ВЛИЯНИЕ АТЕРМИЧЕСКИХ ОБРАБОТОК НА СВОЙСТВА ДИОДНЫХ СТРУКТУР CR-GAAS

К.А.Исмайлов, С.Е.Бекбергенов, Б.К.Исмайлов, Г.Р.Абдиреймова, Ш.А. Эрматов

Мақолада атермик лазерли ва ультратовушли ишловларнинг сиртий-тўсиқли ва Шоттки диодларининг тўсиқлари баландлигига, тўйиниш токи ва тешилиш кучланишларига таъсирлари ўрганилди. Лазер нурларининг қуввати 10^3 Вт/см^2 ва ультратовушнинг $f_{уз}$ = 30 Мгц ва t = 3 соат шароитида таъсирлари натижасида диодларнинг асосий параметрлари яхшиланиши кўрсатилди.

***Калит сўзлар**: Шоттки диодлари, тўйиниш токи, ультратовушли ишлов, киришмалар, дефектлар.*

В работе исследованы влияние атермических лазерных и ультразвуковых обработок на фактор идеальности высоты барьера Шоттки, ток насыщения и напряжение пробоя поверхностно-барьерных и Шоттки диодов. Показано, что при лазерном облучении мощностью 10^3 Вт/см^2 и ультразвуковой обработке в режиме $f_{уз}$ = 30 Мгц и t = 3 часа улучшаются основные параметры диодных структур.

***Ключевые слова**: диоды Шоттки, ток насыщения, ультразвуковая обработка, примесь, дефект.*

The article studies the influence of athermal laser and ultrasonic treatments on the ideal factor of the Schottky barrier height, saturation current and breakdown voltage surface - barrier and Schottky diodes. Showing that the laser irradiation power of 10^3 W/cm^2 and an ultrasonic treatment mode f_{us} = 30 MHz and t = 3 hours raises productivity of the main parameters of the diode structures.

***Keywords**: Schottky diodes, saturation current, ultrasonic treatment, impurities, defects.*

Введение

В последние годы проводятся интенсивные исследования воздействия атермических обработок на свойства полупроводниковых материалов и приборных структур. В связи с этим возникла задача поиска более стойких к внешним воздействиям полупроводниковых структур и приборов на их основе. В первую очередь это относится к арсениду галлия, что связано с разработкой новых технологических материалов и приборов. Надо особо отметить, что влияние внешних воздействий при малых дозах может привести к улучшению параметров приборов. В качестве таких воздействий используют лазерное и ультразвуковое излучение [1-7].

Целью данной работы является исследование влияния лазерной и ультразвуковой обработок на электрофизические свойства барьерных диодов Cr-GaAs.

Методика эксперимента

Барьерные структуры создавались напылением хрома толщиной 80 нм через маску диаметром 1,2 мм на предварительно химически очищенную поверхность n-n^+-GaAs. Концентрация легирующей примеси составляла 10^{16} см$^{-3}$, толщина эпитаксиальной пленки GaAs – 5 мкм, концентрация легирующей примеси в n^+-подложке – $2´10^{18}$ см$^{-3}$, толщина этой подложки – 300 мкм.

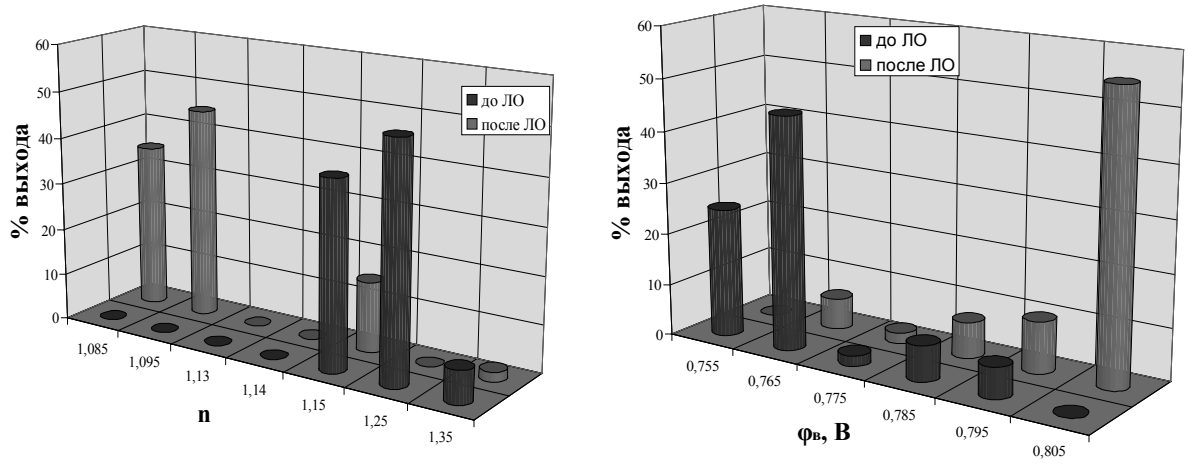
Образцы облучались индивидуально одиночным импульсом длительностью ~20нс от лазера с λ=1.06 мкм при плотностях энергии 1000 Вт/см^2. До и после облучения измерялись прямые и обратные ветви вольт-амперных характеристик (ВАХ) диодных структур при комнатной температуре, из которых определялись фактор идеальности n, высота барьера Шоттки φ_b, ток насыщения I_0, напряжение лавинного пробоя V_B. Также были измерены вольтфарадные характеристики (ВФХ), из которых определялись концентрация ионизированной легирующей примеси N_B и напряжение емкостной отсечки V_i.

