</i>	
КЕСУ КЕРАМИКАСЫН ЖЕТІЛДІРУДІҢ НЕГІЗГІ ТЕНДЕНЦИЯЛАРЫ.....	59
<i>Имбарова А.Т<sup>1</sup>, Абеев А.Б.</i>	
КОРРОЗИОННАЯ ПРОЧНОСТЬ СТАЛЬНЫХ СПЛАВОВ В РАЗЛИЧНЫХ АГРЕССИВНЫХ СРЕДАХ.....	62
<i>Яр-Мухамедова Г. Ш.<sup>1</sup>, Наривский А.Э.<sup>2</sup>, Михайлов Л.В.<sup>1</sup>, Исмаилова Г.А.<sup>1</sup>, Кошимова К. О.<sup>1</sup>, Мустафаева М.К.<sup>1</sup></i>	
ПИТТИНГОСТОЙКОСТЬ СТАЛИ AISI 321 В НИЗКОМИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ХЛОРИДСОДЕРЖАЩИХ СРЕДАХ.....	64
<i>Манаков С.М.</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОБРАБОТКИ ПОДЛОЖЕК НА СВОЙСТВА ЭПИТАКСИАЛЬНЫХ ПЛЕНОК АРСЕНИДА ГАЛЛИЯ.....	68
<i>Исламқұлов К.М. (ЮКТУ), Сейтқұлов А.Р.</i>	
РАЗРАБОТКА СПОСОБА ПОВЫШЕНИЯ СОПРОТИВЛЯЕМОСТИ ВЫСОКОЛЕГИРОВАННОЙ АУСТЕНИТНОЙ СТАЛИ К ОБРАЗОВАНИЮ ГОРЯЧИХ ТРЕЩИН ПРИ СВАРКЕ.....	71

5. Наривский А.Э. Определение питингостойкости стали AISI 304 в хлоридсодержащей среде, присутствующей в работе теплообменников/ А.Э. Наривский, С.Б. Беликов// Физико-химическая механика материалов.-2006.-специальный выпуск № 5.-с.316-320.

6. Наривский А.Э. Критерии оценки питингостойкости нержавеющей сталей AISI 304, 08X18H10, используемых в производстве пластинчатых теплообменников /А.Э. Наривский. С.Б. Беликов// Физико-химическая механика материалов.-2007.- специальный выпуск №6.-с.172-177.

7. Наривский А.Э. Влияние неметаллических включений на электрохимические показатели стали AISI 321 в хлоридсодержащих средах /А.Э. Наривский, С.Б. Беликов// Сб. докладов 8-го Международного Конгресса «Оборудование и технологии термической обработки металлов и сплавов».-2007.- том II.-с.132-135.

8. Наривский А.Э. Коррозионно-электрохимическое поведение конструкционных материалов для пластинчатых теплообменников в модельных оборотных водах: дис. канд. тех. наук: 05.17.14 Наривский Алексей Эдуардович-//Львов, 2009-209с.

9. Garfias-Mesias L.F. The effect of phase compositions on the pitting, corrosion of 25 Gr duplex stainless steel in chloride solutions/L.F.Garfias-Mesias, J.M. Sykes, C.D. Tuck// Corros.Sci.-1996.-38, №8.-P.1319-1330.

10. Chattoraj I. The association of, potentiokinetic reactivation and electrochemical pitting tests on a nitrogen bearing 19 Gr – 17 Mn steel with its thermal history/ I. Chattoraj, A.K. Bhattamishra, S.Jana, S.K. Das, S.P. Chakraborty, P.K. De// Corros. Sci.-1996.-38, №6.-P.957-969.

11. Vorster S.W. The pitting corrosion of stainless steels containing sigma phase/ S.W. Vorster//Eurocorr 96: Pap. present. Sess. 8. Mech. Localized Corros., Nice,Sept. 24-26, 1996: Extend. abstr./ Cent. fr. anticorros. Soc. chim.ind. – Nice, 1996. – p.18/1.

