

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

Кафедра физики твёрдого тела

**Исследование возможности создания свип-генератора на основе
высокоомной эпитаксиально-планарной структуры GaAs**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студента 4 курса 4052 группы
направления 11.03.04 «Электроника и микроэлектроника»
института физики

Косенкова Алексея Алексеевича

Научные руководители
заведующий лабораторией
должность, ученая степень, ученое звание

д.ф.-м.н., профессор
должность, ученая степень, ученое звание
Зав. кафедрой физики твёрдого
тела

д.ф.-м.н., профессор
должность, ученая степень, ученое звание


подпись, дата

И.О. Кожевников
инициалы, фамилия


подпись, дата

А.И. Михайлов
инициалы, фамилия


подпись, дата

А.В. Скрипаль
инициалы, фамилия

Саратов 2023

ВВЕДЕНИЕ

Развитие электроники в наше время предполагает усовершенствование интегральных технологий в сфере цифровой микроэлектроники. Такими усовершенствованиями являются уменьшение размеров, уменьшение энергопотребления и сокращение затрат на изготовление. Для развития микроэлектроники в данном направлении интересными могут стать приборы функциональной электроники, использующие свойства нелинейных активных сред.

Примером такого функционального прибора является высокоомная планарная структура арсенида галлия *n*-типа, в которой в сильных электрических полях формируются осцилляции тока, параметрами которых в широком диапазоне можно управлять несколькими способами: изменением постоянного приложенного напряжения, величины магнитного поля и интенсивности освещения длинами волн из диапазона, соответствующих собственному поглощению арсенида галлия. Таким образом, зависимость частоты осцилляций тока от указанных способов воздействия на структуру подразумевает возможность создания управляемого генератора на основе высокоомной эпитаксиально-планарной структуры GaAs.

В связи с этим, целью данной дипломной работы является исследование методов управления частотой токовых колебаний высокоомной планарно-эпитаксиальной структуры GaAs. Для достижения цели поставлены следующие задачи:

1. Литературный обзор по теме исследования.
2. Экспериментальное исследование зависимости частоты и амплитуды токовых колебаний высокоомной эпитаксиально-планарной структуры GaAs от мощности засветки лазерным диодом.
3. Экспериментальное исследование зависимости частоты и амплитуды токовых колебаний высокоомной эпитаксиально-планарной структуры GaAs от приложенного к структуре напряжения.
4. Анализ полученных результатов.

Свип-генератор — это генератор электромагнитных колебаний, частота которого меняется со временем по определенному закону в определённых пределах. Такое название заимствованно из английского языка. Слово sweep означает «непрестанное движение». Более современное название для свип-генератора – генератор качающейся частоты (ГКЧ).

Актуальность данной работы состоит в том, что исследуется возможность создание генератора качающейся частоты, с малыми размерами, высокой энергоэффективностью. Создание ГКЧ такого размера позволит внедрять его в интегральные схемы, когда предыдущие аналоги и прототипы выполнялись целыми схемами, и управлялись отдельными приборами, присутствующими в этих схемах.

Данная работа включает в себя 2 главы в каждой из которых 4 подзаголовка:

- 1 Литературный обзор по теме исследования
 - 1.1 Принцип работы свип-генератора
 - 1.2 ОДП и механизмы неустойчивостей тока в GaAs
 - 1.3 Интеллектуальные датчики на БИСПИН структурах
 - 1.4 Генератор токовых колебаний с перестраиваемой частотой на основе высокоомных структур GaAs.
- 2 Экспериментальное исследование
 - 2.1 Объект исследования
 - 2.2 Методика исследования и используемое оборудование
 - 2.3 Исследование зависимости частоты и амплитуды токовых колебаний структуры GaAs от приложенного к структуре напряжения.
 - 2.4 Исследование зависимости частоты и амплитуды токовых колебаний структуры GaAs от мощности засветки

Основное содержание работы

В первой главе рассматривается информация о свип генераторах (генераторах качающейся частоты) и особенностях появления неустойчивых токовых колебаний (рекомбинационная неустойчивость) в высокоомной структуре арсенида галлия. Рассмотрены интеллектуальные датчики на БИСПИН структурах (прибор аналог).

