

4. Государственный архив РК. Фонд Букетова Е.А. Материалы по внедрению научных разработок в промышленность Караганды. — 1980.
5. Buketov E.A. Organoselenium compounds in chemical technology. // Journal of Applied Chemistry, 1977. — Vol. 50. — P. 623–629.
6. История Карагандинского университета им. Е.А. Букетова. — Караганда: КарГУ, 2005.
7. Букетов Е.А. Избранные произведения. — Алматы: Жазушы, 1983.
8. Кенжебаев С.Е. Академик Евней Букетов и развитие науки в Казахстане. — Алматы: Наука, 1995.
9. Мусабеков Ж.Е. Научные школы Е.А. Букетова: преемственность и развитие. // Вестник КарГУ. Серия химическая, 2010. — №2. — С. 45–52.
10. Бектенов Б.А. Е.А. Букетов — ученый, писатель, человек. — Караганда: Болашак, 2015.

УДК 535.37

СЕНСИБИЛИЗАЦИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПЛЕНОК TiO_2 ОРГАНИЧЕСКИМИ КРАСИТЕЛЯМИ В ПРИСУТСТВИИ ПЛАЗМОННЫХ НАНОЧАСТИЦ Ag

Ибраев Н.Х., Карагандинский университет им. академика Е.А. Букетова, Караганда, Казахстан
Омарова Г.С., Карагандинский университет им. академика Е.А. Букетова, Караганда, Казахстан
Садыкова А.Е., Карагандинский университет им. академика Е.А. Букетова, Караганда, Казахстан
Селиверстова Е.В., Карагандинский университет им. академика Е.А. Букетова, Караганда, Казахстан

Передача заряда между органическими красителями и неорганическими полупроводниками, такими как диоксид титана (TiO_2), является ключевым процессом в функционировании гибридных нанопотонных устройств, включая сенсоры, фотоэлектрохимические ячейки и органические солнечные элементы. Эффективность этого процесса определяется рядом факторов, среди которых энергетическое выравнивание уровней, геометрия межфазной границы, молекулярная ориентация и расстояние между донором и акцептором электронов. Для улучшения эффективности сенсibilизация полупроводника органическими красителями можно использовать явление локализованного плазмонного резонанса наночастиц (НЧ) металлов, а также ферстеровский резонансный перенос энергии (FRET). В настоящей работе представлены результаты исследования влияния плазмонного эффекта НЧ металлов на процессы сенсibilизации полупроводника органическими красителями различного строения, а также перспективность использования FRET.

Изучено влияние наночастиц ядро@оболочка TiO_2 на спектрально-люминесцентные и фотовольтаические свойства функционализированных полиметиновых красителей (ПК). Для исследования был выбран краситель **1**, который является катионным ПК и не обладает функциональными группами. В красителе **2** присутствуют отрицательно заряженные «якорные» сульфогруппы. Показано, что при адсорбции молекул красителей на поверхности диоксида титана наблюдается тушение возбужденного состояния молекул ПК **1** и **2**, которое у молекул с функциональными группами значительно выше, чем в случае материнского красителя. В присутствии НЧ Ag@TiO_2 в пленке TiO_2 наблюдается рост интенсивности свечения красителей. Рост эффективности солнечных ячеек, сенсibilизированных ПК, в присутствии плазмонных НЧ связан как с увеличением спектральной чувствительности ячеек в области коротких длин волн, так и с изменением электрофизических параметров пленок TiO_2 (рис. 1). При этом плазмонное усиление флуоресценции и сенсibilизация полупроводника протекают более эффективно для функционализированного красителя.

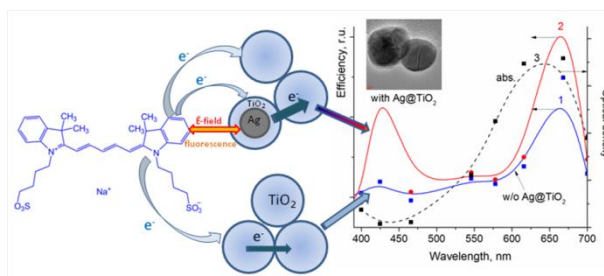


Рис. 1. Схема влияния плазмонного эффекта НЧ Ag@TiO_2 на спектральную чувствительность DSSCs, сенсibilизированных ПК **1**