12. Narajima Masaki. Nihon kikai gakkai ronbunchu/ Masak; Nakajima, Keiro Tokaji, Yasuhisa Akatsuka//A. Trans. Jap. Soc. Mech. Eng. A.-1997.- 63, № 607, - p. 487-492.

УДК 621.315.592; 621.381

**С. М. Манаков**  
НИИЭТФ, КазНУ им. аль-Фараби

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОБРАБОТКИ ПОДЛОЖЕК НА СВОЙСТВА ЭПИТАКСИАЛЬНЫХ ПЛЕНОК АРСЕНИДА ГАЛЛИЯ**

В работе проведено исследование морфологии эпитаксиальных GaAs пленок, выращенных методом молекулярно-пучковой эпитаксии на монокристаллических интерметаллических подложках антимолида никеля (NiSb). Установлено, что чем более однородная и гладкая поверхность подложки, тем меньше размеры островков на поверхности пленки и ее шероховатость. Интенсивность фотолюминесценции в таких пленках выше, а полуширина линии уже по сравнению с более неоднородными пленками.

### **Введение**

Контроль структуры исходной монокристаллической подложки и выращенных на них эпитаксиальных пленок является неотъемлемой частью современной технологии изготовления полупроводниковых приборов и интегральных схем [1,2].

При росте эпитаксиальных слоев соединений, имеющих кристаллическую структуру, совпадающую по типу и параметру решетки с подложкой, в растущем слое послойно воспроизводится правильная кристаллическая структура, зависящая от ориентации плоскости подложки относительно кристаллографических направлений [2]. При рассогласовании параметра решетки растущего материала и предыдущих слоев возникает механическая деформация слоев, которая приводит к росту напряженных слоев, к возникновению островкового роста или к появлению дефектов [3,4]. Рассогласование параметра решетки является одним из важных факторов, определяющих характер роста слоев, которым можно управлять при помощи подбора состава растущего слоя.

Использование оптической микроскопии для быстрого контроля поверхности полупроводников относится к неразрушающим методом и широко используется при изготовлении полупроводниковых структур [5]. Данным методом можно обнаружить многие жировые, оксидные, механические загрязнения и дефекты роста. Более детальную информацию о морфологии

поверхности полупроводниковых пленок можно получить используя метод атомно-силовой микроскопии [6,7]. В данной работе представлены результаты исследования морфологии пленок арсенида галлия, выращенных на монокристаллических подложках из антимонида никеля.

### Экспериментальная часть

Подложки NiSb для создания гетероэпитаксиальных структур GaAs/NiSb изготавливались из пластин, вырезанных из монокристаллического слитка NiSb с ориентацией (0001), выращенного методом Бриджмена. 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 NiSb более чем на порядок превосходит электропроводность сильнолегированного (до  $10^{19} \text{ см}^{-3}$ ) арсенида галлия и составляет  $10^{-4}$ - $10^{-5} \text{ Ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$ .

На установке молекулярно пучковой эпитаксии «Эпиарс» выращены эпитаксиальные слои арсенида галлия с кристаллографической ориентацией (111) на подложках из арсенида галлия (111) и на подложках из антимонида никеля (0001). Толщина полученных пленок GaAs составляла  $\sim 1 \text{ мкм}$ . Эпитаксиальные слои арсенида галлия выращивались в режиме стандартных условий роста: предельный вакуум, достигнутый после недельного отжига ростовой камеры в наших условиях, составлял  $- 2 \cdot 10^{-10} \text{ Па}$ . Рабочий вакуум в процессе роста эпитаксиальных слоев  $- 1 \cdot 10^{-2}$  или  $1 \cdot 10^{-3} \text{ Па}$ , в зависимости от скорости напыления мышьяка, давление в камере в процессе роста основном определяется упругостью паров мышьяка в ростовой камере.

