

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.
ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**
(СГУ)

Кафедра физики полупроводников

**Исследование оптических характеристик планарных мезоструктур
высокоомного GaAs с токовой неустойчивостью**

АФТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студента 4 курса 412 группы

направления 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника»

института физики

Чернышева Артема Ильича

Научный руководитель:

д.ф.-м.н., профессор

должность, ученая степень, ученое звание

Консультант:

зав. уч. лабораторией

должность, ученая степень, ученое звание

Зав. кафедрой физики

полупроводников:

д.ф.-м.н., профессор

должность, ученая степень, ученое звание

подпись, дата

А.И. Михайлов

инициалы, фамилия

подпись, дата

И.О. Кожевников

инициалы, фамилия

подпись, дата

А.И. Михайлов

инициалы, фамилия

Саратов 2021

ВВЕДЕНИЕ

Общая характеристика темы.

Функциональные возможности цифровой электроники на сегодняшний день тесно связаны с возможностями интегральной микроэлектроники. Одним из наиболее перспективных направлений современной микроэлектроники является функциональная микроэлектроника, основанная на использовании динамических неоднородностей, обеспечивающих не схемотехнические принципы работы устройств. В функциональной микроэлектронике используется взаимодействие потоков электронов с акустическими и электромагнитными волнами в твёрдом теле, свойства полупроводников, магнетиков и сверхпроводников в магнитных и электрических полях и другие.

Цель и задачи бакалаврской работы.

Целью данной работы является экспериментальное исследование оптических характеристик планарных мезоструктур полуизолирующего GaAs с токовой неустойчивостью.

В работе решались следующие **задачи**.

- 1) Сборка измерительного стенда для проведения исследования;
- 2) Калибровка измерительного оборудования;
- 3) Исследование темновых и световых вольт-амперных характеристик структур;
- 4) Исследование зависимости частоты выходного сигнала планарных структур от интенсивности засветки;
- 5) Исследование зависимости фототока и фотоЭДС планарных структур от интенсивности засветки.

Структура бакалаврской работы.

Кроме ВВЕДЕНИЯ, ЗАКЛЮЧЕНИЯ, СПИСКА ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ работа включает 8 основных раздела:

1. Аналого-цифровой преобразователь
2. Спектр фотопроводимости GaAs
3. Полуизолирующий GaAs
4. Преобразователь свет-частота на основе высокоомного GaAs
5. Цифровой аналог преобразователя свет-частота
6. Экспериментальное исследование темновых и световых вольт-амперных характеристик параллельных структур преобразователя свет-частота на основе высокоомного GaAs
7. Результаты экспериментального исследования влияния оптической засветки видимого диапазона на ВАХ
8. Экспериментальное исследование фоточувствительности планарных структур преобразователя свет-частота на основе высокоомного GaAs.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В разделе 1 проведен анализ научно-технической литературы, посвящённый исследованиям аналого-цифрового преобразователя

В разделе 2 описан спектр поперечной фотопроводимости монокристалла GaAs

В разделе 3 описано исследование полуизолирующего GaAs

Раздел 4 посвящен исследованию неустойчивостей тока, преобразователь свет-частота на основе высокоомного GaAs

В разделе 5 представлен аналог разработанного на кафедре физики полупроводников функционального преобразователя свет-частота на основе высокоомного GaAs интегральный преобразователь Light to frequency converter photo IC

В разделе 6 проведено экспериментальное исследование темновых и световых вольт-амперных характеристик параллельных структур преобразователя свет-частота на основе высокоомного GaAs

В разделе 7 представлены результаты экспериментального исследования влияния оптической засветки видимого диапазона на ВАХ

В разделе 8 проведено экспериментальное исследование фоточувствительности планарных структур преобразователя свет-частота на основе высокоомного GaAs

В эксперименте в разделе 7 исследовалось влияние оптической засветки видимого диапазона на вольт амперные характеристики параллельных структур. Было снято 28 ВАХ, из которых было взято 7 зависимостей, в которых наблюдалось несколько участков ОДП. Сравнивая темновые и световые ВАХ.

