УДК 535.347

РАЗРАБОТКА ФОТОДЕТЕКТОРА НА ОСНОВЕ 2D ХИРАЛЬНОГО ПЕРОВСКИТА ДЛЯ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ЦИРКУЛЯРНО-ПОЛЯРИЗОВАННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Тимкина Ю.А. (ИТМО), **Алейник И.А.** (ИТМО), **Мирущенко М.Д**. (ИТМО)
Научный руководитель – кандидат физико-математических наук, Ушакова Е.В. (ИТМО)

Введение. Свет с круговой поляризацией (CPL) — это эллиптически поляризованное излучение, в котором электрический вектор вращается в плоскости, перпендикулярной направлению распространения, с постоянной угловой скоростью. Детекторы для обнаружения CPL и различия левой (L) и правой (R) круговой поляризации обычно представляют собой комбинацию ахирального фотодетектора на основе полупроводников, таких как Si и InGaAs и наложенных поверх четвертьволновой пластины и линейного поляризатора [1]. Такая структура представляет собой систему непрямого обнаружения света с круговой поляризацией, а ее масштабирование является сложным и дорогостоящим процессом, что ограничивает возможности ее применения. Одним из вариантов является использование фотодетекторов с прямым обнаружением, где в качестве фотоактивного обнаружительного слоя используются хиральные органические вещества [2]. Однако, фотодетекторы на их основе страдают от низкой чувствительности из-за плохой подвижности зарядов, что затрудняет их применение в качестве детектирования CPL [3]. Фотодетекторы на основе перовскитов обладают низкими значениями шумового тока, высокой обнаружительной способностью. Гибкая настройка состава перовскитов позволяет получать материалы с заданными свойствами, в том числе и хиральными [4].

Основная часть. В качестве исходных материалов были использованы метиламмоний иодид (MAI), хиральные соли, такие как R-/S-метиламмоний бромид (R-/S-MBABr), S-метиламмоний иодид (S-MBAI), S-(4-бромфенил)этанамин бромид (S-BPEABr), S-(4-бромфенил)этанамин иодид (S-BPEAI) и иодид свинца (PbI_2). Данные вещества смешивались в 450 мкл ДМСО в молярном соотношении 1:2:2 и перемешивались в течение часа при температуре 60 градусов. Затем раствор фильтровался через PTFE фильтр с размерами пор 0,22 мкм. Пленки перовскита формировались с помощью метода центрифугирования (spin-coating).

Перовскиты, синтезированные с S-BPEABr имеют положение сигнала кругового дихроизма на длине волны 480 нм, а перовскиты, синтезированные с S-BPEAI имеют положение сигнала кругового дихроизма на длине волны 495 нм, что соответствует положению интенсивной полосы поглощения. Также сигналы кругового дихроизма находятся на длинах волн 395 и 310 нм для перовскитов с S-BPEABr и длинах волн 385 и 315 нм для перовскитов с S-BPEAI. Сигналы кругового дихроизма, находящиеся в диапазоне длин волн 450-550 относятся к энергетическому взаимодействию перовскита и хиральной молекулы, а сигналы в диапазоне 290-450 – к структурным искажениям решетки перовскита под действием хиральной молекулы [5]. Коэффициенты диссимметрии перовскитов с S-BPEABr на длине волны 480 нм составляет $5{,}3*10^{-5}$, для перовскитов с S-BPEAI на длине волны 495 нм составляет $9{,}4*10^{-5}$.

Перовскиты, синтезированные с S-MBABr имеют положение сигнала кругового дихроизма на длине волны 485 нм, что соответствует положению интенсивной полосы поглощения. Перовскиты, синтезированные с R-MBABr также имеют положение первого сигнала кругового дихроизма на длине волны 485 нм. Коэффициент диссимметрии на длине волны 485 нм составляет $2{,}3*10^{-4}$ для перовскитов с солью S-MBABr и $9{,}1*10^{-5}$ для перовскитов с солью R-MBABr.

У перовскитов, синтезированных с солью S-MBAI присутствует бисигнальный пик (эффект Коттона) на длине волны 500 нм. Коэффициент диссимметрии на длине волны 500 нм составляет $1{,}3*10^{-4}$.

При исследовании перовскитов на основе S-MBAI на стабильность было показано, что в течение недели нахождения в атмосфере азота и воздуха практически не изменяется сигнал кругового дихроизма, находящийся на длине волны 500 нм и коэффициенты диссимметрии. При этом происходят изменения сигнала в диапазоне длин волн 350-450, что может говорить о структурных изменениях решетки перовскита.

Выводы. Был разработан синтез 2D хиральных перовскитов. Было показано, что наибольшие коэффициенты диссимметрии у перовскитов, синтезированных с S-MBABr и S-MBAI и составляют $g_{abs}= 2,3*10^{-4}$ и $g_{abs}= 1,3*10^{-4}$ соответственно. Наименьшие коэффициенты диссимметрии показывают соли, синтезированные с S-BPEABr и S-BPEAI, эта разница может быть обусловлена разной энергетической структурой молекул.

Список использованных источников:

1. Rodríguez-Fortuño F.J., Barber-Sanz I., Puerto D., et al. Resolving Light Handedness with an on-Chip Silicon Microdisk // ACS Photonics. 2014. – V. 1. – № 9. – P . 762–767.
2. Schulz M., Balzer F., Scheunemann D., et al. Chiral Excitonic Organic Photodiodes for Direct Detection of Circular Polarized Light // Adv. Funct. Mater. – 2019. – V. 29. – № 16.
3. Yang Y., da Costa R.C., Fuchter M.J., et al. Circularly polarized light detection by a chiral organic semiconductor transistor // Nat. Photonics. – 2013. – V. 7. 0 № 8. – P. 634–638.
4. Zhao Y., Yin X., Gu Z., et al. Interlayer Polymerization of 2D Chiral Perovskite Single-Crystal Films toward High-Performance Flexible Circularly Polarized Light Detection // Adv. Funct. Mater. – 2023. – V. 33. – № 50
5. Debnath G.H., Georgieva Z.N., Bloom B.P., et al. Using post-synthetic ligand modification to imprint chirality onto the electronic states of cesium lead bromide (CsPbBr 3) perovskite nanoparticles // Nanoscale. – 2021. – V. 13. – № 36. – P. 15248–15256.