

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

**СБОРНИК ТРУДОВ
X МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
«ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОПТИКИ – 2018»**

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
15-19 октября 2018

 УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

Санкт-Петербург
2018

ББК 22.34. Оптика
УДК 535

Сборник трудов X Международной конференции «Фундаментальные проблемы оптики – 2018». Санкт-Петербург. 15-19 октября 2018 / Под ред. проф. В.Г. Беспалова, проф. С.А. Козлова. – СПб: Университет ИТМО, 2018. – 467 с.: с ил.

ISBN 978-5-7577-0588-0

ББК 22.34. Оптика

Рецензенты:

Арпишкин В.М., к.т.н., исполнительный директор Оптического общества им. Д.С.Рожественского

Забелина И.А., к.т.н., с.н.с., ученый секретарь Оптического общества им. Д.С.Рожественского

В сборник вошли труды X Международной конференции «Фундаментальные проблемы оптики – 2018», прошедшей 15-19 октября 2018 года.



Университет ИТМО – ведущий вуз России в области информационных и фотонных технологий, один из немногих российских вузов, получивших в 2009 году статус национального исследовательского университета. С 2013 года Университет ИТМО – участник программы повышения конкурентоспособности российских университетов среди ведущих мировых научно-образовательных центров, известной как проект «5 в 100». Цель Университета ИТМО – становление исследовательского университета мирового уровня, предпринимательского по типу, ориентированного на интернационализацию всех направлений деятельности.

© Университет ИТМО, 2018
© Авторы, 2018

ПРОФИЛИ СТРУКТУРНЫХ ДЕФЕКТОВ В ИМПЛАТИРОВАННЫХ МЫШЬЯКОМ ЭПИТАКСИАЛЬНЫХ ПЛЕНКАХ CdHgTe ПО ДАННЫМ ОПТИЧЕСКОГО ОТРАЖЕНИЯ

Войцеховский А.В., Ижнин И.И.*, Коротаев А.Г., Мынбаев К.Д.**,
Варавин В.С.***, Дворецкий С.А.***, Михайлов Н.Н.***,
Ремесник В.Г.***, Якушев М.В.***

Национальный исследовательский Томский Государственный Университет, Томск, Россия

*Научно-производственное предприятие “Электрон-Карат”, Львов, Украина

**Университет ИТМО, Санкт-Петербург, Россия

***Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН, Новосибирск, Россия

Исследована дефектность нарушенной области эпитаксиальных пленок CdHgTe, образованной при имплантации ионов As. Для оценки дефектности структуры использован параметр «резкости пиков» E_1 и $E_1 + \Delta_1$ в спектрах отражения в видимой области в сочетании с послойным химическим травлением пленки.

Наиболее предпочтительным методом создания p - n переходов фотодиодов в $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ (КРТ), основном материале ИК фотоэлектроники, сегодня является создание имплантированных p -областей в n -матрице с применением в качестве имплантируемой примеси мышьяка. Возникающие при этом проблемы связаны с необходимостью активации ионов As (перевода ионов в подрешетку Te) после ионной имплантации (ИИ) и уменьшения концентрации радиационных структурных дефектов в процессе активационного отжига. Для успешного проведения отжига необходимо знание природы дефектов и их распределения по толщине радиационно-нарушенной области. Как правило, такие исследования проводились с использованием методов электронной микроскопии (например, [1-3]), однако окончательно проблемы имплантации и активации не решены. Целью данной работы было исследование профилей распределения структурных дефектов по толщине в имплантированных As пленках КРТ с помощью записи спектров отражения в видимой области в сочетании с послойным химическим травлением. Известно, что в спектрах отражения $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ в видимом участке спектра при комнатной температуре проявляется характерный дублет пиков E_1 и $E_1 + \Delta_1$, обусловленный переходами $\Lambda_{4,5} \rightarrow \Lambda_6$ и $\Lambda_6 \rightarrow \Lambda_6$ в зоне Бриллюэна. Энергетическое положение пиков дает информацию о ширине запрещенной зоны (составе x) КРТ, а форма пиков («резкость пиков») – о структурном совершенстве приповерхностной области. При этом «резкость пиков» определялась как $Q = \Delta R / R_1$ (где ΔR – величина провала между пиками, R_1 – величина отражения в максимуме пика E_1) [4].

