

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

УДК 539.232

Сопот
Владислав Артурович

Подвижность носителей заряда в тонких пленках полупроводниковых
соединений индий-галлий-цинк-оксид

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание степени магистра технических наук
по специальности 1-41 80 01 «Твердотельная электроника, радиоэлектронные
компоненты, микро- и наноэлектроника, приборы на квантовых эффектах»

Научный руководитель
Степанов Андрей Анатольевич
канд. тех. наук

Минск 2019

ВВЕДЕНИЕ

Тонкопленочные транзисторы (ТПТ) использовались в качестве конденсатора и электронного компьютера последние 60 лет. Основная концепция работы аналогична концепции полевых транзисторов на основе оксида металла (МОП ПТ). Первая концепция работы TFT была предложена Лилиенфельдом, Броуди и Хейлом. Они представили полевой МОП-транзистор и разработали концепцию 3-электродной работы (затвор, источник и сток) с использованием поля, управляемого конденсатором. После этого тонкопленочный транзистор был продемонстрирован П. К. Ваймером, который использовал шахматную структуру с затвором наверху при наличии микрокристаллического активного слоя сульфида кадмия (CdS). Начиная с работы Веймера, были разработаны ТПТ на основе широкого спектра полупроводниковых материалов, в том числе органических, полимерных, аморфных и поликристаллических материалов. В настоящее время наиболее преобладающая технология ТПТ основана на гидрогенизированном аморфном кремнии (a-Si: H), который был предложен ЛеКомбером в качестве электронного переключающего устройства в 1979 году. Благодаря использованию аморфного кремния можно достичь меньшего тока утечки, чтобы применять устройства с низким током, например, жидкокристаллические дисплеи с плоскими панелями и солнечные батареи.

Кроме того, ТПТ на основе поликремния базируются на большом количестве разновидностей методов кристаллизации для увеличения дрейфовой подвижности и улучшения стабильности характеристик ТПТ, например, кристаллизация в твердой фазе (ТФК), кристаллизация на основе металлов (МОК), последовательная латеральная кристаллизация (ПЛК) и так далее.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы магистерской диссертации. Актуальность исследования связана с растущим распространением использования плёнок IGZO в качестве активного слоя в тонкопленочных транзисторах ввиду их очевидных преимуществ над устаревшими технологиями. Среди преимуществ можно выделить более высокую подвижность носителей заряда и апертурный коэффициент, что напрямую связано с увеличением разрешения экранов.

Цели и задачи исследования. Целью работы является изучение формирования плёнок IGZO, возможность и целесообразность их использования в качестве активного слоя в тонкопленочных транзисторах.

Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи:

- Изучение действующих технологий для создания тонкоплёночного транзистора на основе плёнок IGZO.
- Получение данных о зависимостях токов, напряжений и сопротивлений, анализ экспериментальных данных.

Объектом исследования является плёнка индий-галлий-цинк-оксид.

Предметом исследования является подвижность носителей заряда в тонких пленках индий-галлий-цинк-оксид.

Область исследования. Содержание диссертационной работы соответствует образовательному стандарту высшего образования второй ступени (магистратуры) специальности 1-41 80 01 «Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и наноэлектроника, приборы на квантовых эффектах».

Теоретическая и методологическая основа исследования. Теоретическая и методологическая части исследований основаны на изучении и анализе публикаций, а так же на обработке результатов экспериментальных данных по исследованию формирования плёнок IGZO. В ходе получения данных о зависимостях токов, напряжений и сопротивлений и анализа экспериментальных данных были использованы достоверные данные из проведённого эксперимента по напылению плёнки IGZO на ООО «Изовак».

Информационная база исследования заключается в измерении вольт-амперных характеристик плёнок индий-галлий-цинк-оксид.

Научная новизна диссертационной работы заключается в получении значения подвижности носителей в активном слое для образцов тестовых структур ТПТ на основе IGZO.

Основные положения, выносимые на защиту. На защиту выносятся следующие основные результаты:

1. Установлено, что подвижность индий-галлий-цинк-оксид уменьшается с $5,2 \text{ см}^2/\text{Вс}$ до $1,98 \text{ см}^2/\text{Вс}$ с увеличением времени осаждения от 6 до 9 минут и увеличением толщины плёнки на 50 процентов, а также при увеличении концентрации кислорода при осаждении плёнок индий-галлий-цинк-оксид от 0 до 25 процентов, что может быть вызвано увеличением размера зерна плёнок, с $10 \text{ см}^2/\text{Вс}$ до $1,98 \text{ см}^2/\text{Вс}$. Достигнутые значения подвижности плёнок индий-галлий-цинк-оксид превышают подвижность аморфных плёнок кремния, что позволяет использовать полученные плёнки в качестве активного слоя тонкоплёночного транзистора.

