

ДЕТЕКТОРЫ СЛЕДОВЫХ КОЛИЧЕСТВ ВЗРЫВЧАТЫХ И НАРКОТИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

А. А. Баранова, К. О. Хохлов

*Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина,
Екатеринбург, Россия*

В статье описывается реализация комплекса оборудования, разработанного на базе кафедры ЭФ УрФУ, для обнаружения следовых количеств взрывчатых и наркотических веществ.

Ключевые слова: детекторы; обнаружители взрывчатых веществ; сенсоры.

1. Введение

Реформа российского высшего образования, непосредственным результатом которой явилась реализация модели многоуровневой подготовки, коренным образом изменила требования к выпускнику по уровню и содержанию формируемых в процессе обучения компетенций. Сегодня наиболее востребованной в обществе стала творческая, мобильная личность, имеющая созидательную осознанную позицию и гибкую адаптацию ко всем изменениям. Формирование подобных личностных качеств, способствующих становлению профессиональной направленности в рамках выбранной специализации, напрямую зависит от развития у обучаемых навыков самообразования, т. е. достижение необходимого квалификационного уровня во многом определяется повышением роли самостоятельной работы студентов в учебном процессе. При этом самостоятельная деятельность приводит к созданию технически готового решения, которое может являться как коммерческим продуктом, так и служить базой для обучения студентов.

2. Материалы и методы

Одним из удачно реализованных проектов на базе кафедры экспериментальной физики Физико-технологического института УрФУ им. первого Президента России Б. Н. Ельцина стал проект по реализации комплекса работ по обнаружению следовых количеств взрывчатых и наркотических веществ, по результатам которых получены патенты на полезную модель [1, 2]. Данное схемотехническое решение нашло применение и как готовый коммерческий продукт (обнаружители нитросодержащих взрывчатых веществ «Заслон-М» и «Заслон-С», производитель АО «НПО «АТ СПЕЦТЕХНИКА», Московская область, г. Мытищи, Россия, рис. 1), и как элемент образовательной программы (лабораторный стенд) для магистров и бакалавров по направлению подготовки «Биотехнические системы и технологии».



Рис. 1. Обнаружители взрывчатых веществ «Заслон-М» и «Заслон-С»

Лабораторный стенд представляет собой систему для обнаружения следовых количеств нитросоединений. Искомые соединения детектируются за счет изменения люминесцентных свойств сенсоров при контакте с ними. Структурная блок-схема лабораторного стенда представлено на рис. 2.