Далее описывается разработка предыдущих исследователей этой темы – функциональный преобразователь свет-частота построенный на основе высокоомной эпитаксиально-планарной структуры GaAs. В дальнейшем все исследования проводились на структурах этого типа.

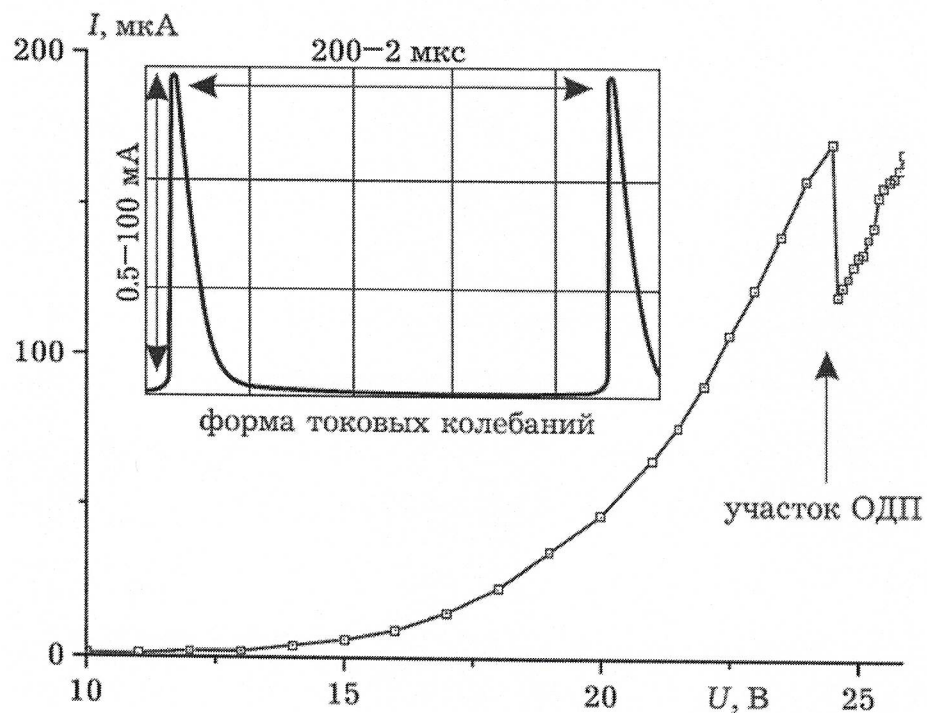


Рисунок 1 – ВАХ и форма токовых колебаний на нагрузочном сопротивлении

Эксперимент

Во второй главе описывается структура, на которой производились эксперименты, оборудование, использовавшееся для экспериментов, методика градуировки лазера и результаты этой самой градуировки, методики расположения зондов и причина выбора одной из них, исследования методов управления токовыми колебаниями и исследование возможности свипирования по частоте на выходе структуры

Для исследования параметров динамических колебаний тока в планарной полупроводниковой структуре на основе GaAs использовалось 2 варианта расположения зондов на структуре. В первом оба зонда располагались на металлических площадках, во втором – один зонд располагался на металлической площадке омического контакта, а второй на подложке, на расстоянии порядка 60-100 мкм. При наличии в сигнале шумов, затрудняющих исследование полезного сигнала, либо полном отсутствии сигнала, положение зонда, расположенного на подложке, изменялось.

Второй вариант расположение зондов показал возрастание диапазона перестройки частоты при освещении межконтактной области структуры до двух порядков относительно темнового значения. Однако в данной работе эта особенность не исследовалась.

В ходе эксперимента были проведены серии измерений, и выявлены зависимости амплитуды и частоты от приложенного напряжения и мощности засветки.