Исследовано влияние локализованного поверхностного плазмонного резонанса (ЛППР) НЧ Ag@TiO_2 и Ферстеровского резонансного переноса энергии (FRET) в сенсibilизированных красителями солнечных ячейках (DSSCs). Показано, что в донорно-акцепторных (DA) парах на основе родамина бЖ (Rh6G в качестве донора энергии) и полиметинового красителя PD2 (в качестве акцептора энергии), а также в паре полиметиновых красителей PD1 и PD2 (где PD1 – донор, PD2 – акцептор энергии, рис. 1), адсорбированных на полупроводниковых пленках TiO_2 , эффективно реализуется FRET. При этом эффективность переноса энергии (E_{ET}) выше для пары родаминового и полиметинового красителей ($E_{ET}=0,55$) по сравнению с парой индополикарбодиазанинов ($E_{ET}=0,21$).

Введение НЧ Ag@TiO₂ способствует увеличению константы скорости FRET к_{ЕТ}. Наибольшее увеличение к_{ЕТ} (в 5,6 раз) наблюдается в паре PD1–PD2, тогда как для пары Rh6G-PD2 рост скорости передачи энергии составил 1,7 раза. Показано, что совместное использование ЛПР НЧ Ag@TiO₂ и FRET приводит к значительному увеличению эффективности солнечных ячеек. Рост КПД обусловлен не только повышением светособирающей способности ячеек, но и плазмонным усилением эффективности FRET.

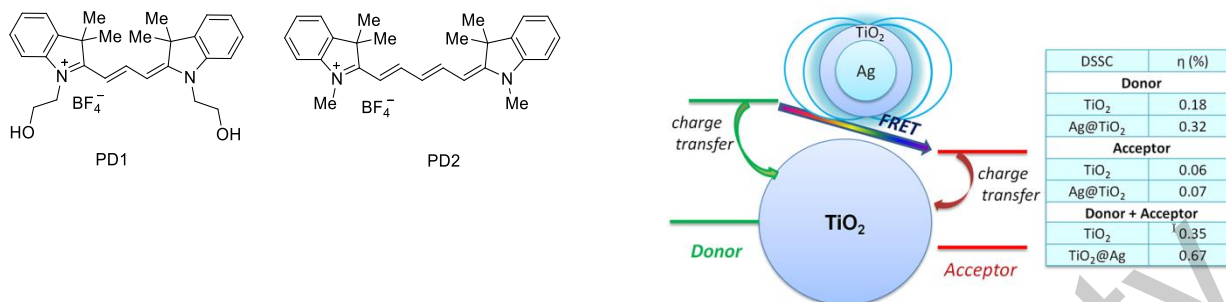


Рис. 2. Структурные формулы PD1 и PD2, а также графическое изображение одновременного влияния НЧ Ag@TiO₂ и FRET на эффективность DSSCs

Также исследована дистанционная зависимость эффективности переноса заряда от родаминового красителя на полупроводниковую пленку на основе TiO₂. И изучено влияние плазмонных наноструктур ядро@оболочка состава Ag@TiO₂ на эффективность сенсбилизации полупроводника красителем путем переноса электрона. Образцы представляли собой плёнки Ленгмюра–Блоджетт (ЛБ), сформированные при последовательном осаждении красителя (амфифильный родамин В, HERhВ) на поверхность TiO₂ (рис. 3). Расстояние между красителем и полупроводником контролировалось с помощью монослоев полиамфолита PDAOM (~2 нм). Измерения показали, что интенсивность флуоресценции HERhВ сильно зависит от расстояния между красителем и TiO₂.