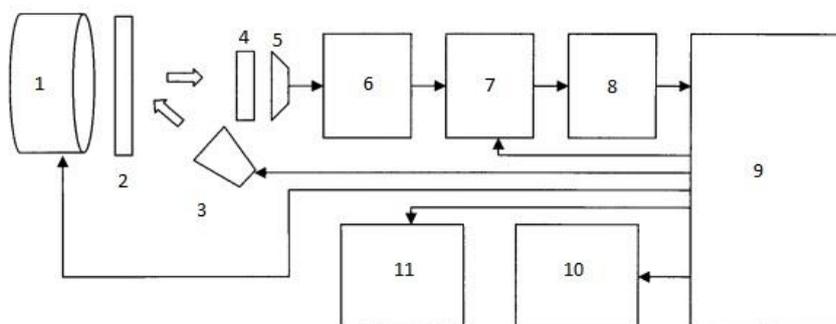


Рис. 2. Блок-схема лабораторного стенда

В пространство рабочего объема, представляющего собой светонепроницаемую трубу, с помощью насоса 1 вводится воздух из окружающей среды. В рабочем объеме в специальной нише находится сенсор 2, расположенный перпендикулярно проходящему потоку воздуха. На сенсор направлена система светодиодов 3, излучающая свет с длиной волны ближнего УФ диапазона. Под действием излучения молекулы сенсорного соединения переходят в возбужденное состояние. При их возвращении в основное состояние часть избыточной энергии освобождается в виде люминесценции, регистрирующейся фотоприемником 5 (фотодиод либо ФЭУ). Перед фотоприемником на пути прохождения света располагается светофильтр 4 для отсеечения излучения с длиной волны возбуждающего света. Ток с фотоприемника поступает на вход преобразователя ток-напряжение 6. После усиления в регулируемом усилителе 7 сигнал подается на аналого-цифровой преобразователь 8 и затем в цифровом виде в микроконтроллер 9. После обработки сигнал в удобном для пользователя виде поступает на индикатор лабораторного стенда 10. Также для удобства последующих расчетов и анализа результатов в приборе имеется интерфейс USB для передачи данных на ПК 11.

Вещества, использующиеся в качестве флуоресцентных сенсоров, синтезируются сотрудниками Лаборатории гетероциклических соединений ИОС УрО РАН (заведующий В. Н. Чарушин) д. х. н. Е. В. Вербицкий и к. х. н. Ю. А. Квашниным. По результатам работы получены патенты на изобретение [3, 4]. Внешний вид

воздухопроницаемых быстросъемных сенсорных элементов представлен на рис. 3 [5].



Рис. 3. Картридж с хемосенсорным веществом

Физический принцип, использующийся для определения наличия в захватываемом стендом воздухе искомым соединений, основан на примесном тушении флуоресценции хемосенсоров. Существует ряд веществ-тушителей, взаимодействие которых с возбужденными частицами приводит к снижению интенсивности люминесценции.

Методика проведения измерений такова, что позволяет достоверно судить о качественном влиянии присутствия различных соединений в исследуемом воздухе на интенсивность люминесценции. Насыщенные пары исследуемого тушителя воздействуют на сенсор в течение 10 с, затем прибор отбирает пробы воздуха из чистой окружающей среды в течение 30 с для определения способности сенсора к восстановлению. На рис. 4 представлен график, иллюстрирующий влияние паров нитробензола (являющегося прекурсором взрывчатых веществ) на хемосенсор.

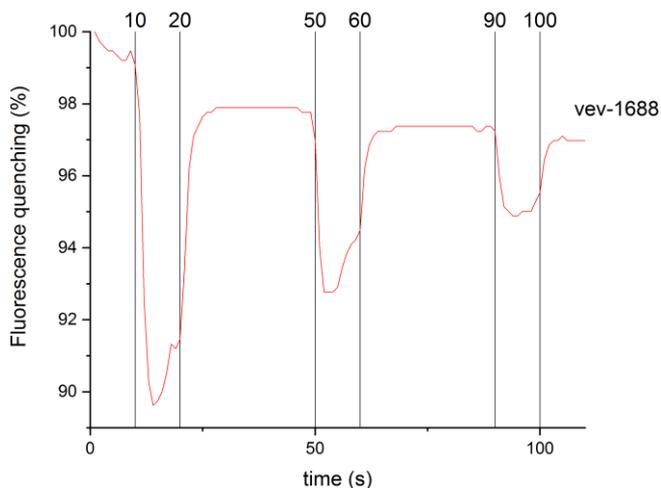


Рис. 4. Изменение интенсивности люминесценции хемосенсора при контакте с парами нитробензола

3. Выводы

В научно-образовательных целях данный лабораторный стенд успешно применяется в рамках учебной практики и НИР студентов. Благодаря организации этих процессов на кафедре экспериментальной физики студентами постоянно проводятся исследования люминесцентных свойств новых уникальных

хемосенсоров. Ценность изобретения, помимо его практического применения, также состоит и в том, что вокруг прибора можно выстроить множество проектных работ по смежным дисциплинам для студентов разного уровня подготовки.

