



# Повышение излучательной способности ИК-источников путем формирования эмиссионного покрытия методом вакуум-термического испарения

А. М. Тарасов<sup>1</sup>, Д. В. Новиков<sup>1</sup>, Д. В. Горелов<sup>2</sup>, С. С. Генералов<sup>2</sup>, В. В. Амеличев<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Национальный исследовательский университет «МИЭТ», г. Зеленоград, Москва, Россия

<sup>2</sup> ФГБНУ НПК «Технологический центр», г. Зеленоград, Москва, Россия

**Представлены результаты измерения характеристик ИК-источников, созданных на основе b-Al-покрытия. Отмечена их стабильность, объяснено отличие от теоретически предсказанных.**

**И**ntenсивность резистивных ИК-источников излучения, разработанных по МЭМС технологии, может быть повышена благодаря локальному формированию эмиссионного покрытия в области микронагревателя [1–5]. Одним из перспективных материалов, позволяющих улучшить спектральные характеристики ИК-источников, является черный оксид алюминия  $Al_2O_3$  (b-Al), полученный вакуум-термическим испарением при пониженном давлении ( $2 \cdot 10^{-2}$  Торр). Разработанный нами метод получения покрытия на основе b-Al представлен в работе [6].

Эффективность излучения эмиссионного слоя напрямую зависит от коэффициента излучения. Поэтому для повышения интенсивности излучения требуется снижение коэффициентов пропускания и отражения.

В ходе проведенных исследований установлено, что пленки b-Al имеют коэффициент излучения  $\sim 0,75$ – $0,85$  в диапазоне длин волн 2,5–25 мкм. При этом на образцах подвергавшихся отжигу при температуре выше 500 °C наблюдается снижение коэффициента излучения до 0,5 в ближнем ИК-диапазоне, обусловленное увеличением коэффициента пропускания и отражения до значений 0,3 и 0,2 соответственно.

Для исследования влияния пленок b-Al на излучательную способность ИК-источников использовались тестовые кристаллы с Pt-микронагревателями, сформированными на диэлектрической мембране. Диаметр области нагрева составлял 0,54 мм, что эквивалентно площади нагрева равной 0,223 мм<sup>2</sup>. Локальное напыление выполнялось на половине тестовых кристаллов. После формирования эмиссионного слоя кристаллы разваривались на основании ТО-39.

Перед измерениями на кристаллах с b-Al проводился «самоотжиг» при температуре  $\sim 500$  °C (эквивалентное напряжению питания 3 В). Сравнение измеренной максимальной мощности в диапазоне 1–14 мкм

на кристаллах с и без b-Al (при коэффициент излучения 0,5) показало прирост выходной мощности  $\Delta P \approx 100\%$ . При этом теоретический расчет мощности излучения отличается от измеренной в большую сторону на 2–3 порядка. Снижение измеренной мощности обусловлено отсутствием отражателя, применяемого для коллимации выходного пучка.

Полученные результаты показывают возможность применения b-Al в качестве эмиссионного слоя для повышения мощности излучения ИК-источников. Исследование покрытий b-Al после отжига показало их высокую температурную стабильность. В ближайшее время запланировано исследование влияния инкапсуляции (осаждения атомарного слоя) поверх слоя b-Al на его спектральные характеристики с целью достижения повышения коэффициента излучения.

## БЛАГОДАРНОСТИ

Материал подготовлен при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках выполнения НИР FNRМ-2022-0009.

## REFERENCES

1. **Popa D., Udrea F.** Towards integrated mid-infrared gas sensors. *Sensors*. 2019; 19(9):2076.
2. **De Luca A. et al.** In-Situ grown carbon nanotubes for enhanced CO<sub>2</sub> detection in non-dispersive infra-red system. *SENSORS*. 2013; 1–4.
3. **San H. et al.** Silicon-based micro-machined infrared emitters with a micro-bridge and a self-heating membrane structure. *IEEE Photonics Technology Letters*. 2013; 25(11):1014–1016.
4. **Anwar M. et al.** Black silicon-based infrared radiation source. *Silicon Photonics XI*. SPIE; 9752: 67–72.
5. **Hlavatsch M., Mizaikoff B.** Advanced mid-infrared light sources above and beyond lasers and their analytical. *Analytical Sciences*. 2022; 1–15.
6. **Tarasov A. M., Novikov D. V., Gorelov D. V., Generalov S. S., Amelichev V. V.** Formation of Blackened Aluminium by Vacuum-Thermal Evaporation for IR Emitters. *Photonics Russia*. 2023; 17(6):488–496. DOI: 10.22184/1993-7296.FRos.2023.17.6.488.496.

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

А. М. Тарасов. ORCID: 0000-0003-3648-8717

Д. В. Новиков. ORCID: 0000-0002-9518-1208

Д. В. Горелов. ORCID: 0000-0002-0887-9406

С. С. Генералов. ORCID: 0000-0002-7455-7800

В. В. Амеличев. ORCID: 0000-0002-4204-2626

9–11 апреля 2024

Москва, ЦВК «Экспоцентр»



Представьте  
свою продукцию  
потенциальным  
заказчикам



Вакуумное  
оборудование

Криогенное  
оборудование

Оборудование  
для нанесения  
функциональных  
покрытий



Забронируйте  
стенд  
[vacuumtechexpo.com](http://vacuumtechexpo.com)

Организатор



Международная  
Выставочная  
Компания

+ 7 (495) 252 11 07  
[vacuumtechexpo@mvk.ru](mailto:vacuumtechexpo@mvk.ru)

При поддержке