На графике 1 приведены усредненные для прямого и обратного прохода темновые и световые ВАХ. Видно, что при освещении график смещается в сторону больших токов, а участки ОДП смещаются в сторону больших напряжений.

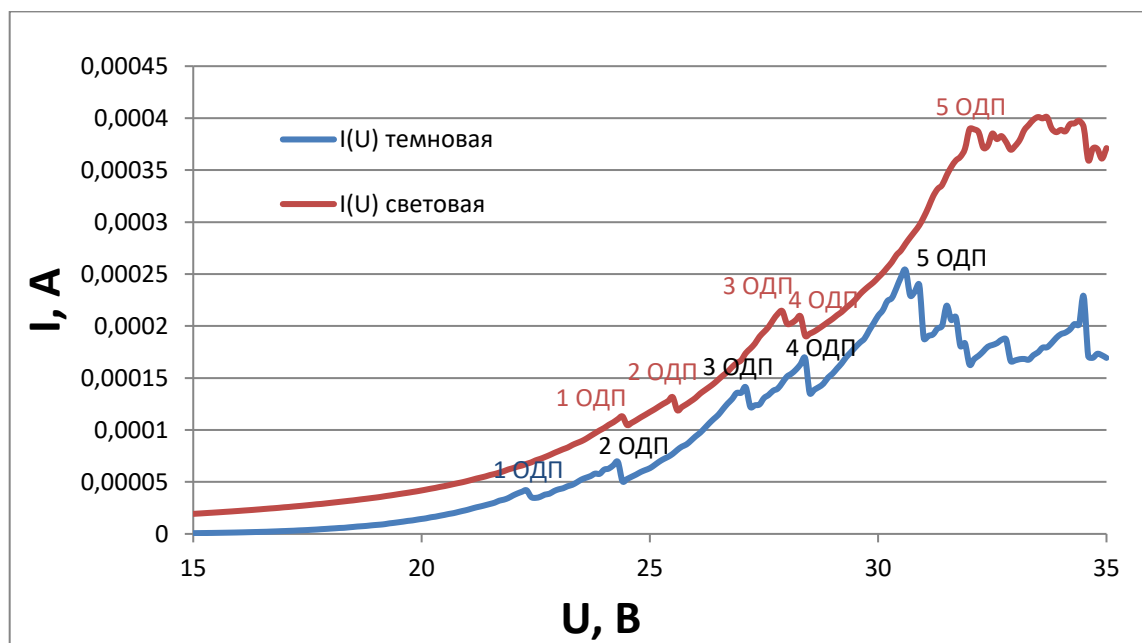


Рисунок 1 – График усредненной ВАХ образца №6.

Из таблицы 1 видно, что в среднем при засветке образца 2 происходит сдвиг ОДП на 1,16 В, а для образца 8 на 0,25 В. Наблюдаемый сдвиг можно объяснить изменением под действием освещения проводимости высокоомного GaAs, а также уменьшением барьерной области $n-n^+$ переходов. Световая и темновая ВАХ образцов N1 и N2 представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Световая и темновая ВАХ образцов N1 и N2

№ образца	№ ОДП	темновая	световая	разница	доверит. инт	среднее
N1	1	22,9	23,4	0,5	0,489991	0,25
	2	23,3	23,5	0,2		
	3	23,5	23,6	0,1		
	4	24,1	24,3	0,2		
N2	1	22,3	24,4	2,1	1,840697	1,16
	2	24,3	25,5	1,2		
	3	27,1	27,9	0,8		
	4	28,4	28,3	0,1		
	5	30,6	32,2	1,6		

Из полученных результатов видно, что для образца 2 при засветке интенсивностью 4000 lux участки 1, 2, 3 и 5 сдвинулись в сторону больших напряжений на 2,1; 1,2; 0,8 и 1,6 В соответственно. А участок 4 практически не изменил своего положения.

