

2. Shiu, R.J., Gao, Y., Tan, C. et al. Thermal radiation control from hot graphene electrons coupled to a photonic crystal nanocavity // Nat Commun 10. – 109. – 2019.

3. Taflove, A. Computational electrodynamics: The finite-difference time-domain method. Third Edition // A. Taflove, S. Hagness – Boston: Artech House Publishers. – 2005. – P. 852.

4. Пакет Ansys Lumerical FDTD [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ansys.com/products/photonics/fdtd> (03.03.2024).

5. Mokshin, D. Golovashkin, V. Pavelyev and L. Yablokova, Iterative approach based on the FDTD method for the design of metal-dielectric photonic crystal devices, 2022 VIII International Conference on Information Technology and Nanotechnology (ITNT), 2022, IEEE Xplore, pp. 1-4.

Мокшин Павел Валериевич, mokshinfabio@gmail.com.

УДК 621.383

ИССЛЕДОВАНИЕ ГИБКИХ ФОТОДЕТЕКТОРОВ НА ОСНОВЕ ЧИСТЫХ И ФУНКЦИОНАЛИЗИРОВАННЫХ НИТРАТОМ СЕРЕБРА ЛИСТОВ TiS_2

А. Р. Рымжина, В. С. Павельев, Нишант Трипати
«Самарский национальный исследовательский университет имени
академика С.П. Королева», г. Самара

Ключевые слова: фотодетектор; халькогениды переходных металлов; листы TiS_2 ; инфракрасное излучение; диэлектрофорез; химический транспорт; функционализация.

Фотодетектор – ключевой компонент многих ежедневно используемых устройств. Фотодетекторы используются в спектроскопии, биохимии, контроле окружающей среды, робототехнике и т.д. [1-3].

В настоящее время крайне быстро развивается потребность в гибких фотодетекторах для носимой электроники и летательных аппаратов [1].

Преимущественно используемые чувствительные элементы основаны на кристаллических эпитаксиальных материалах. Фотодетекторы на их основе жесткие и хрупкие.

Большая часть известных материалов для гибких фотодетекторов обладает ограниченными спектральными диапазонами чувствительности (<1 мкм), низким откликом и низкой скоростью отклика, что препятствует их практическому применению [4]. Сегодня ведутся активные исследования дихалькогенидов переходных металлов (ДПМ) для разработки ИК-детекторов с улучшенными характеристиками фотодетектирования. Причиной такого интереса к ДПМ стал ряд их преимуществ по сравнению с другими материалами для фотодетектирования. Так, толщина величиной в несколько атомов делает такие материалы почти прозрачными, что может быть использовано при

создании “умной одежды”. Такая малая толщина также отвечает за эффекты размерного квантования.

Для преодоления упомянутых проблем необходимо исследовать новые материалы для фотодетектирования. Одним из перспективных материалов для разработки гибких ИК-детекторов является дисульфид титана (TiS_2), интерес к которому возник из-за величины его прямой ширины запрещенной зоны [4]. Она находится в диапазоне от 0,2 до 0,9 эВ, что свидетельствует о ее зависимости от структуры и о возможности поглощать излучение в ИК-диапазоне [5]. Кроме того, процесс изготовления устройств на основе ДПМ преимущественно осуществляется методом механического отшелушивания.

В данной работе проведен анализ гибких фотодетекторов на основе чистых и функционализированных нитратом серебра листов TiS_2 . Листы TiS_2 синтезированы методом химического транспорта, обработаны ультразвуком и осаждены методом диэлектрофореза между контактами на поверхности гибкой подложки из полиэтилентерефталата. Характеристики фотодетекторов были определены при их освещении 1064 нм ИК-лазером с перестраиваемой мощностью. Фотодетектор на основе функционализированных листов TiS_2 обладает значительно более высокими характеристиками по сравнению с фотодетектором на основе чистых листов TiS_2 . Данный фотодетектор показывает высокую чувствительность (260 ± 7 кА/Вт), высокую квантовую эффективность (303 ± 8 кА/Вт·нм) и хорошую обнаружительную способность ($31 \pm 0,9$ ТДжонс) при плотности мощности излучения $11,6$ мВт/см².