4. Список литературы

1. Патент на полезную модель RU 159783 U1, 20.02.2016.
2. Патент на полезную модель RU 197282 U1, 17.04.2020.
3. Патент на изобретение RU 2616296 C1, 14.04.2017.
4. Патент на изобретение RU 2616617 C1, 18.04.2017.
5. Патент на полезную модель RU 148668 U1, 10.12.2014.
6. Использование метода проектов в организации научно-исследовательской работы студентов технических вузов / Н. М. Виштак, И. А. Штырова, С. Н. Грицюк // Современные проблемы науки и образования. – 2016. – № 3.
7. *Левшин, В. Л.* Фотолюминесценция жидких и твердых веществ / В. Л. Левшин. – М. : Гос. изд-во технико-технической литературы, 1951. – 456 с.
8. *Баранова, А. А.* Детектор следовых количеств нитросодержащих взрывчатых веществ: диссертация канд. техн. наук (05.11.13) / А. А. Баранова. – Екатеринбург, 2016. – 139 с.
9. *Чувашов, Р. Д.* Экспериментальный спектрометрический стенд для обнаружения и идентификации нитросоединений: магистерская диссертация (12.04.04) / Р. Д. Чувашов. – Екатеринбург, 2018. 94 с.
10. Исследование влияния различных веществ на обнаружение нитросодержащих взрывчатых веществ методом хемолюминесценции / И. Е. Щапов, А. А. Баранова, К. О. Хохлов, Р. Д. Чувашов // Медико-экологические информационные технологии – 2019: сб. науч. ст. по материалам XXII Международной науч.-тех. конф. / редкол.: Н. А. Корневский [и др.]; Юго-Зап. гос. ун-т. – Курск, 2019. – С. 43–48.

Сведения об авторах:

Баранова Анна Александровна, к. т. н., доцент кафедры ЭФ, Екатеринбург, Россия. Эл. почта: a.a.baranova@urfu.ru.

Хохлов Константин Олегович, к. ф.-м. н, доцент кафедры ЭФ, Екатеринбург, Россия.

TRACE AMOUNTS OF EXPLOSIVES AND NARCOTIC SUBSTANCES DETECTORS

A. A. Baranova, K. O. Khokhlov

Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

The article describes the implementation of a complex of works on the detection of trace amounts of explosives and narcotic substances on the basis of the Department of the EF UrFU.

Key words: detectors; explosives detectors; sensors.

References

1. Patent RU 159783 U1, 20.02.2016.
2. Patent RU 197282 U1, 17.04.2020.
3. Patent RU 2616296 C1, 14.04.2017.
4. Patent RU 2616617 C1, 18.04.2017.
5. Patent RU 148668 U1, 10.12.2014.
6. The use of the project method in the organization of research work of students of technical universities / N. M. Vishtak, I. A. Shtyrova, S. N. Gritsyuk // Modern problems of science and education. – 2016 – №. 3 – 290 p.
7. *Levshin V. L. Fotolyuminescenciya zhidkih i tverdyh veshchestv / V. L. Levshin. – Moscow, Gos. izd-vo tekhniko-tekhnicheskoy literatury, 1951. 456 p.*
8. *Baranova A. A. Detektor sledovyh kolichestv nitrosoderzhashchih vzryvchatyh veshchestv. Candidate's thesis (05.11.13) / A. A. Baranova. – Ekaterinburg, 2016. – 139 p. (in Russian)*
9. *Chuvashov R. D. Eksperimental'nyj spektrometricheskij stend dlya obnaruzheniya i identifikacii nitrosoedinenij. Master's thesis (12.04.04) / R. D. Chuvashov. – Ekaterinburg, 2018. – 94 p. (in Russian).*
10. *Issledovanie vliyaniya razlichnyh veshchestv na obnaruzhenie nitrosoderzhashchih vzryvchatyh veshchestv metodom hemolyuminescencii / I. E. Shchapov, A. A. Baranova, K. O. Khokhov, R. D. Chuvashov // [Mediko-ekologicheskie informacionnye tekhnologii. XXII Int. Sci. Tech. Conf.]. – Kursk, 2019. – P. 43–48.*