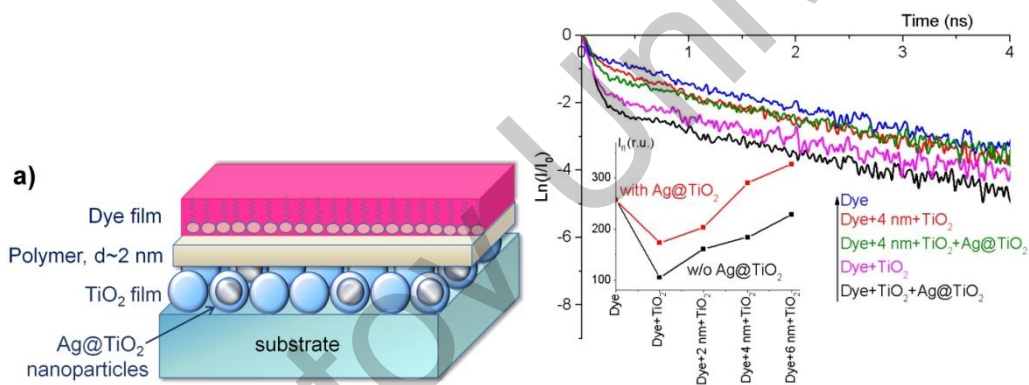


Рис. 3. (а) схема исследуемых образцов; (б) кинетики затухания флуоресценции красителя для пленок с добавлением и без НЧ Ag@TiO₂. На вкладке – зависимость интегральной интенсивности флуоресценции красителя при различных расстояниях до пленки TiO₂.

При прямом контакте красителя с TiO₂ интенсивность флуоресценции родамина В уменьшалась почти в 2,6 раза. При нанесении 3 монослоев PDAOM (6 нм) интенсивность потухала в 1,11 раза. Измерения показали, что кинетика красителя на стеклянной подложке описывается моноэкспоненциальным уравнением с $\langle\tau\rangle=2.00$ ns. На поверхности полупроводника кинетика затухания флуоресценции красителя описывается биэкспоненциальным уравнением. При этом $\tau_1=0,153$ нс и $\tau_2=1,720$ нс. Среднее время жизни красителя уменьшается в 1,3 раза. По мере удаления красителя от поверхности TiO₂ наблюдается увеличение как τ_1 , так и τ_2 . Наблюдаемые изменения интенсивности и времени жизни флуоресценции HERhВ на поверхности TiO₂ связаны с процессом переноса заряда с электронно-возбужденной молекулы красителя на полупроводник. Вероятность такого процесса выше при непосредственном контакте молекул красителя с пленкой TiO₂. В присутствии плазмонных НЧ свечение электронно-возбужденных молекул красителя на поверхности полупроводника потушено сильнее. Величина τ_1 при этом равна 0,122 нс, тогда как в образце без НЧ этот параметр равен 0,153 нс (сокращение на 25 %). Однако вторая компонента τ_2 , как и среднее время флуоресценции красителя, испытывают меньшее тушение, и уменьшаются в среднем на 15%. В присутствии плазмонных НЧ наблюдается интенсификация процесса передачи заряда от электрон-возбужденного красителя к полупроводнику. Это подтверждено фотовольтаическими измерениями DSSC ячеек с ЛБ пленками красителя. При прямом контакте HERhВ с TiO₂ фототок солнечного элемента увеличился на 47%, а его эффективность – на 54%.

Изучено влияние плазмонного эффекта НЧ Ag на сенсбилизацию наностержней (НС) TiO₂ рутениевым красителем N719. НС TiO₂ получали методом гидротермального синтеза. СЭМ анализ показал, что в результате синтеза формируются НС TiO₂ длиной ~2,6 мкм и средним диаметром 55–65 нм. Диаметр осажденных НЧ Ag составляет 5–12 нм. Измерения кинетики флуоресценции и длительной люминесценции красителя показали, что в

присутствии полупроводника происходит сокращение времени жизни обеих видов свечения N719 в ~2,2 раза. При этом, наряду с полосой флуоресценции красителя (около 535 нм), была зарегистрирована широкая полоса свечения с максимумом на 720 нм, относящаяся к рекомбинационной люминесценции НС TiO₂. Полученные результаты свидетельствуют о передаче возбужденного электрона как с синглет-, так и с триплет-возбужденных молекул красителя на TiO₂. Эффективность передачи заряда также была оценена из фотовольтаических измерений DSSC на основе НС TiO₂ с различной концентрацией НЧ Ag. Наилучшие фотовольтаические параметры были зарегистрированы для образца TAg_1.5, где КПД солнечной ячейки вырос в 3.2 раза выше по сравнению с образцом без НЧ Ag (рис. 4). Рост КПД связан с улучшением зарядо-транспортных характеристик солнечных ячеек с НЧ Ag, что подтверждено данными импедансометрии. Также возможна инжекция собственных горячих электронов НЧ Ag в зону проводимости TiO₂.

