

Ученые НГУ разработали накапливающий свет органический материал для биовизуализации

В отличие от неорганических флуоресцентных и фосфоресцентных материалов, новые материалы на основе органических молекул не содержат токсичных тяжелых металлов и могут найти применение в биовизуализации и криптографии.

Новосибирск, 28 февраля 2024 года: Исследователи лаборатории низкоуглеродных химических технологий [Факультета естественных наук Новосибирского госуниверситета \(ORÉL Research Lab\)](#) разрабатывают материалы с эффектом послесвечения на основе органических молекул.

«В нашей лаборатории мы занимаемся изучением органических светоизлучающих материалов. Одно из наших направлений исследований — материалы, обладающие эффектом послесвечения. Такие материалы, находясь некоторое время под воздействием света, потом несколько секунд способны сами испускать свет. Неорганические материалы, обладающие такими свойствами, известны уже очень давно. Однако большая их часть содержит тяжелые металлы, наличие которых и обуславливает эффект фосфоресценции. Мы же в своей работе используем совсем иной подход — отказываемся от тяжелых металлов в пользу органических молекул ради меньшей токсичности и большей доступности. Используя разнообразие органических молекул, мы подбираем систему таким образом, чтобы сделать светимость материала дольше и эффективнее. Этот подход позволяет нам полностью контролировать свойства путем вариации структуры используемых молекул и в зависимости поставленных задач направленно получать необходимые материалы с заданными свойствами», — объясняет заведующий лабораторией **Евгений Мостович**.

В настоящее время ученые НГУ создали материал с очень высокой квантовой эффективностью послесвечения (>70%), при которой накопление светового излучения практически равно его переизлучению с очень эффективным вкладом в послесвечение, продолжительность которого достигает до трех секунд. Для органических материалов это достаточно долго, но специалисты лаборатории намерены увеличить его длительность. Для этого, используя различные методы время-разрешенной спектроскопии, они изучают процессы, происходящие в материалах с послесвечением в течение различных промежутков времени с момента облучения. И в зависимости от структуры молекул, их концентрации и типа используемой матрицы, определяют пути оптимизации этой системы, повышения ее эффективности и увеличения времени послесвечения. Исследователи изучили различные системы и выяснили, какие группы атомов в органических молекулах увеличивают его длительность, а какие, наоборот, снижают. Теперь они разрабатывают подходы к целенаправленному синтезу органических молекул, которые будут обладать либо большим, либо меньшим временем послесвечения.

«Как правило, органические молекулы не обладают длительным послесвечением при комнатной температуре. Чтобы органическая молекула проявила послесвечение, например, фосфоресценцию, ее необходимо “заморозить”. Одна из молекул, которую мы разработали для этих целей, обладает временем жизни фосфоресценции, достигающим 10 секунд, но только при температуре, равной 77 Кельвин (т.е. -196 градусов по Цельсию). Исследователей интересует, как повысить эту рабочую температуру до комнатной. Мы разработали специальные молекулы — эмиттеры, в структуре которых есть так называемые донорные и акцепторные части. Такие молекулы обладают свойством, которое называется «термически активированная задержанная

флуоресценция». Мы растворяем эмиттер в подходящей матрице, веществе, которое «замораживает» колебания молекул эмиттера, в результате включается термически активированная задержанная флуоресценция, а мы в свою очередь получаем материалы с очень высокой эффективностью послесвечения. Важно, что количество эмиттера в матрице может быть ничтожно малым — вплоть до одной молекулы на миллиард молекул матрицы. Мы выяснили, что даже в такой концентрации система продолжает показывать довольно эффективное послесвечение, видимое невооруженным глазом», — рассказал заведующий лабораторией.

Еще одна задача, которую ставят перед собой исследователи — создать палитру послесвечения. Сейчас созданные в лаборатории [OREL Research Lab](#) материалы послесвечения светятся желтым, зеленым и голубым, в планах — дополнить этот цветовой ряд красным и оранжевым. Это может пригодиться для биовизуализации лабораторных исследований, например, живых тканей. При этом краситель можно доставлять на основе специальным образом приготовленных наночастиц и окрашивать им клетки тканей, за которыми необходимо пронаблюдать в ходе различных процессов.

«Для биовизуализации обычно используются различные флуоресцентные красители, однако, при этом, чтобы получить контрастное и четкое изображение, необходимо постоянно облучать препарат. Это может привести к его разрушению за счет разнообразных фотохимических процессов, ведь энергии света порой вполне достаточно чтобы разрушить химические связи, особенно это важно, если исследование проводится *in vivo*, то есть на живых тканях. Органические материалы с послесвечением не подвержены риску такого разрушительного воздействия, так как не требуют постоянного облучения. Для их использования требуется импульсное облучение, поскольку после каждого импульса материалы продолжают светиться еще несколько секунд. В последнее время материалы с послесвечением находят довольно активное применение в биовизуализации, однако неорганические соединения металлов и их комплексы по-прежнему широко используются. Мы предлагаем альтернативу токсичным системам биовизуализации, основанным на послесвечении, и сейчас ищем партнеров, которые смогли бы испытать разработанные нами материалы послесвечения при исследовании биологических объектов», — пояснил Евгений Мостович.

Еще одна сфера применения новых материалов — криптография. Эффект послесвечения можно использовать для защиты информации, документов или личной подписи. При этом материалы с послесвечением используются для нанесения защитных изображений, которые появляются не при мгновенном облучении светом, например, ультрафиолетового фонарика, а спустя лишь несколько секунд. Таким образом, при облучении появляется сначала ложная (запутанная) информация, а через несколько секунд проявляется истинная. Таким способом можно защитить, например, штрих-код или QR-код, печати и факсимиле подписей, а также любую закодированную информацию. Технические возможности для этого уже имеются даже с использованием обычного смартфона. Если использовать несколько материалов с различной длительностью послесвечения, можно создать не два, а несколько уровней шифрования с одним лишь верным ответом и несколькими запутанными. Исследователи не сомневаются, что их разработка найдет широкое применение в будущем.