

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
«Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники»

УДК 621.382

Шрамов  
Илья Игоревич

Тонкоплёночные транзисторы для управления массивом  
микросветоизлучающих структур

**АВТОРЕФЕРАТ**  
на соискание степени магистра  
по специальности 7-06-0713-01 «Микро- и наноэлектроника»

Научный руководитель  
кандидат технических наук, доцент  
Степанов А.А.

Минск 2025

Работа выполнена на кафедре микро- и наноэлектроники учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Научный руководитель:

**Степанов Андрей Анатольевич,**  
кандидат технических наук, доцент кафедры микро- и наноэлектроники учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Рецензент:

**Власова Галина Александровна,**  
кандидат технических наук, доцент кафедры информационных систем и технологий и технологии учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Защита диссертации состоится «20» июня 2025 г. в 9<sup>00</sup> часов на заседании Государственной комиссии по защите магистерских диссертаций в учреждении образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» по адресу: 220013, г. Минск, ул. П. Бровки, 6, 1 уч. корп., ауд. 114, тел.: 293-89-26, e-mail: kafme@bsuir.by.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».

## ВВЕДЕНИЕ

Тонкоплёночные транзисторы (англ. *Thin-film transistors* – *TFT*) в настоящее время являются основными электронными компонентами практически всех дисплеев на мировом рынке, от смартфонов до больших экранов. Коммерческое применение *TFT* было обусловлено использованием *гидрогенизированного* аморфного кремния a-Si:H, который является основным материалом в этой отрасли. Однако сейчас наблюдается интерес к более широкому спектру материалов для тонкоплёночных транзисторов, таким как поликристаллический кремний, аморфные оксидные полупроводники и органические полупроводники.

Диссертационная работа выполнена самостоятельно, проверена в системе «Антиплагиат». Общий объем диссертации составляет 58 страниц.

## **Общая характеристика работы**

**Актуальность темы магистерской диссертации.** Актуальность темы заключается в разработке компактной (электрической) модели тонкоплёночного транзистора, учитывающей физические процессы, происходящие в приборных структурах. Данная особенность приведет к возможности создания и разработки новых изделий.

**Цель и задачи исследования.** проектирование и создание тонкопленочных транзисторов (ТПТ), управляющих массивом светоизлучающих микроструктур GaP/GaP(N,As), формируемых на кремниевой подложке, для устройств отображения излучающего типа.

Для достижения указанной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Изучить материалы, структуры и методы формирования ТПТ для управления массивом светоизлучающих микроструктур .
2. Провести приборно-технологическое моделирование ступенчатой инвертированной структуры ТПТ.
3. Исследовать технологические решения объединения матриц ТПТ и светоизлучающих микроструктур.

**Объект и предмет исследования.** В качестве объекта исследования выступает тонкоплёночный транзистор для управления матрицей микросветодиодных излучателей. Предметом исследования являются физические процессы, происходящие в приборных структурах микросветодиодных излучателей и тонкоплёночных транзисторах для их управления.

**Основные положения диссертации, выносимые на защиту.** Активное управление светоизлучающими микроструктурами на основе GaP/GaP(N,As) ступенчатыми инвертированными тонкоплёночными транзисторами с использованием аморфного кремния в качестве проводящего канала толщиной 30 нм, затворным диэлектриком SiN толщиной 20 нм, обеспечивающим ток стока 10 мА при напряжении 4В и формирование точечных электромеханических контактов термомеханическим методом при температурах до 300 °С

**Личный вклад соискателя.** В настоящую диссертационную работу вошли результаты как личных исследований автора, так и его совместной деятельности с научным руководителем Степановым А. А.

**Апробация диссертации и информация об использовании ее результатов.** Основные положения диссертационной работы докладывались на следующих научных конференциях: Молодежь в науке (2024, Минск); 61-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов (2025, Минск); 7я Международная научно- практическая конференция «Прикладные

проблемы оптики, информатики, радиофизики, аэрокосмических технологий и физики конденсированного состояния» (2025, Минск).

