

Фотодетекторы УФ-излучения на основе пленок Ga₂O₃ с высоким быстродействием

Д.А. Алмаев^{1,2}, А.В. Цымбалов¹, В.В. Копьев¹, О.И. Кукунов¹

¹ *Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия*

² *Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, г. Томск, Россия*

Представлены результаты исследования фотоэлектрических характеристик структур Pt/Ga₂O₃ при воздействии ультрафиолетовым (УФ) излучением с длиной волны $\lambda = 254$ нм. Рассмотрено влияние температуры отжига в атмосфере воздуха и времени роста пленок Ga₂O₃ на фоточувствительность и быстродействие фотодетекторов на их основе. Пленки Ga₂O₃ были получены методом ВЧ-магнетронного распыления на сапфировые подложки с базовой ориентацией (0001). Пленки Ga₂O₃ характеризуются высокой прозрачностью в длинноволновом УФ- (UVA) и видимом (VIS) диапазонах. Максимальные значения токовой монохроматической чувствительности и отношения сигнал/шум характерны при напряжении 100 В и составили 140.6 мА/Вт и $2 \cdot 10^5$ отн. ед. соответственно. Структуры обладают высоким быстродействием, времена отклика и восстановления составили 7.6 и 2.0 мс соответственно при напряжении 10 В. В работе показана связь между фоточувствительностью и быстродействием фотодетекторов.

Ключевые слова: фотодетектор, оксид галлия, ВЧ-магнетронное распыление, УФ-излучение, быстродействие.

Введение

Оксид галлия (Ga₂O₃) является ультраширокозонным ($E_g = 4.4\text{--}5.3$ эВ) полупроводником *n*-типа проводимости, который имеет уникальные физико-химические свойства, удовлетворяющие требованиям современной электроники [1]. Ga₂O₃ обладает полиморфизмом и может кристаллизоваться в пяти фазах: α , β , γ , δ и ϵ (к). На данный момент наиболее изученной является β -фаза с моноклинной структурой, которая характеризуется высокой химической и термической стабильностью, что позволяет использовать приборы на основе Ga₂O₃ в экстремальных условиях [2].

В настоящее время оксид галлия находит широкое применение в различных областях: силовая электроника, газовая сенсорика, прозрачные электроды, солнечно-слепые детекторы УФ-излучения и т.д. [3]. Наибольший интерес представляют исследование и разработка солнечно-слепых фотодетекторов УФ-излучения на основе Ga₂O₃, что обусловлено наиболее подходящим значением E_g , селективностью и внутренним усилением. Среди существующих детекторов выделяют планарные структуры металл/полупроводник/металл (MSM), которые получили широкое применение благодаря высокой чувствительности и простоте изготовления [4].

Электрические и фотоэлектрические характеристики фотодетекторов напрямую зависят от методов получения и последующей обработки пленок Ga₂O₃ [5]. На сегодняшний день пленки Ga₂O₃ могут быть получены следующими методами: импульсное лазерное осаждение (PLD), молекулярно-лучевая эпитаксия (MBE), осаждение металлоорганических соединений из газовой фазы (MOCVD), химическое газозольное осаждение при низком давлении (LPCVD), хлоридная газозольная эпитаксия (HVPE), атомно-слоевое осаждение (ALD) и ВЧ-магнетронное распыление (RFMS) [6]. Последний способ характеризуется высокой скоростью роста и относительной дешевизной производства. Структуры, полученные RFMS-методом, не уступают в чувствительности к УФ-излучению.

Чувствительность детекторов к ультрафиолетовому излучению зависит от толщины активной области, а также от температуры ее отжига. В связи с этим данная работа посвящена исследованию влияния времени роста и температуры отжига пленки оксида галлия на оптические, электрические и фотоэлектрические характеристики детекторов.

Методика исследования

Пленки Ga₂O₃ были получены методом RFMS мишени Ga₂O₃ (99.999%) на гладкие сапфировые подложки на установке AUTO-500 (Edwards) в газовой смеси Ar/O₂. Напыление пленок происходило в течение $t_g = 30$ и 60 мин. Концентрация кислорода в смеси поддерживалась равной (56.1 ± 0.5) об.%. Расстояние между мишенью и подложкой составляло 70 мм. Давление в камере во время напыления поддерживалось равным $7 \cdot 10^{-6}$ бар. Преднамеренного легирования пленок в