

Современная тепловизионная фотоника

Б.Г. Вайнер*

*Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН
Новосибирский государственный университет*

**E-mail: boris-kvant@mail.ru*

DOI:10.31868/RFL.2024.258-259

Тепловидение относится к разделу фотоники, оперирующему с низкоэнергетическими квантами излучения в инфракрасном (ИК) диапазоне длин волн. Сама по себе эта спектральная область могла бы, возможно, оказаться ничем не примечательной для человека, если бы ни "объединилась" с полупроводниковой микроэлектроникой. Бурное развитие последней во второй половине 20 века привело к появлению высокочувствительных и высокоскоростных ИК детекторов, а вместе с ними – тепловизионных приборов, которые за какие-нибудь пару десятилетий предоставили человеку возможность увидеть то, что оказалась неспособной сделать эволюция за миллионы лет.

Разработка и изготовление первых детекторов ИК излучения в ИФП СО РАН начались еще в середине 70-х годов прошлого века, а в середине 90-х здесь был создан тепловизор с матричным фотоприемником на основе InAs. Описание физического принципа его работы можно найти в [1]. Высочайший по тому времени технический уровень нового прибора, не уступавшего по параметрам лучшим мировым образцам, дал старт разнообразным научным исследованиям [2-5], в которых тепловизионная камера служила основным измерительным инструментом. Компьютерная поддержка сделала тепловизионный метод количественным, превратив его из тепловидения в ИК термографию.

В 2018 году на конференции, аналогичной сегодняшней, были обобщены некоторые тепловизионные результаты, полученные нами к тому моменту [6]. За истекшее время был выполнен ряд новых работ, итоги которых представлены в настоящем обзорном лекционном докладе. Приведем некоторые из них.

В качестве одного из развитых за этот период оригинальных для ИК термографии направлений можно назвать систематическое изучение сорбционных процессов и низкотемпературных каталитических реакций, протекающих при взаимодействии газов с твердыми телами. Эти работы, частично представленные в [7, 8], были проведены в кооперации с технологами Института катализа им. С.К.Борескова СО РАН. При адсорбции и конденсации молекул воды на поверхности твердотельных образцов выделяется, как известно, теплота фазового перехода, которая приводит к разогреву структуры. Материалы, обладающие разной сорбционной способностью, разогреваются по-разному. Увидеть этот эффект в псевдоцветах и затем количественно его проанализировать позволяет тепловизор, что наглядно представлено на Рис. 1, где изображена помещенная в реактор библиотека из 15 твердотельных образцов разного химического состава при синхронном доступе к ним молекул газа-адсорбата.

Всё это время не оставалось без внимания и биомедицинское тепловизионное направление, которое развивается в ИФП СО РАН с момента создания здесь первой матричной тепловизионной камеры. Интересным результатом оказалось обнаружение корреляции фаз легочного дыхания и величины скорости пульсовой волны в лучевой артерии у человека [9]. Эффект удалось достоверно выявить благодаря разработанному в ИФП СО РАН высокочувствительному методу сорбционно-усиленной ИК термографии

(Sorption-Enhanced Infrared Thermography, SEIRT) [10].

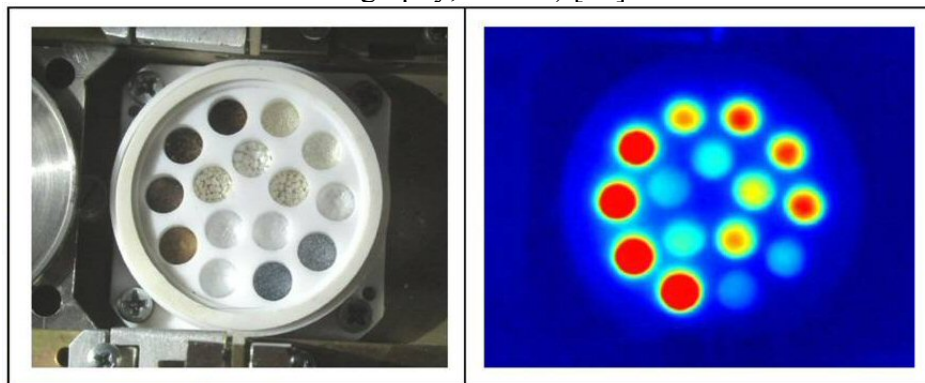


Рис. 1. "Сорбционный светофор".

Метод SEIRT позволил также впервые обнаружить у людей и животных (минисвиньи, кролики) следы (отпечатки) сердцебиения на профиле легочного дыхания и вскрыть ряд закономерностей этого явления. Пример вышеупомянутых следов приведен на Рис. 2.

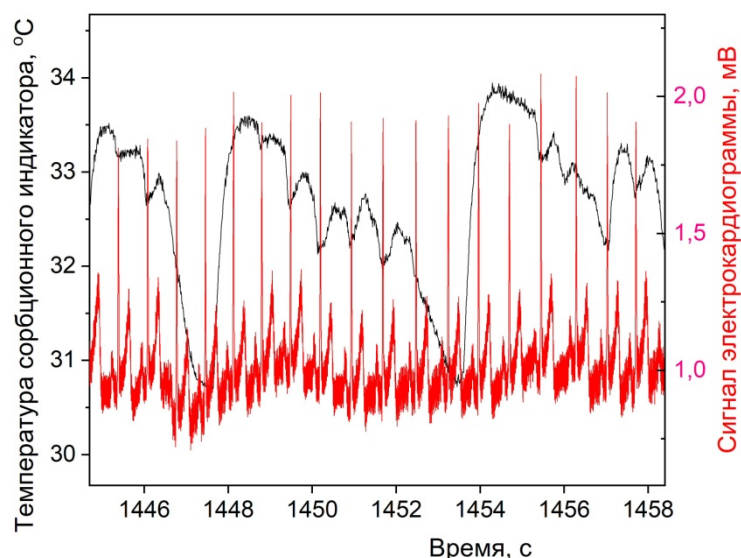


Рис. 2. Следы сердцебиения у человека, обнаруженные на профиле спонтанного легочного дыхания (черная кривая) при измерении методом SEIRT [10].

Литература

- [1] Г.Л. Курышев, А.П. Ковчавцев, Б.Г. Вайнер и др., *Автометрия* **4**, 5-12 (1998)
- [2] B.G. Vainer, *Phys. Med. Biol.* **50**, R63-R94 (2005)
- [3] B.G. Vainer, *J. Phys. D: Appl. Phys.* **41**, 065102 (2008)
- [4] M.S. Mel'gunov, A.B. Ayupov et al, *Adsorption* **19**, 835-840 (2013)
- [5] B.G. Vainer, *Appl. Optics* **55**, D95-D100 (2016)
- [6] Б.Г. Вайнер, *Материалы Восьмого Российского семинара по волоконным лазерам, 3-7 сентября 2018 года, Новосибирск; ИАЭ СО РАН, Новосибирск, 230-231* (2018)
- [7] B.G. Vainer, *ChemPlusChem* **85**, 1438-1454 (2020)
- [8] B.G. Vainer, A.M. Volodin, A.V. Shepelin, *Thermochimica Acta* **706**, 179066 (2021)
- [9] B.G. Vainer, *Physiol. Meas.* **44**, 015004 (2023)
- [10] B.G. Vainer, *Ann. Biomed. Eng.* **46**, 960-971 (2018)