**Публикации результатов диссертации.** Основные результаты диссертации опубликованы в сборниках материалов; 61-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов; 7-й Международной научно- практической конференции «Прикладные проблемы оптики, информатики, радиофизики, аэрокосмических технологий и физики конденсированного состояния»; Международной научно- практической конференции «*International Conference on Display technology 2025.* »

**Структура и объем диссертации.** Диссертационная работа выполнена самостоятельно, проверена в системе «Антиплагиат». Процент оригинальности составляет 88,9%. Цитирования обозначены ссылками на публикации, указанными в «Списке использованных источников». Отчет приведен в приложении А. Общий

## КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** рассмотрено современное состояние проблемы проектирования устройств отображения излучающего типа на основе тонкопленочных транзисторов (ТПТ), определены основные направления исследований, а также дается обоснование актуальности темы диссертационной работы, заключающейся в разработке компактной (электрической) модели ТПТ, учитывающей физические процессы, происходящие в приборных структурах, для создания новых изделий.

В **общей характеристике работы** сформулированы ее цель и задачи, даны сведения об объекте и предмете исследования, представлены положения, выносимые на защиту, приведены сведения о личном вкладе соискателя, апробации результатов диссертации и их публикации, а также структура и объем диссертации. Объектом исследования выступает тонкопленочный транзистор для управления матрицей микросветодиодных излучателей. Предметом исследования являются физические процессы, происходящие в приборных структурах микросветодиодных излучателей и тонкопленочных транзисторах для их управления.

В **первой главе** приведен анализ научно-исследовательской литературы по теме диссертационной работы. Рассматриваются принципы работы и особенности OLED- и AMOLED-дисплеев, а также виды блоков управления для микродисплеев.

Во **второй главе** рассматриваются различные типы тонкопленочных транзисторов, включая структуры на основе a-Si:H, poly-Si и IGZO. Подробно описывается структура и электрические характеристики ТПТ на a-Si:H, включая линейную область характеристик.

В **третьей главе** рассматриваются технологические решения для соединения матриц ТПТ и микросветоизлучающих структур, включая метод массового переноса и монокристаллические методы переноса.

В **четвертой главе** представлено приборное моделирование приборной структуры тонкопленочного транзистора в системе автоматизированного проектирования Silvaco (пакеты Athena и Atlas). Определены требования к ТПТ и выбран технологический процесс изготовления. Приведены номинальные параметры моделирования и описано формирование приборной структуры в пакете Athena.

В **заключении** представлена оценка полученных результатов.

В **приложениях** приведены проверка на антиплагиат и дополнительная информация.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для достижения цели магистерской диссертации, был проведен анализ и изучение научно-технической литературы, современные журналы и статьи, связанные, непосредственно с современными тонкоплёночными транзисторными структурами. Были изучены основные параметры и характеристики тонкоплёночных транзисторов, их достоинства и недостатки. Была рассмотрена технология изготовления, инвертированного копланарного ТПТ, описаны перечислены основные преимущества и недостатки данной технологии.

Проведено моделирование приборной структуры тонкоплёночного транзистора в программном комплексе *Silvaco* с начальными параметрами. Использовался пакет *Atlas* и *Athena*.

## СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ

[А.1] Шрамов, И. И. Сравнение параметров и возможностей моделей дисплеев и их управления / И. И. Шрамов, А.А. Степанов, И. Ю. Ловшенко //: материалы XXI Международной М75 научной конференции молодых ученых, Минск, ноябрь 2024 г. – Минск, 2025. – С. 432–436.

[А.2] Шрамов, И. И. КМОП-Матрица для управления массивом микросветоизлучающих структур / И. И. Шрамов, А.А. Степанов, А.Г. Смирнов., К.В. Корсак //: Прикладные проблемы оптики, информатики, радиофизики и физики конденсированного состояния Минск, март 2025 г. – Минск, 2025. – С. 232–233.