Личный вклад соискателя. Все основные результаты и выводы получены соискателем самостоятельно. Расчёт зависимостей для порогового напряжения, напряжения на затворе, полного сопротивления транзистора был выполнен соискателем самостоятельно. Во время работы над диссертацией соискателем были проведены измерения порогового напряжения, напряжения на затворе, полного сопротивления транзистора, а также подвижности носителей. Проведение экспериментов, а так же анализ полученных результатов проводились совместно с научным руководителем, кандидатом технических наук Степановым А.А.

Теоретическая значимость диссертации заключается в том, что в ней предложен метод измерения подвижности носителей в активном слое для образцов тестовых структур ТПТ на основе IGZO.

Практическая значимость диссертации состоит в том, что была измерена подвижность носителей в активном слое, а так же показаны перспективы использования плёнок индий-галлий-цинк-оксид для создания и развития активно-матричных жидкокристаллических дисплеев.

Апробация и внедрение результатов исследования. Результаты исследования, представленные в диссертации, включены в ряд лабораторных работ.

Публикации. Основные положения диссертации были представлены в докладе на научной конференции БГУИР.

Структура и объем работы. Структура диссертационной работы обусловлена целью, задачами и логикой исследования. Работа состоит из введения, четырёх глав, заключения и библиографического списка. Общий объем диссертации – 64 страницы. Работа содержит 11 таблиц, 40 рисунков. Библиографический список включает 36 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении описаны основные свойства плёнок IGZO, их широкое применение в различных отраслях, определены основные направления исследований, а также дается обоснование актуальности темы диссертационной работы.

В общей характеристике работы сформулированы ее цель и задачи, даны сведения об объекте исследования и обоснован его выбор, представлены положения, выносимые на защиту, приведены сведения о личном вкладе соискателя, апробации результатов диссертации и их опубликованность, а также, структура и объем диссертации.

В первой главе описаны особенности различных транзисторов с различными плёнками в качестве активного слоя, в том числе и при использовании плёнок IGZO.

Во второй главе рассмотрено изготовление и характеристика тонкоплёночного транзистора на IGZO.

В третьей главе описаны электрические свойства тонкоплёночного транзистора на IGZO, а также анализ этих свойств.

В четвертой главе рассмотрены результаты эксперимента по изготовлению тестовых структур ТПТ, их вольт-амперные характеристики и значение подвижности носителей заряда.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На сегодняшний день технология формирования плёнок IGZO, а также их дальнейшее использование в качестве активного слоя в тонкоплёночных транзисторах является крайне важным и актуальным вопросом для изучения.

Цель данной дипломной работы является изучение формирования плёнок IGZO, возможность и целесообразность их использования в качестве активного слоя в тонкоплёночных транзисторах. Для достижения указанной цели перед началом работы нами был поставлен ряд задач.

При изучении действующих технологий для создания тонкоплёночного транзистора на основе плёнок IGZO нами были использованы различные источники с данными не старше 10 лет. В ходе получения данных о зависимостях токов, напряжений и сопротивлений и анализа экспериментальных данных были использованы достоверные данные из проведённого эксперимента по напылению плёнки IGZO на ООО «Изовак». Ряд полученных значений был использован нами для описания примерных характеристик плёнки IGZO при её использовании в качестве активного слоя в тонкоплёночном транзисторе. Кроме того, нами были исследованы зависимости для порогового напряжения, напряжения на затворе, полного сопротивления транзистора, а также были выведены формулы для их возможного теоретического расчёта и сравнения полученных данных с экспериментальными.

Подводя итог исследованию, посвященному формированию плёнок IGZO и их дальнейшему использованию в качестве активного слоя в тонкоплёночном транзисторе, нами сделан вывод о том, что дальнейшее совершенствование технологий создания тонкоплёночных транзисторов на плёнках IGZO, а также снижение конечной себестоимости продукта является крайне важным вопросом

для дальнейшего успешного использования данных плёнок и развития активно-матричных жидкокристаллических дисплеев.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1. Карпович, А. Солнечные элементы на основе диода Шоттки с наноструктурированным электродом / А. Карпович, С. Жук, Б. Казаркин, В. Кайлевич, Я. Сацкевич, Е. Муха, А. Степанов, А.Смирнов // Россия - Беларусь - Сколково: единое инновационное пространство: Тезисы международной научной конференции – Минск, 2012 – С. 250 – 251.