

ФОТОДЕТЕКТОР НА ОСНОВЕ ТРИСЕЛЕНИДА ТАНТАЛА

Д. С. Ганжа, А. А. Филатова, Е. А. Кольчугина, И. Р. Ветров,
И. Н. Козлова, В. С. Павельев, Нишант Трипати
«Самарский национальный исследовательский университет имени
академика С.П. Королёва», г. Самара

Ключевые слова: фотодетектор, триселенид тантала, кремниевая подложка; ближний инфракрасный диапазон.

Триселенид тантала $TaSe_3$ - квазиодномерный кристалл с уникальными анизотропными свойствами. Он обладает высоким коэффициентом Зеебека и низкой теплопроводностью [1]. Благодаря фототермоэлектрическому эффекту (превращение тепла от света в напряжение) на его основе создаются автономные фотодетекторы, работающие в широком спектральном диапазоне без внешнего питания [2].

Изготовление фотодетектора происходило в несколько этапов:

1. Подготовка дисперсии. Стабильная дисперсия наноструктур $TaSe_3$ (5 мг), полученных методом химического транспорта, в 25 мл диметилформамида (DMF) была приготовлена с помощью ультразвуковой ванны в течение 30 минут.

2. Формирование контактов. Твердотельный чип был изготовлен путем нанесения серебряных электродов на кремниевую подложку с покрытием SiO_2 с использованием теневой маски и системы распыления.

3. Нанесение материала. Готовый фотодетектор получили методом капельного нанесения приготовленной дисперсии $TaSe_3$ на серебряные электроды, сформированные на чипе SiO_2/Si .

4. Сборка устройства. Чип с фотоэлементом $TaSe_3$ и серебряными контактами приклеили на изолирующую подложку. Подложку закрепили на макетной плате с впаянными медными шупами. Серебряные контакты на фотоэлементе соединили со шупами. Плату с детектором поместили в пластиковый контейнер для защиты от пыли и внешних воздействий.

5. Тестирование. Детектор в контейнере поместили в темный ящик и подключили к измерительным приборам. Медные шупы на макетной плате через контейнер подключаются к источнику питания и измерительной аппаратуре. Включается прерыватель (chopper) для модуляции светового пучка. Затем, изменяя напряжение на детекторе и параметры падающего света (длину волны, интенсивность), регистрируют возникающий фототок и рассчитывают чувствительность прибора.

На рисунке 1 представлена зависимость фототока от времени при циклическом включении/выключении ИК-излучения (850 нм) с различной плотностью мощности в диапазоне от 0.1 до 1000 мВт/см². Наблюдается четкая модуляция сигнала: при попадании света на образец, фототок резко возрастает, а при перекрытии луча — возвращается к исходному уровню,

что свидетельствует о стабильной и воспроизводимой фоточувствительности материала TaSe₃. С увеличением интенсивности излучения амплитуда фототока закономерно растет, достигая максимальных значений при 1000 мкВт/см².

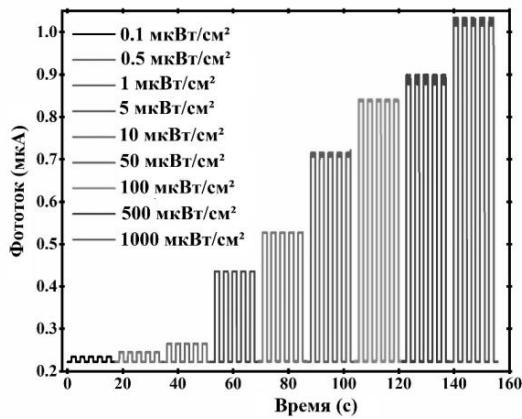


Рисунок 1 — График зависимости фототока от времени

Был также проведен анализ временных характеристик детектора. Временные характеристики детектора, рассчитанные по приведенным формулам, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты расчета временных характеристик относительно мощности светодиода