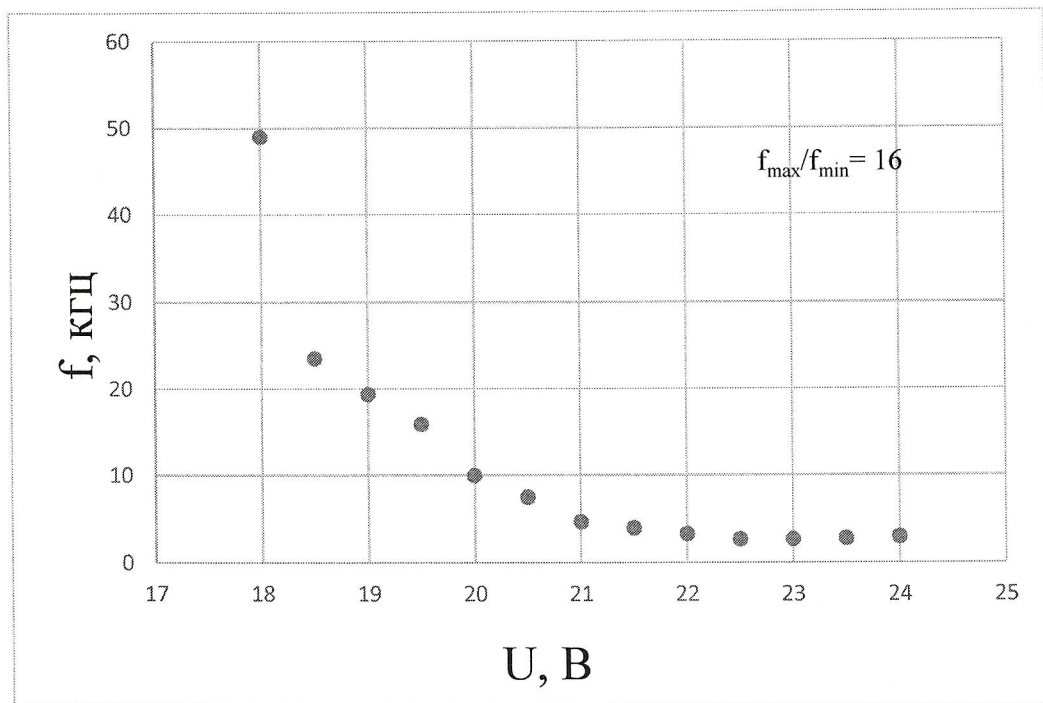


Рисунок 2 – зависимость частоты от напряжения образца

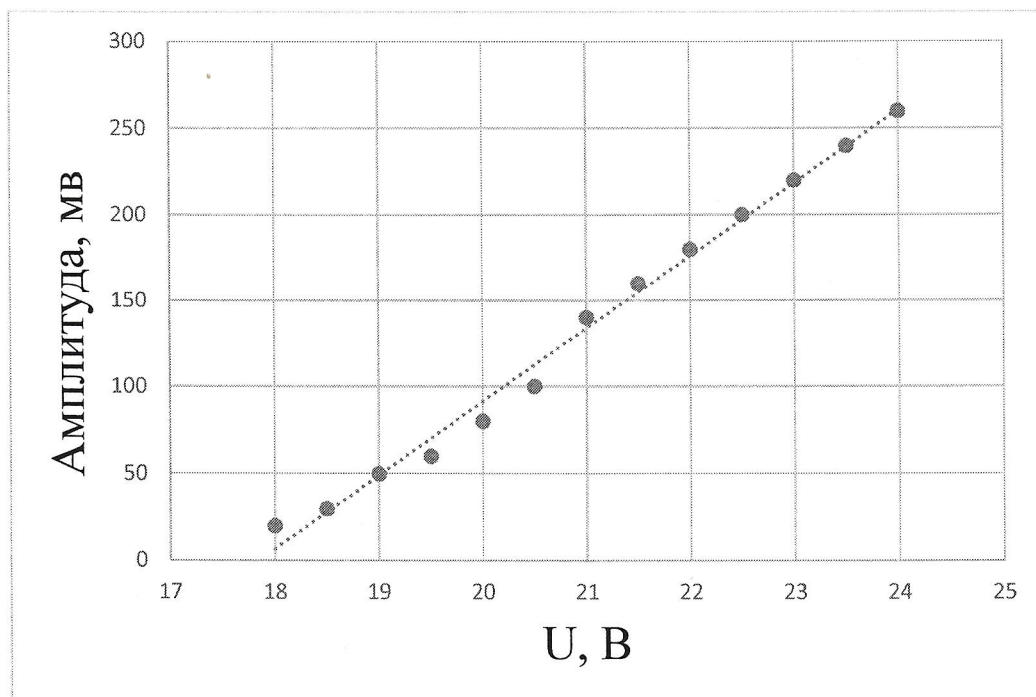


Рисунок 3 – зависимость амплитуды от напряжения

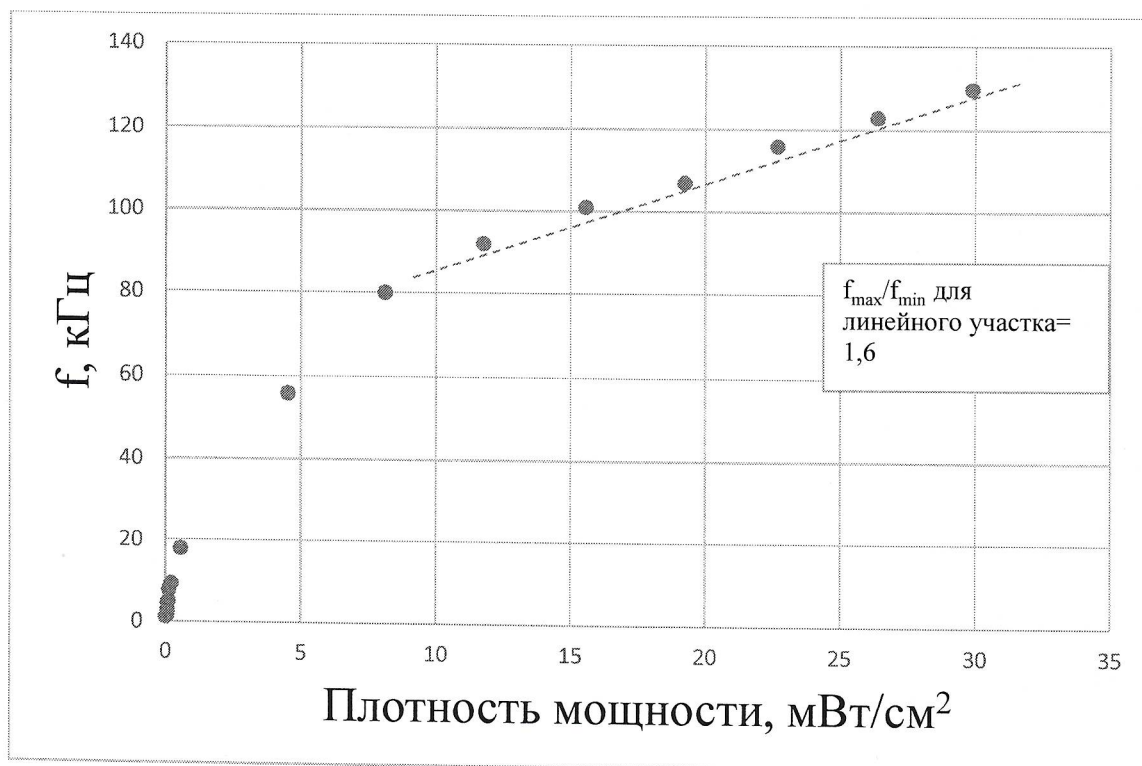


Рисунок 4 – зависимость частоты токовых колебаний от плотности мощности

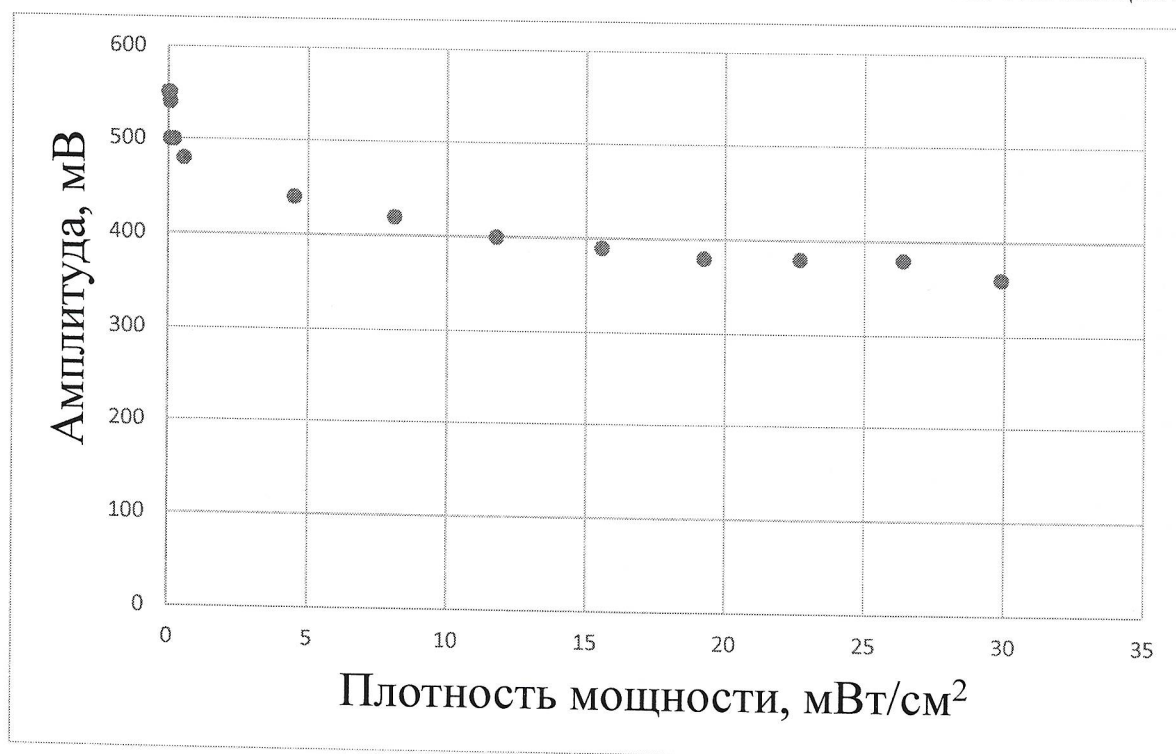


Рисунок 5 – зависимость амплитуды токовых колебаний от плотности мощности

Из графиков видно, что при способе управления частотой токовых колебаний изменением приложенного к структуре напряжения частота от напряжения изменяется нелинейно, при этом амплитуда токовых колебаний

возрастает с ростом напряжения на порядок. Приведенные зависимости частоты и амплитуды от мощности засветки показали, что имеется линейный участок, на котором частота изменяется в 1,6 раза, а амплитуда токовых колебаний при этом практически не изменяется. На всём диапазоне изменения мощности освещения частота токовых колебаний изменяется в 108 раз. Данный результат говорит о возможности создания прототипа генератора на основе данной структуры с линейным управлением частотой.

Для исследования возможности свипирования спроектирована и собрана следующая схема, состоящая из лазерного диода, подключенного к генератору пилообразных импульсов последовательно с резистором 10 Ом, исследуемый образец ОБР подключен к источнику питания последовательно с резистором 100 Ом. С резистора 10 Ом снимается сигнал на 1 канал осциллографа, с резистора 100 Ом – на 2 канал осциллографа.