### Результаты и обсуждение

Дефекты роста в процессе эпитаксии проявляются в местах расположения на поверхности подложки инородных частиц, в областях ускоренного роста или встречи быстро растущих зародышей, в случае большого пересыщения, когда полупроводник кристаллизуется конгломератами, то есть скоплениями атомов. В процессе роста эти дефекты превращаются в ямки, холмики и поликристаллические участки. Для выявления влияния предэпитаксиальной обработки подложки использовали два типа травителя:  $\text{HNO}_3 + \text{HF}$  и  $\text{Br}_2 + \text{CH}_3\text{COOH}$  (1:10). Контроль качества эпитаксиальных пленок после их осаждения с использованием атомно-силовой микроскопии. Морфология пленок изучалась с помощью атомного силового микроскопа NT-MDTNtegraTherma. Исследование морфологии эпитаксиальных структур с использованием метода атомной силовой микроскопии выявило ее зависимость от морфологии подложки. На рисунке 1 изображения поверхности эпитаксиальных пленок, выращенных на подложках из антимонида никеля, обработанными различными травителями. Необходимо отметить, что АСМ – снимки NiSb, подвергнутых различной обработке практически идентичны снимкам эпитаксиальных пленок.

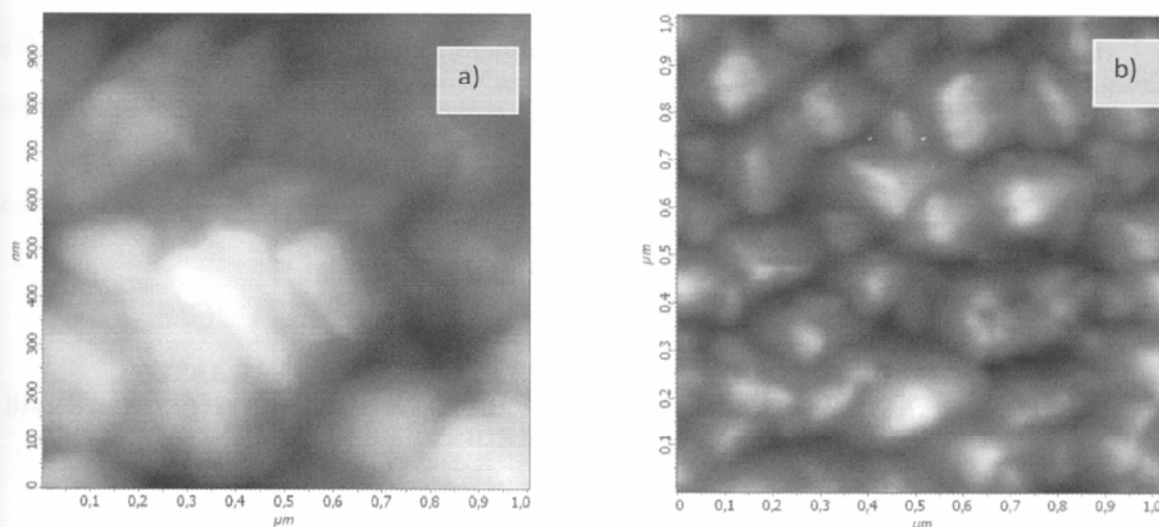


Рисунок 1. АСМ изображения поверхности эпитаксиальной пленки GaAs, выращенной на подложке NiSb, обработанной в травителе: а)  $\text{HNO}_3 + \text{HF}$  (1:1), б)  $\text{Br}_2 + \text{CH}_3\text{COOH}$  (1:10)

Поверхность эпитаксиальных пленок GaAs, выращенных на подложках NiSb, предварительно обработанных в травителе HNO<sub>3</sub>+HF (1:1) характеризуется островковой структурой с характерным размером 150-200 нм. Функция распределения высоты профиля для исследуемых пленок (рисунок 2) хорошо аппроксимировалась гауссовской кривой с максимумом на 160 нм. Расчет выполнялся на основе статистической обработки результатов атомно-силовой микроскопии (АСМ) для каждого образца по N=65536 точкам для участков поверхности одинакового размера 10x10 мкм.