При засветке образца 1 участки 1,2,3 и 4 сдвинулись в сторону больших напряжений на 0,5, 0,2, 0,1 и 0,2 В соответственно. Разброс значений можно объяснить разным сопротивлением у элементов параллельной структуры из-за неоднородности поверхности полупроводника и распределения в нем примесей.

В эксперименте в разделе 8 исследования фоточувствительности планарных структур преобразователя свет-частота на основе высокоомного GaAs Измерения зависимостей частоты токовых колебаний от освещения проводились при расположении токоподводящих зондов на реперных точках, поскольку они повторяют структуру основных элементов топологии и имеют сравнимую величину межконтактного расстояния равного 60 мкм, соответственно в роли контактных площадок в данном случае выступают

крайняя шина питания и одна из реперных точек. Полученные результаты приведены далее.

На рисунках 2-3 представлен график зависимости частоты токовых колебаний образца от интенсивности засветки лазером при изменении напряжения на структуре.

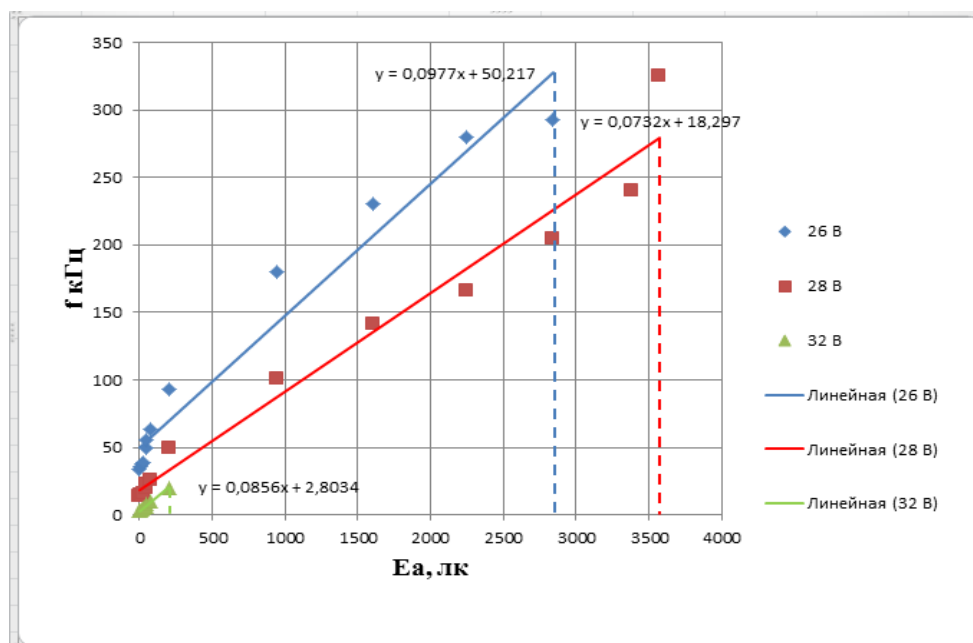


Рисунок 2 – График зависимости частоты токовых колебаний образца 3 от интенсивности

Вертикальные линии на графиках соответствуют участкам срыва токовых колебаний. Из полученных зависимостей видно, что частота токовых колебаний структуры полуизолирующего GaAs при воздействии засветки может изменяться до 20 раз (рисунок 2 и 3), что говорит о высокой функциональности устройств, которые можно построить на основе данных структур. Однако судя по полученным данным, фоточувствительность структуры неоднозначно зависит от приложенного напряжения.