Исследования были проведены на двух идентичных образцах эпитаксиальной структуры (ЭС) КРТ, выращенной молекулярно-лучевой эпитаксией на подложке Si (013) с буферным слоем CdTe/ZnTe, соответственно с сохраненным (Mi13) и удаленным (Mi18) градиентным защитным слоем. Имплантация проведена в структуры p -типа проводимости ионами As^+ с энергией 190 кэВ и флюенсом 10^{15} см^{-2} . Запись спектров отражения проводилась с шагом 0.2 нм при диафрагме 3 мм с помощью спектрофотометра Shimadzu UV-3600 (Япония) при комнатной температуре.

На рис. представлены профили распределения по глубине параметра Q для исследованных образцов, совмещенные с профилями распределения имплантированных ионов As, а также профили состава варизонного слоя.

Основные выводы сводятся к следующему. В исходных образцах (до ИИ) значение параметра Q в образце с удаленным варизонным слоем (линия 6) значительно выше, чем в образце с сохраненным слоем (линия 5), что свидетельствует о его худшем структурном совершенстве. После ИИ значения параметра Q для обоих образцов значительно ниже, чем до ИИ, что свидетельствует о существенном нарушении кристаллической структуры. При последовательных шагах химического травления значения параметра Q для обоих образцов монотонно возрастают и после травливания слоя порядка 400 нм достигают величины, характерной для образца с удаленным варизонным слоем.

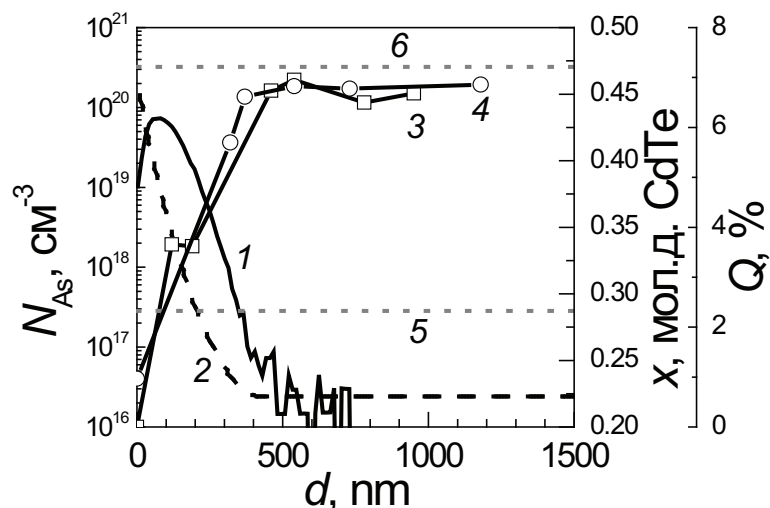


Рисунок. Профили распределения: концентрации имплантированных ионов As^+ по глубине структуры (1); состава x в приповерхностной области (2); параметра Q в пленке Mi13 с варизонным слоем (3); параметра Q в пленке Mi18 с удаленным варизонным слоем (4); Линии: 5 и 6 – параметр Q исходных образцов Mi13 и Mi18 (до ИИ)

Таким образом, наличие варизонного слоя не влияет на процесс формирования радиационных структурных дефектов. Как видно, профиль распределения имплантированных ионов As также простирается на такую же глубину. С другой стороны, как показано в работе [2], по данным просвечивающей электронной микроскопии в слое, содержащем имплантированные ионы, формируется область (толщиной ~ 180 нм) «крупных» протяженных дефектов с малой плотностью, за которой следует область более «мелких» протяженных дефектов с большей плотностью. Считается, что этими дефектами являются дислокационные петли.

Таким образом, можно сделать вывод, что именно крупные и мелкие дислокационные петли оказывают наиболее существенное влияние на величину резкости пиков в спектрах отражения. В тоже время, квазиточечные радиационные дефекты на величину параметра резкости пиков практически не влияют.

Список литературы

1. C. Lobre, P.-H. Jouneau, L. Mollard, P. Ballet, *J. Electron. Mater.*, **43**, №8, 2908-2914.
2. I.I. Izhnin, E.I. Fitsych, A.V. Voitsekhovskii, A.G. Korotaev, K.D. Mynbaev, V.S. Varavin, S.A. Dvoretzky, N.N. Mikhailov, M.V. Yakushev, A.Yu. Bonchuk, H.V. Savytsky, Z. Świątek, *Russ. Phys. J.*, **60**, №10, 1752-1757, (2018).
3. C.Z. Shi, C. Lin, Y.F. Wei, L. Chen, M. Zhu, *Appl. Optics*, **55**, D101-D105, (2016).
4. С.А. Дворецкий, Н.Н. Михайлов, В.Г. Ремесник, Н.Х. Талипов, *Автометрия*, №5, 73-77, (1998).