Расчет выполнялся на основе статистической обработки результатов атомно-силовой микроскопии (АСМ) для каждого образца по N=65536 точкам для участков поверхности одинакового размера 10x10 мкм. Для эпитаксиальных структур, выращенных на подложках NiSb, предварительно обработанных в травителе Br<sub>2</sub>+CH<sub>3</sub>COOH (1:10) наблюдалось уменьшение размеров островков в 2-3 раза, а высоты островков в два раза по сравнению с образцами, обработанными в HNO<sub>3</sub>+HF, как показано на рисунке 2. Меньшая полуширина функции распределения высоты профиля в таких пленках, по сравнению с пленками, полученными на подложках, обработанных в HNO<sub>3</sub>+HF большую однородность поверхности таких пленок.

Влияние морфологии на физические свойства эпитаксиальных пленок GaAs оценивалось из спектров фотолюминесценции, измеренных при комнатной температуре с использованием спектрометра NT-MDTNtegraSpectra, при возбуждении лазером мощностью 20 мВт на длине волны 477 нм Диаметр лазерного пятна на образце составлял около 2 мкм.

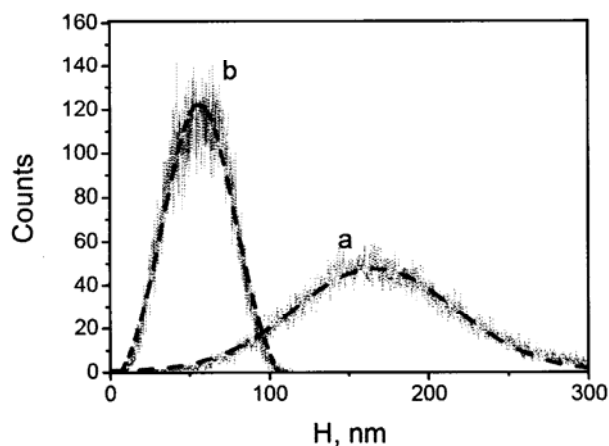


Рисунок 4. Функция распределения высоты профиля эпитаксиальных пленок GaAs, выращенных на подложках NiSb, обработанных в травителе: а) HNO<sub>3</sub>+HF (1:1), б) Br<sub>2</sub>+CH<sub>3</sub>COOH (1:10). Пунктирными линиями показано разложение кривых на гауссианы

На рисунке 5 представлены спектры фотолюминесценции исследуемых образцов 1 и 2 характеризующихся различной морфологией поверхности.

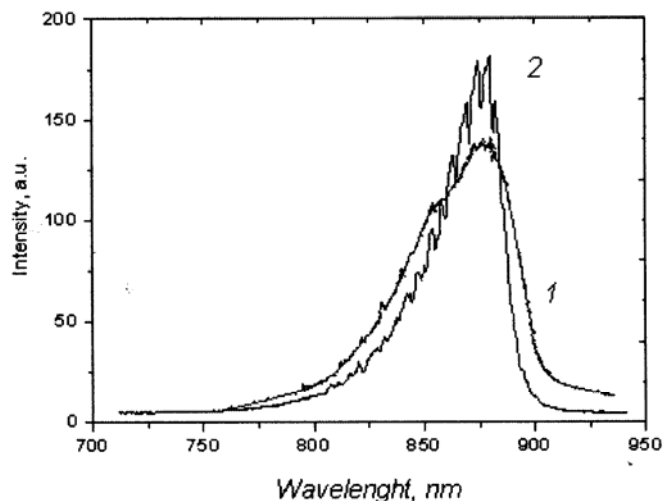


Рисунок 5. Спектры фотолюминесценции образцов 1 и 2, измеренные при комнатной температуре

Оба образца характеризуются максимум на 880 нм, но интенсивность пика для образца 2, имеющего большую шероховатость поверхности и большую неоднородность меньше, чем для образца 1, а полуширина линии на 20 % больше. Это свидетельствует о большей концентрации дефектов в образце 2. Таким образом, морфология подложки, определяет не только морфологию эпитаксиальной пленки, но и ее излучательные свойства. Чем более однородная и гладкая поверхность пленки, тем меньше она содержит дефектов, имеет более совершенную структуру и лучшие физические свойства.