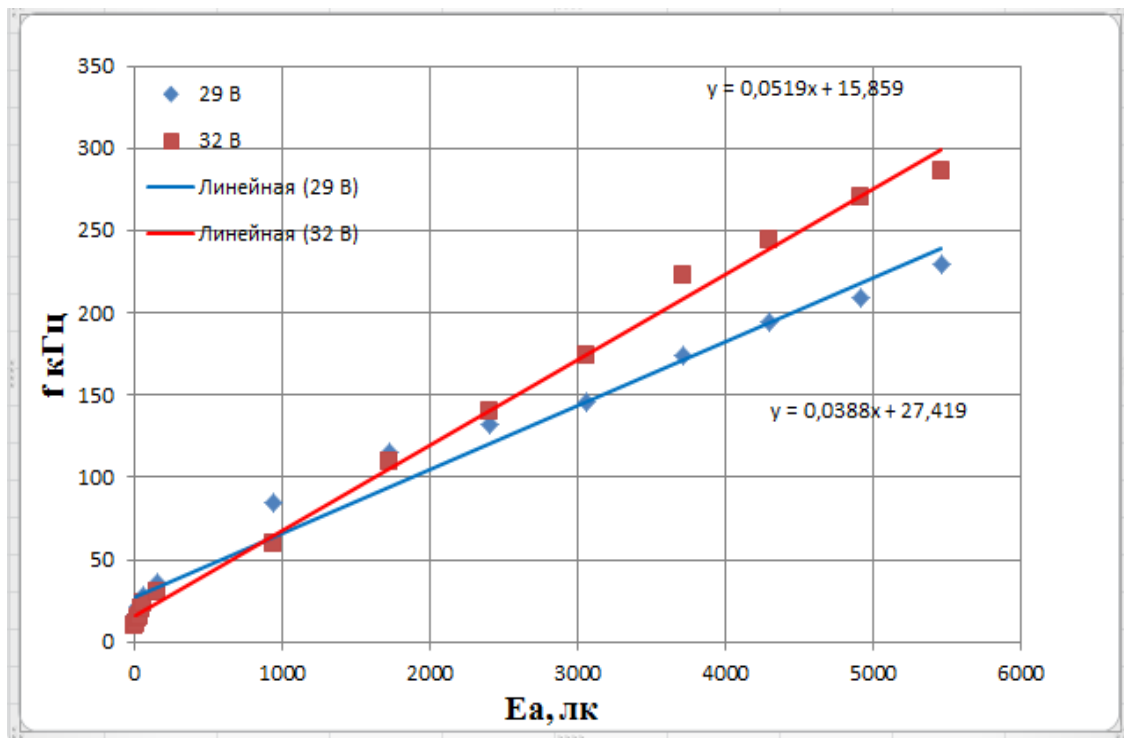


Рисунок 3 – График зависимости частоты токовых колебаний образца 4 от интенсивности засветки лазером при изменении напряжения на структуре.

С целью выявления зависимости стабильности частоты токовых колебаний от засветки определялись минимальное и максимальное значение частоты, регистрируемое осциллографом, затем по стандартной формуле рассчитывалась относительная нестабильность частоты. График зависимости максимальной и минимальной частоты от яркости освещения лазера представлен на рисунке 4. Результаты приведены на рисунке 5.

