

УДК 621.373.826

ВЫСОКОЧУВСТВИТЕЛЬНЫЕ ЛАЗЕРНЫЕ СЕНСОРЫ НА ОСНОВЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ПОЛУПРОВОДНИКОВ

Екатерина Михайловна Тюльпанова

Студент 4 курса,

кафедра «Лазерные технологии в машиностроении»

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана

Научный руководитель: Д.М. Мельников,

кандидат технических наук, доцент кафедры «Лазерные технологии в машиностроении»

Целью работы является доказательство возможности применения лазерных сенсоров для обнаружения взрывоопасных веществ.

Обнаружение взрывчатых веществ – одна из важнейших задач обеспечения безопасности. Один из современных эффективных методов – поиск паров взрывоопасных веществ с помощью лазерных сенсоров. Сенсоры на основе органических полупроводниковых лазерах обладают всеми необходимыми параметрами: чувствительность, стабильность, избирательность, обратимость.

Большинство взрывчатых веществ состоит из органических нитрогрупп. Нитрогруппы приводят к недостатку электронов в молекулах этих веществ, и они становятся акцепторами. При контакте молекул-акцепторов с полупроводниковыми полимерами, богатыми электронами, фотовозбуждённые электроны полимера могут перейти с высшей занятой электронами молекулярной орбитали полимера на нижнюю свободную орбиталь ближайшей молекулы аналита с образованием более низкого энергетического уровня. Обычно рекомбинация электрона и дырки в синглетном состоянии полимера происходит с излучением фотона. Обмен зарядом между молекулами полимера и взрывчатого вещества завершается безызлучательным переходом, что приводит к гашению флуоресценции.

В качестве активной среды органических полупроводниковых лазеров специально синтезируются полимеры, которые позволяют обнаружить пары взрывчатки измерением интенсивности флуоресценции в тонких полимерных пленках.

Для обеспечения лучшей эффективности было получено вещество – полимер с внутренней микропористостью. Строение этого полимера позволяет захватывать молекулы паров взрывчатых веществ, образуя прочные связи, которые влияют на флуоресценцию лазера.

Чтобы определить оптимальные параметры сенсора, используются пленки разной толщины. Кроме того, проводятся измерения при разных схемах воздействия: однократное длительное и многократное короткое. Результаты воздействия сравнены между собой.

Обычно в датчиках взрывчатых паров используются флуоресцентные полимеры, излучение которых возвращается на исходный уровень, когда потоком чистого азота удаляются молекулы нитроароматических паров. Однако, при использовании полимера с внутренней микропористостью не обнаружилось восстановления исходного уровня флуоресценции. Это свойство дает возможность для создания сенсоров при очень низкой концентрации, а также это может быть использовано для поглотителей взрывчатых паров.

Таким образом, полимерные лазеры являются хорошими датчиками для взрывчатых паров с низким давлением. Влияние паров может быть обнаружено за счёт контроля изменения фотолюминесценции в тонких плёнках. За счёт сильного взаимодействия между молекулами полимера и паров изменение накапливаются.

Лазеры на полимерах с внутренней микропористостью имеют большую сенсорную эффективность и быстрее реагируют на пары низкой концентрации, поэтому могут быть потенциально использованы как ультра-чувствительные сенсоры. Кроме того, есть перспектива создания недорогих портативных сенсоров взрывчатки, основанных на светоизлучающих полимерах.

Литература

1. Dr. Yue Wang, *Low Threshold Organic Semiconductor Lasers*, School of Physics and Astronomy, Organic Semiconductor Centre University of St Andrews St Andrews Scotland, UK
2. Tessler, N., Denton, G. J., & Friend, R. H. (1996). *Lasing from conjugated-polymer microcavities*. *Nature*, 382(6593), 695–697.
3. Kepler, R. G., Valencia, V. S., Jacobs, S. J., & McNamara, J. J. (1996). *Exciton-exciton annihilation in poly(p-phenylenevinylene) films*. *Synthetic Met*, 78(3), 227–230.
4. Frolov, S. V., Vardeny, Z. V., & Yoshino, K. (1998). *Cooperative and stimulated emission in poly(p-phenylene-vinylene) thin films and solutions*. *Physical Review B*, 57(15), 9141–9147.
5. DiazGarcia, M. A., Hide, F., Schwartz, B. J., Andersson, M. R., Pei, Q. B., & Heeger, A. J. (1997). *Plastic lasers: Semiconducting polymers as a new class of solid-state laser materials*. *Synthetic Met*, 84(1–3), 455–462.
6. Schoon, A., & Berntsen, T. G. (2011). *Evaluating the effect of early neurological stimulation on the development and training of mine detection dogs*. *Journal of Veterinary Behaviour*, 6(2), 150–157.
7. McLean, I. G. (2003). *Mine Detection Dogs: Training, Operations and Odour Detection*. Geneva: Geneva International Centre for Humanitarian Demining (GICHD).
8. Yang, J. S., & Swager, T. M. (1998). *Fluorescent porous polymer films as TNT chemosensors: electronic and structural effects*. *Journal of the American Chemical Society*, 120(46), 11864–11873.
9. Czarnik, A. W. (1998). *A sense for landmines*. *Nature*, 394(6692), 417–418.
10. Зырянов Г. В., Слепухин П. А., Ковалев И. С., Чупахин О. Н. Оптические сенсоры для обнаружения нитроароматических соединений // XIV молодежная конференция по органической химии. — Екатеринбург, 2011. — С. 365-366.