Продемонстрировано превосходство фотодетектора на основе функционализированных нитратом серебра листов TiS_2 .

Полученные результаты могут быть использованы для разработки и оптимизации современных оптоэлектронных устройств.

Список использованных источников

1. Segev-Bar M. Flexible sensors based on nanoparticles / M. Segev-Bar, H. Haick. // *ACS Nano*. — 2013. — Vol. 7, № 7. — P. 8366—8378.
2. Xie M. Flexible multi-functional sensors for wearable and robotic applications / M. Xie, K. Hisano, M. Zhu, T. Toyoshi, M. Pan, S. Okada, O. Tsutsumi, S. Kawamura, C. Bowen // *Advanced Materials Technologies*. — 2019. — Vol. 4. — P. 1800626.
3. Yang Y. Stretchable sensors for environmental monitoring / Y. Yang, Z. D. Deng // *Applied Physics Reviews*. — 2019. — Vol. 6. — P. 011309.
4. Rymzhina A. Recent trends in the fabrication of photodetectors: A detailed analysis on the photodetection properties of new 2D-TMCs / A. Rymzhina, P. Sharma, V. Pavelyev, P. Mishra, N. Tripathi // *Materials Today Communications*. — 2023. — Vol. 35. — P. 106247.
5. Sherrell P. C. Thickness-dependent characterization of chemically exfoliated TiS_2 nanosheets / P. C. Sherrell, K. Sharda, C. Grotta, J. Ranalli, M. S. Sokolikova, F. M. Pesci, P. Palczynski, V. L. Bemmer, C. Mattevi // *ACS Omega*. — 2018. — Vol. 3. — № 8. — P. 8655—8662.

Рымжина Анастасия Романовна, аспирантка каф. наноинженерии по специальности 1.3.2. «Приборы и методы экспериментальной физики», nastya.gymzhina.98@mail.ru.

Павельев Владимир Сергеевич, доктор физико-математических наук, доцент, заведующий каф. наноинженерии, papo@ssau.ru.

Трипати Нишант, Ph.D., доцент каф. наноинженерии, nishant.tripathi.11@gmail.com.

УДК 539.231

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ РЕЗИСТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

П.А. Воеводина, М.А. Советкина

«Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва», г. Самара

Ключевые слова: тонкопленочная технология, интерферометр белого света, растровая электронная микроскопия.

Резистивные, проводящие, диэлектрические тонкие пленки в электронике впервые стали применяться в 60-х годах и на сегодняшний день являются базой для создания микро- и наноэлектронных приборов и устройств [1]. В частности, тонкопленочные резистивные элементы применяются в создании тонкопленочного гибкого нагревателя, особенность которого заключается в расположении греющего элемента, имитирующего необходимую форму. Контроль параметров тонких пленок во времени является необходимым для обеспечения эффективности и надежности производства, качества продукции и безопасности рабочих процессов [2-3].

Объектами данного исследования являются тонкопленочные резистивные элементы, нанесенные на диэлектрическую подложку (ГОСТ 9284-75) с помощью магнетронного распыления на установке ЭТНА-100-МТ.

Имеющийся тонкопленочный резистор типа меандр имеет ряд особенностей. Резистивный слой пленки изготовлен из хрома марки ЭРХ – 1ТУ, контактные площадки - из меди М1; расчетное электрическое сопротивление - 4 кОм. Особенности технологического маршрута изготовления частично представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры, необходимые для магнетронного распыления тонких пленок хрома и меди

	Давление Аг, Па	Скорость роста, Å/с	Мощность, Вт	Напряжение, В
Cr, 40 нм	1	2,1	317	448
Cu, 200 нм	1	3,5	470	272