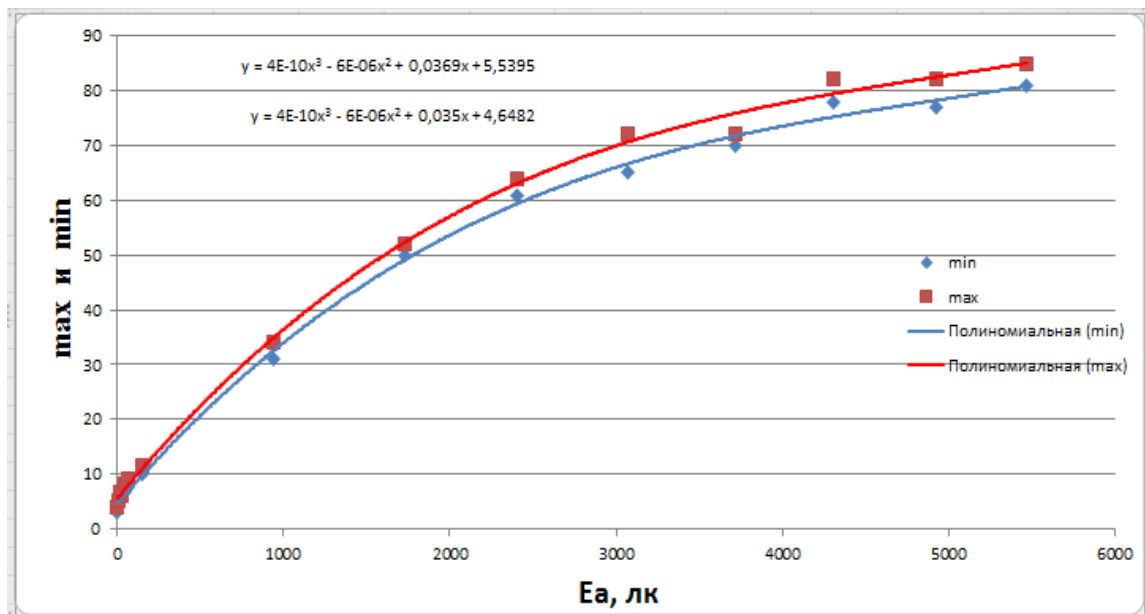


Рисунок 4 – График зависимости максимальной и минимальной частоты от яркости освещения лазером образца 5.

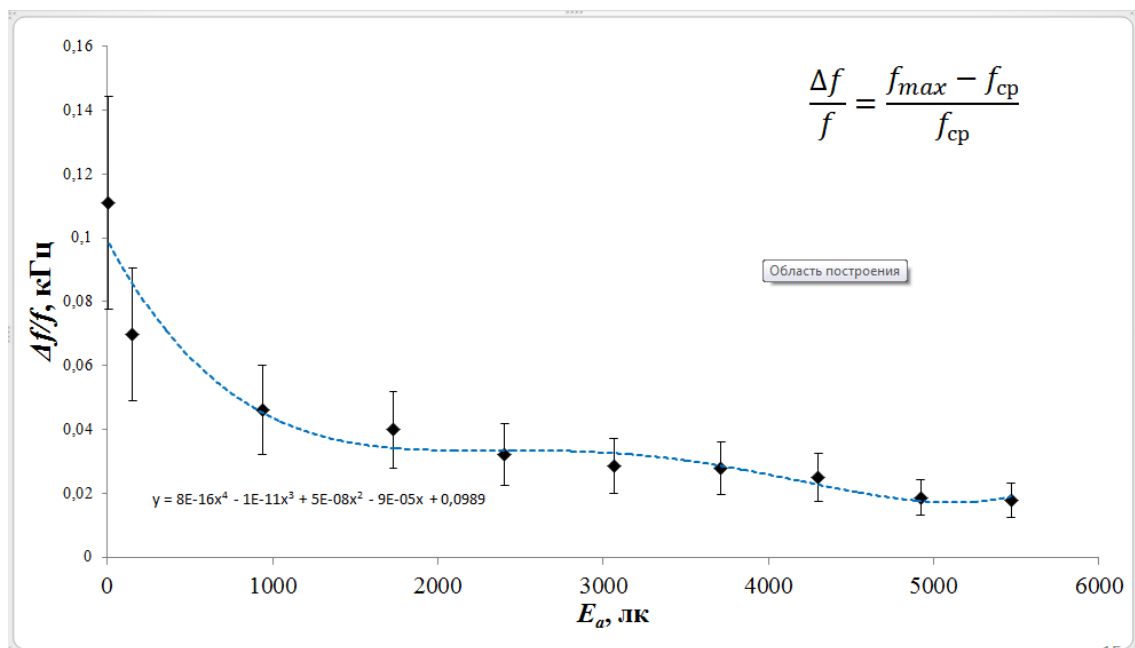


Рисунок 5 – Относительная нестабильность частоты токовых колебаний от освещения образца 5.