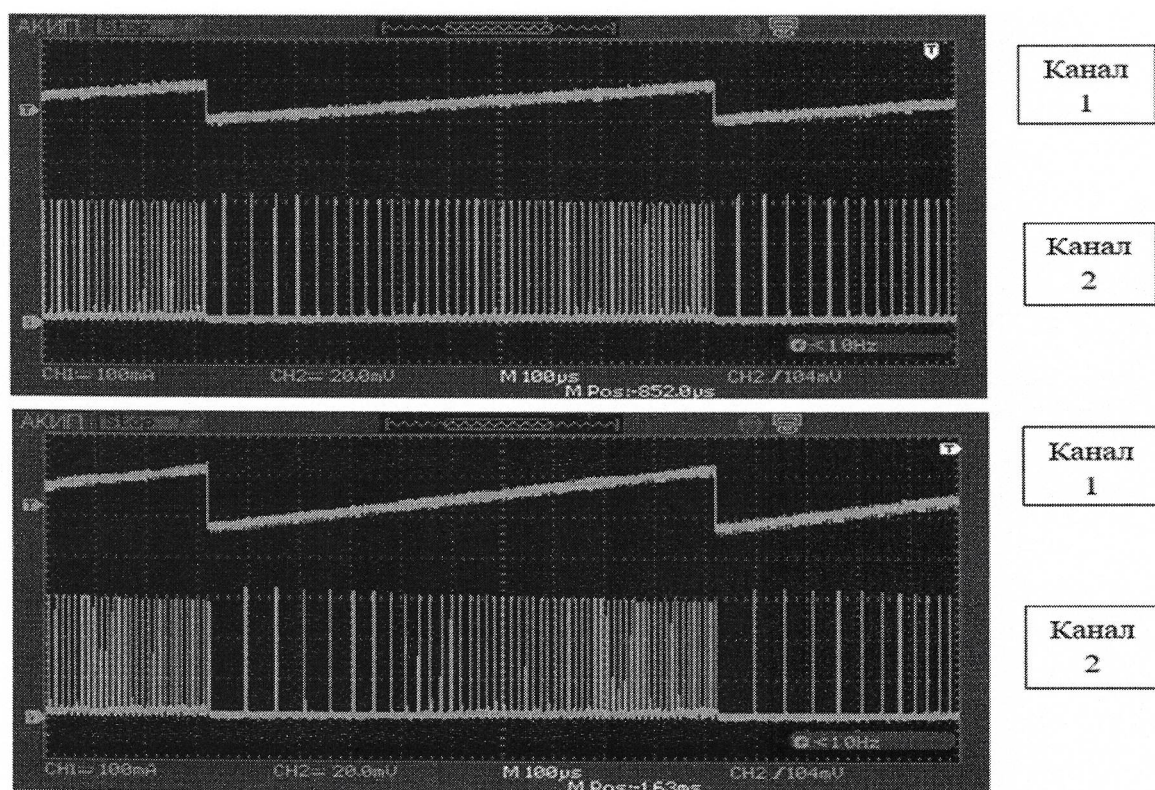


Рисунок 6 – Свипирование по частоте выходного сигнала структуры (канал 2) при пилообразном сигнале на лазерном диоде (канал 1) и напряжении на структуре 21 В и амплитуде управляющего сигнала 2 мА (сверху) и 4 мА (снизу)