Плотность мощности излучения (мкВт/см ²)	Фототок (мкА)	Обнаружительная способность (Джонс)	Токовая чувствительность (А/Вт)	Квантовая эффективность (%)	Время отклика (мс)	Время восстановления (мс)
0.1	0.013	3.57x10 ¹⁰	6.7285	983.45985	8	8.5
0.5	0.023	1.2706 x10 ¹⁰	2.39481	350.03295	13.5	20
1	0.044	1.185 x10 ¹⁰	2.2351	326.68895	16.7	15.8
5	0.215	1.14255 x10 ¹⁰	2.15334	314.73894	9.36	8.6
10	0.306	8.128 x10 ⁹	1.53205	223.9295	8	8.7
50	0.495	2.627 x10 ⁹	0.49508	72.36252	15	8.4
100	0.621	1.649 x10 ⁹	0.3107	45.41345	8	15
500	0.678	3.6 x10 ⁸	0.06784	9.91572	10.1	16
1000	0.812	2.155 x10 ⁸	0.0406	5.93495	16	9

Полученные результаты демонстрируют, что фотодетектор на основе TaSe₃ обладает стабильным и воспроизводимым откликом в широком диапазоне интенсивностей излучения (от 0.1 до 1000 мкВт/см²). Высокая детектирующая способность 3.57x10¹⁰ при минимальной мощности

подтверждает чувствительность материала к слабым световым сигналам, что особенно важно для работы в условиях низкой освещенности. Быстрое время отклика (в пределах 8–20 мс) свидетельствует о незначительной инерционности процессов генерации и рекомбинации носителей заряда, что делает материал перспективным для применения в высокоскоростных оптоэлектронных устройствах, работающих в ближнем ИК-диапазоне.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (№ 25-23-00494)

Список использованных источников

1. Perucchi A. Spectroscopic and Dc-Transport Investigations of the Electronic Properties of TaSe3 / A. Perucchi, C. Søndergaard, S. Mitrovic, M. Grioni, N. Barisic, H. Berger, L. Forró, L. Degiorg // Eur. Phys. J. B — 2004. — Vol. 39, № 4. — P. 433–440.

2. Артеменко С. Н. Электроны в одномерных и квазиодномерных проводниках // Соросовский Образовательный Журнал. — 2004. — Т. 8. — № 3. — С. 1-6.

3. Рымжина А.Р. Экспериментальное исследование влияния функционализации дисульфида молибдена для применения в оптоэлектронике / А. Р. Рымжина, Ф. В. Гнеушев, В. А. Райхерт, А. Д. Разорвин, В. С. Павельев, Прачи Шарма, В. И. Платонов, Нишант Трипати // Актуальные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций: материалы Всероссийской научно-технической конференции (г. Самара, 20-23 мая 2025 г.) / Самарский национальный исследовательский университет им. С. П. Королева (Самар. ун-т); под ред. В. А. Зеленского. - Самара: [Артель], 2025. - С. 233-237.

УДК 53.084

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ВОЛЬТАМПЕРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

У.О. Ахмедов, Н. Трипати, Д.А. Шишкина
«Самарский национальный исследовательский университет имени
академика С.П. Королёва», г. Самара

Ключевые слова: Вольтамперная характеристика.

Контроль выходных параметров фотоэлектрических преобразователей является важной задачей как при разработке новых материалов, так и в учебном процессе. Основным методом оценки остается снятие вольтамперных характеристик (ВАХ), однако существующее специализированное оборудование, такое как точные измерители источников питания или профессиональные анализаторы параметров солнечных элементов, обладает высокой стоимостью и зачастую избыточно для лабораторий, работающих с широким спектром образцов различных размеров [1]. Коммерческие решения также не всегда обеспечивают необходимую гибкость при измерении как малых лабораторных пластин, так и стандартных элементов диаметром 100 мм.

В данной работе рассмотрена реализация измерительного стенда на