#### **Заключение**

В результате исследования эпитаксиальных пленок GaAs, выращенной на подложках NiSb установлено, что предэпитаксиальная обработка подложек и морфология поверхности подложек существенно влияет на морфологию выращенных пленок. Использование оптической и атомно-силовой микроскопии выявило различие в структуре поверхности эпитаксиальных пленок. Функция распределения высоты островков на поверхности пленок подчиняется распределению Гаусса. Исследование спектров фотолюминесценции данных пленок подтвердило, что среднее значение и полуширина кривой распределения характерных размеров коррелирует с однородностью структурных образований на поверхности и ее шероховатостью. Чем меньше среднее значение пиков на поверхности пленок и полуширина кривой распределения, тем более совершенной является их структура.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Aspnes D.E., Dietz N., Rossov U., Bachmann K.J. Multilevel approaches toward monitoring and control of semiconductor epitaxy // *Mat. Res. Sos. Symp.Proc.* – 1997. Vol. 448. – P. 451-462.
2. Hudait M.K., Zhu Y., Jain N., Hunter J.L. Structural, morphological, and band alignment properties of GaAs/Ge/GaAs heterostructures on (100), (110), and (111) GaAs substrates // *J. Vac. Sci. Technol. B.* - 2013. Vol. 31, No. 1. P.1206-1215.
3. Shi Y., Guo H., Ni H., Xue C., Niu Z., Tang J., Liu J., Zhang W., He J., Li M., Yu Y. Optimization of the GaAs-on-Si Substrate for Microelectromechanical Systems (MEMS) Sensor // *Application. Materials.* - 2012. № 5. - P. 2917-2926.
4. Cederberg J.G., Leonhardt D., Sheng J., Li Q., Carroll M.S., Han, S. GaAs/Si epitaxial integration utilizing a two-step, selectively grown Ge intermediate layer // *J. Cryst. Growth.*-2010. № 312. - P. 1291–1296.
5. Cemine V.J., Buenaobra B., Blanca C.M., Saloma C. High-contrast microscopy of semiconductor and metal sites in integrated circuits by detection of optical feedback // *Optics Letters.* – 2004. Vol. 29, No 21, P. 2479-2481.
6. N. John DiNardo. Nanoscale characterization of surfaces and interfaces // John Wiley & Sons. – 1994. P.173.
7. Manakov S.M., Taurbayev T.I. Morphology and Structural Properties of a-Si:H and a-SiC:H Films Controlled in Nanoscale // *J. Nanoelectron. Optoelectron.* - 2012. Vol. 7. – P. 619-622.

УДК 621.9

*Исламкулов К.М. (ЮКТУ), Сейткулов А.Р.*

Казахский Национальный Технический Университет имени К.И.Сатпаева

#### **РАЗРАБОТКА СПОСОБА ПОВЫШЕНИЯ СОПРОТИВЛЯЕМОСТИ ВЫСОКОЛЕГИРОВАННОЙ АУСТЕНИТНОЙ СТАЛИ К ОБРАЗОВАНИЮ ГОРЯЧИХ ТРЕЩИН ПРИ СВАРКЕ**

**Введение.** Основная группа сталей аустенитного класса известна в мировой практике под наименованием сталей типа 18-10, в них содержится 18% Cr и 10% Ni. Эти стали, обладая высокой коррозионностойкостью и кислотостойкостью, широко используются в химической промышленности.

При сварке аустенитных сталей могут образовываться горячие трещины в металле шва, околошовной зоне и в зоне термического влияния (ЗТВ). Изыскания метода предотвращения образования горячих трещин при сварке аустенитных сталей является актуальной проблемой.