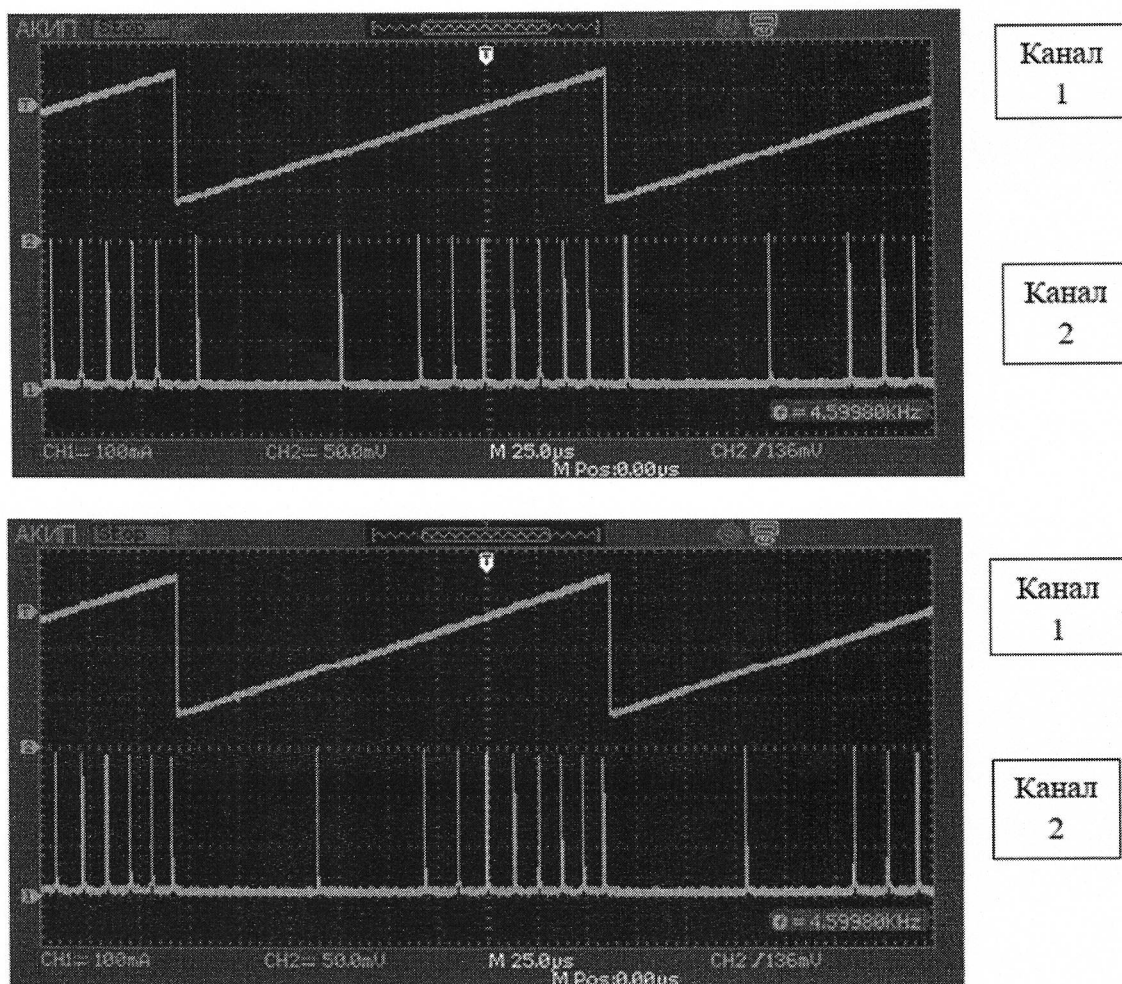


Рисунок 7 – Сви́пирование по частоте выходного сигнала структуры (канал 2) при пилообразном сигнале на лазерном диоде (канал 1) и напряжении на структуре 24 В и амплитуде управляющего сигнала 12 мА (сверху) и 15 мА (снизу)

Анализируя полученные в ходе исследования осциллограммы, можно прийти к выводу, что управление диапазоном сви́пирования возможно как величиной приложенного к структуре напряжения, так и амплитудой изменения сигнала источника освещения структуры.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате анализа выполненной работы можно сделать следующие выводы:

1. Проведен литературный обзор по теме исследования, рассмотрены исследования методов управления частотой токовых колебаний.
2. При сравнении двух методов управления генератором, основанных на зависимости частоты и амплитуды токовых колебаний высокоомной эпитаксиально-планарной структуры GaAs от мощности засветки лазерным диодом и от приложенного напряжения, установлено, что в случае управления частотой токовых колебанием изменением приложенного к структуре напряжения частота от напряжения изменяется нелинейно, при этом амплитуда токовых колебаний возрастает с ростом напряжения на порядок, а в случае управления частотой изменением мощности засветки лазерным диодом имеется участок линейной частотной зависимости и амплитуда токовых колебаний изменяется в малых пределах.
3. Проведенное в данной работе экспериментальное исследование методов управления частотой токовых колебаний высокоомной планарно-эпитаксиальной структуры GaAs показало принципиальную возможность создания однокристалльного свип-генератора на основе высокоомного GaAs.