Ультразвуковая обработка (УЗО) проводилась с помощью ультразвуковых волн в непрерывном режиме. Частота ультразвуковых волн ($f_{УЗ}$) 9 и 30 МГц, время обработки ($t_{УЗ}$) 120 и 180 мин, акустическая мощность, вводимая с тыльной стороны - со стороны подложки, составляла 0,2-1,0 Вт/см^2. Прямые ветви ВАХ исходных образцов описывались известной зависимостью тока I от приложенного напряжения V в соответствии с механизмом токопереноса, обусловленным термоэлектронной эмиссией.

Результаты и их обсуждение

До и после облучения измерялись прямые ветви вольтамперных характеристик поверхностно-барьерных диодных структур при комнатной температуре, из которых определялись фактор качества n, высота барьера Шоттки φ_B.

Рассчитанные из подобных зависимостей величины n и φ_B представлены на рис.1. Из рисунка 1 видно, что в исходной пластине имеется значительный разброс параметров прямосмещенных диодов с барьером Шоттки. По мере облучения каждого из диодов наблюдалось изменение параметров n и φ_B. При этом индивидуальная лазерная обработка диодов позволяла подгонять величины n и φ_B таким образом, чтобы обеспечить минимальный разброс этих параметров.



А) Б)

Рис. 1. Гистограммы распределения фактора качества (а) и высоты барьера (б) диодов Шоттки Cr-n-n$^+$GaAs до и после ЛО (плотность мощности 1000 В/см^2, длительность импульса 20 нс, длина волны 1.06 мкм).

На рис.1. приведены гистограммы распределения n и φ_B после индивидуальных обработок барьеров Шоттки, соответствующих этому условию. Видно, что у 80% диодов значительно уменьшился фактор качества, а у 75% -увеличилась высота барьера Шоттки. В соответствии с полученными изменениями n и φ_B (рис.1), значительно, более чем на порядок величины уменьшился ток насыщения I_0. При этом рассчитанная из ВФХ концентрация легирующей примеси равная 10^{16} см$^{-3}$ после лазер-

ных воздействий практически не изменилась, что находится в соответствии с экспериментальными данными по величине напряжения лавинного пробоя V_B барьеров Шоттки, которое составляло ~80 В. Действительно, величина $V_{B,}$ определяемая по формуле:

$$V_B = 60 \cdot \left(\frac{E_g}{1.1}\right)^{1,5} \cdot \left(\frac{N_B}{10^{16}}\right)^{-0,75} = 60B \cdot 1.45 \cdot 0.925 = 80.47B,$$

где E_g – ширина запрещенной зоны, в нашем случае E_g=1.41 эВ для GaAs при T=300 К, а N_B – концентрация ионизированной примеси в n –слое GaAs равна ~1,11×10^{16} см$^{-3}$, что несущественно отличается от экспериментальной величины V_B, и свидетельствует об отсутствии изменений в n –слое GaAs в процессе используемых нами доз лазерного облучения. Обратный ток диодных структур во всем измеряемом диапазоне напряжений вплоть до напряжения пробоя после воздействия лазерного излучения изменялся слабо, уменьшаясь в 1.5-2 раза с увеличением плотности энергии излучения.

Отметим, что наблюдаемые изменения параметров барьера Шоттки после лазерного облучения качественно совпадают с результатами облучения подобных поверхностно – барьерных структур (ПБС) малыми дозами гамма-квантов ^{60}Co или малыми дозами микроволнового излучения. Мы предполагаем, что при малых дозах лазерного облучения, когда тепловые эффекты отсутствуют, стимулированное лазерной обработкой возбуждение электронной подсистемы полупроводника обусловливает структурно-примесное упорядочение на границе раздела металл-GaAs, приводящее к уменьшению плотности структурных дефектов в приконтактной области GaAs.

Также нами было исследовано влияние УЗО (соответствующие режимы приведены в таблице 1) на вольтамперные характеристики диодных структур Cr-GaAs, анализ которых позволил получить информацию об изменении электрофизических параметров. Как показали наши исследования, в зависимости от режимов ультразвуковой обработки происходит изменение параметров диодов Шоттки, которые приведены в таблице 1. Из таблицы видно, что при режимах обработки УЗО-1 ($f_{УЗ}$ = 9 МГц и $t_{УЗ}$ = 120 мин) параметры диодов ухудшаются, т.е. уменьшаются j_B, при этом увеличиваются $I_{обр}$ и n . В то же время при более высокочастотном режиме УЗО-2 ($f_{УЗ}$ = 30 МГц и $t_{УЗ}$ = 180 мин) наблюдается улучшение параметров Шоттки, при этом величина обратного тока $I_{обр}$ уменьшается примерно на порядок по сравнению с изменениями при УЗО-1 (рис. 2). Наблюдаемое уменьшение обратного тока связано с уменьшением концентрации центров генерации-рекомбинации [8,9].