На рисунке 6 представлен график зависимости частоты токовых колебаний образца 8 от интенсивности засветки лазером при изменении напряжения на структуре.

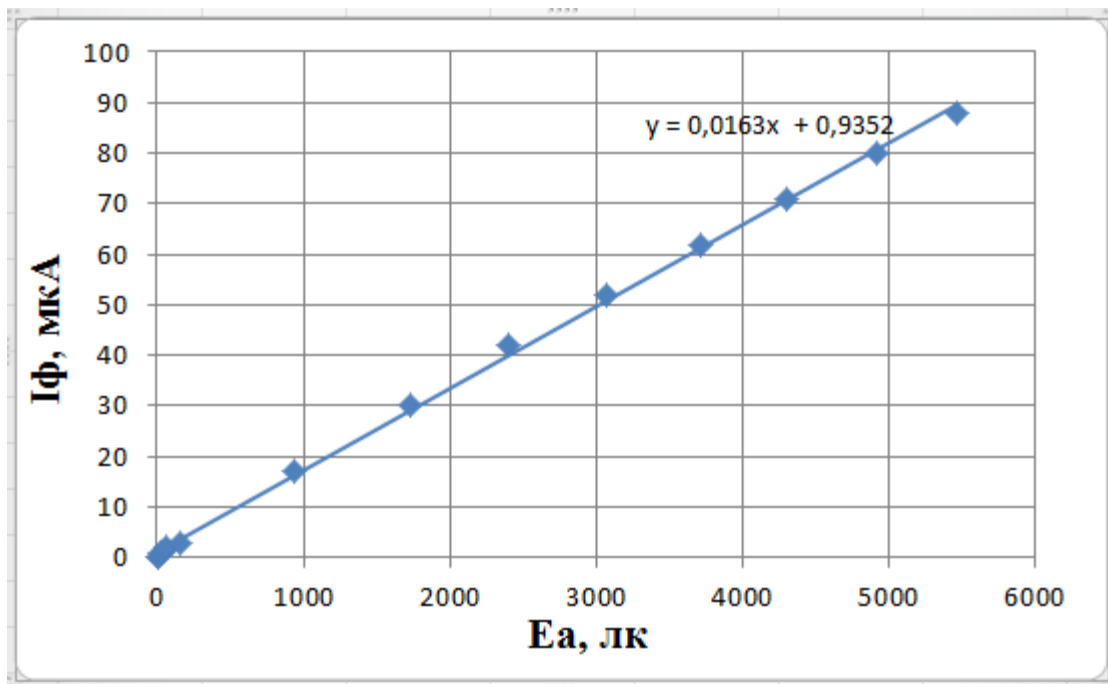


Рисунок 6 – График зависимости фототока образца 8 от интенсивности засветки лазером при изменении напряжения на структуре.

На рисунке 7 представлен график зависимости частоты токовых колебаний образца 8 от интенсивности засветки лазером при изменении напряжения на структуре.

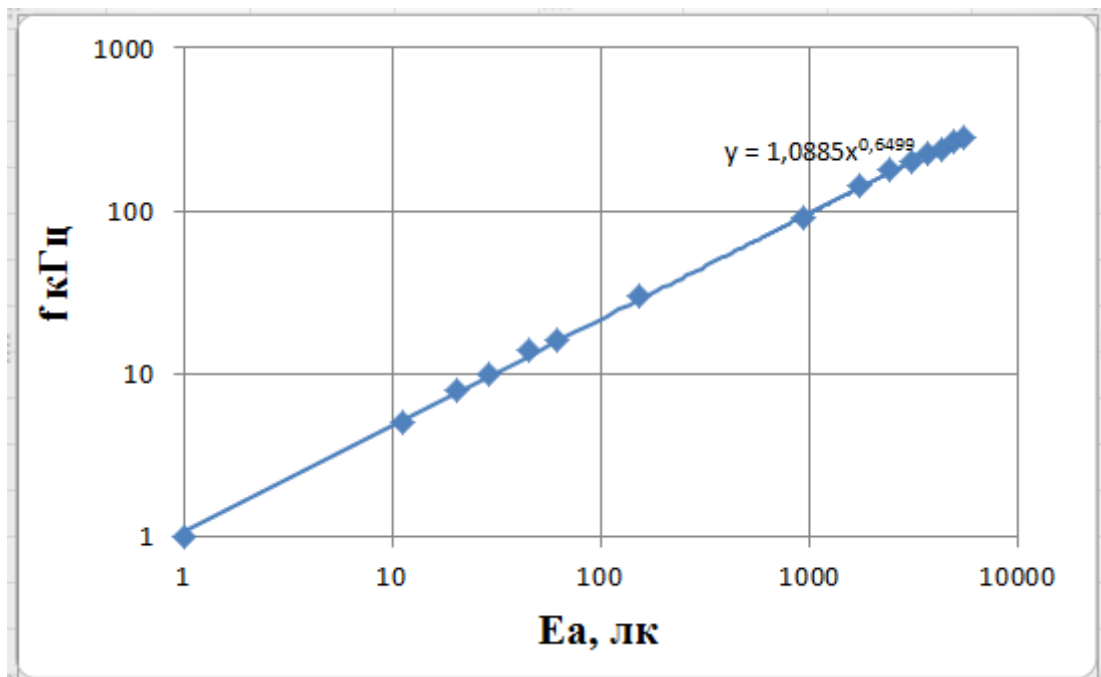


Рисунок 7 – График зависимости частоты токовых колебаний образца 8 от интенсивности засветки лазером при изменении напряжения на структуре.

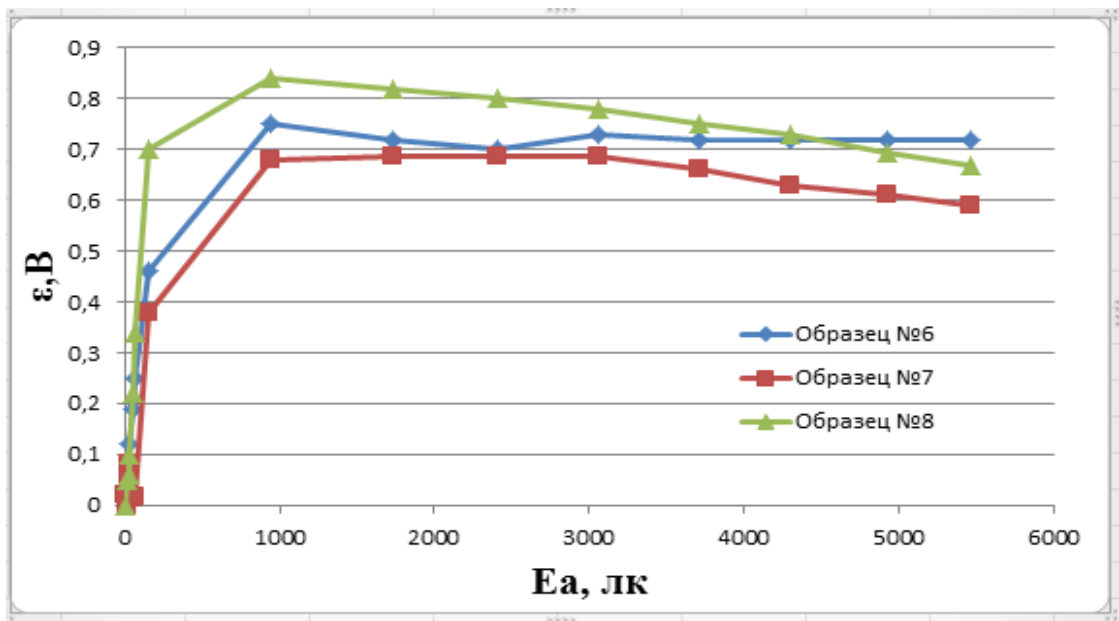


Рисунок 8 – График зависимости фотоЭДС структур от освещения (для образцов 6, 7, 8).