Таблица 1.

Изменение параметров диодных структур с барьером Шоттки до и после ультразвуковых обработок.

Параметры	Режимы УЗО ($f_{УЗ}$ и $t_{УЗ}$)		
	Исх.	9 МГц 120 мин	30 МГц 180 мин
j_B, В	0,744	0,736	0,754
n	1,17	1,22	1,15
$I_{обр}$, А, при 1 В	3´10^{-8}	2´10^{-6}	2´10^{-7}

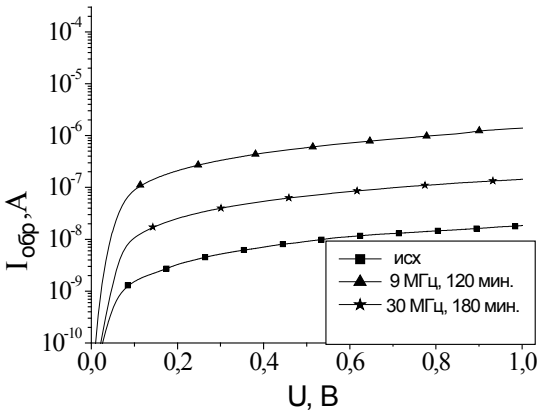


Рис.2. Изменение обратной ветви ВАХ при разных режимах УЗО.

Экспериментальные исследования показывают перспективность использования ультразвуковой обработки для управления электрофизическими параметрами полупроводниковых структур на основе GaAs.

Выводы

Из полученных экспериментальных результатов следует, что в диапазоне малых мощностей лазерного излучения параметры диодных структур не изменяются. С увеличением мощности лазерного излучения сверх 10^3 Вт/см^2 наблюдается улучшение электрофизических свойств диодных структур. При ультразвуковой обработке диодных структур в режимах n=30 МГц, *t*=3 час также наблюдается улучшение параметров барьера Шоттки. Для окончательного вывода о механизме происходящих в приборных структурах при воздействии на них ультразвуковой обработки требуются дальнейшие исследования.

Литература:

1. Джаманбалин К.К., Дмитриев А.Г. Эволюция барьерного контакта GaAs-Ni, в омический при воздействии лазерного излучения. // ФТП. -1990. – т.24. -№11. - С.2024-2028.

2. Баимбетов Ф.Б., Джумамухамбетов Н.Г. Механизм воздействия лазерных импульсов на полупроводники A^3B^5. // Физика и химия обработки материалов.- 1999.- № 1.- С. 38-40.

3. Тагаев М.Б. Атермическая ультразвуковая обработка кремниевых СВЧ диодов. //ДАН Республики Узбекистан.- 1998.- №4. -С.52-54.

4. Болтовец Н.С., Исмайлов К.А., Конакова Р.В., Тагаев М.Б. Кремниевые диффузионные диоды с вольт-амперными характеристиками, близкими к идеальным. ЖТФ.- 1998.- т. 68.- № 10. - с.131-132.

5. Громошевский В., Деревенко А., Исмайлов К.А.и др. Улучшение характеристик кремниевых ЛПД при ультразвуковой обработке. -Физика и химия обработки материалов.- Москва, 1996.- № 6.

6. Дмитриев А.Г. Твердофазное разложение GaAs при действии лазерного излучения пороговой плотности. //ФТП. -1993. -Том 27. -Вып.4. -С.583-587.

7. Варшава С.С., Курило И.В., Кучма В.И. Микротвердость и хрупкость GaAs в зоне воздействия лазерного облучения. //Украинский физический журнал. -1991. –Том 36. -№10. -С.1521-1523.

8. Венгер Е.Ф., Ермолович И.Б., Миленин В.В., Конакова Р.В., Чайка Г.Е.. Влияние внешних радиационных, СВЧ- и механических возбуждений на образование дефектов в неметаллических кристаллах. //Вопросы атомной науки и техники. Сер. Физика радиационных повреждений и радиационное материаловедение.-1994. – вып. 2.- С. 60-72.

9. Исмайлов К.А.., Камалов А.Б., Бижанов Е.К. Влияние сверхвысокочастотного излучения на процессы структурного упорядочения в диодах с барьером Шоттки. –Узб. физ. журн. – 2011, т.13, № 5.- С.349 -353.

Қорақалпоқ давлат университети
Андижон давлат университети
2016 йил 21 октябрда қабул қилинган
(Тақризчи: проф. С.Зайнобидинов)