Из графика 8 видно, что данная зависимость повторяется на разных образцах. Сама же зависимость имеет вид, характерный для фотодиода, что говорит о наличии барьерных слоев.

На рисунке 9 показан график зависимости частоты выходного сигнала от освещенности интегрального преобразователя свет-частота исследуемой структуры в сравнении с исследуемой структурой, из которого видно, что оба устройства имеют сравнимые значения фоточувствительности и диапазона перестройки частоты выходного сигнала

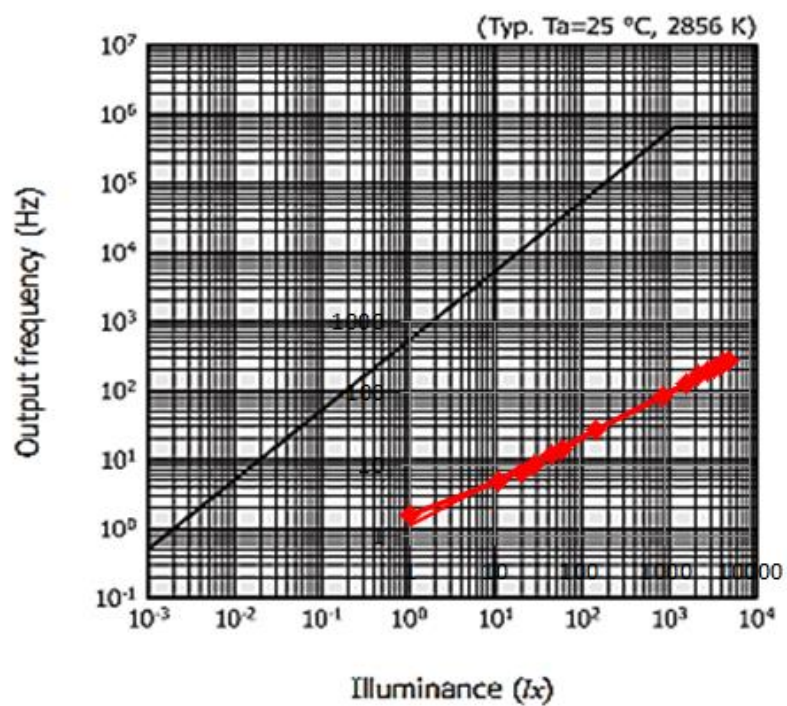


Рисунок 9 – График зависимости частоты выходного сигнала от освещенности интегрального преобразователя свет-частота исследуемой структуры.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При выполнении выпускной квалификационной работы было произведено экспериментальное исследование оптических характеристик планарных мезоструктур полуизолирующего GaAs с токовой неустойчивостью.

В соответствии с полученными результатами можно сделать следующие выводы.

1. Исследуемые структуры высокоомного GaAs с токовой неустойчивостью обладают широким диапазоном перестройки частоты токовых колебаний от интенсивности засветки, которая может достигать 100 кратного значения относительно темновой.

2. Освещение межконтактной области планарных структур высокоомного GaAs приводит к сдвигу участка ОДП в сторону больших напряжений, что обуславливает появление участков срыва на зависимости частоты от интенсивности засветки.

3. Серийный интегральный преобразователь свет-частота и разработанные планарные структуры высокоомного GaAs имеют сравнимые значения фоточувствительности и диапазона перестройки частоты выходного сигнала.