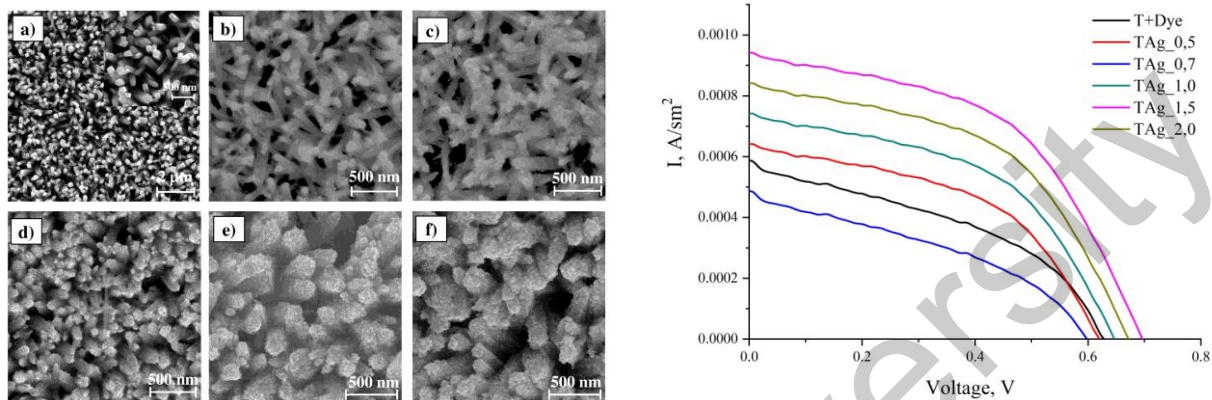


Рис. 4. Рисунок 1 – (а – ф) СЭМ изображения поверхности НС TiO₂ до и после осаждения НЧ Ag различной концентрации; (г) вольт-амперные характеристики и спектры импеданса DSSCs на основе НС TiO₂, допированных N719 без и с добавлением НЧ Ag

Полученные данные демонстрируют перспективность использования плазмонного эффекта НЧ металлов для повышения эффективности DSSC, а также могут быть использованы при проектировании высокоэффективных фотоэлектрических систем.

Работа выполнена в рамках проекта AP19680241 (КН МНВО РК).

УДК: 574.472

БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КРОВИ САЙГАКОВ

Ибрайбеков Ж.Г., НАО «Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова», Караганда, Казахстан

Мырзабаев А.Б., Карагандинский университет им. академика Е.А. Букетова, Караганда, Казахстан

Объектом нашего исследования были кровь сайгаков (13 особей) содержащиеся в Центре сохранения биоразнообразия диких животных. Исследовательские работы проводились в лаборатории НОК «Биоинженерия» КарГУ имени Абылкаса Сагинова. Попытка изучения биохимического состава сыворотки крови животных этого вида, ставит перед собой цель пополнить знания о его биологии.

В литературе подробно описаны биохимические показатели сыворотки крови разных сельскохозяйственных животных, в том числе у коров, овец, лошадей [1,2]. У диких животных, в частности сайгаков и косуль, данных, характеризующих происходящие в организме обменные процессы, нет. Некоторыми авторами были предприняты попытки изучения некоторых показателей крови диких животных [3,4], в том числе и сайгаков, но из-за отсутствия физиологической нормы крови сайгаков можно только в сравнительном аспекте привести данные.

Попытка изучения биохимического состава сыворотки крови животных этих видов, ставит перед собой цель пополнить знания об обменных процессах, происходящих в организме. Эти процессы влияют на общее физиологическое состояние. Нарушение обмена веществ в организме животного выражается в повышении заболеваемости животных, снижении плодовитости, учащении заболеваемости приплода и его гибели в раннем возрасте [4,5].

Уровень общего белка характеризует суммарное содержание всех белков крови, обладающих разными свойствами: защита организма, участие в свертывании крови, поддержание онкотического давления, обеспечение протекания биохимических реакций, участие в построении структурных элементов животного организма. Уровень общего белка и его фракций зависит от пола и возраста животных. Известно, что на изменения уровня общего белка и его фракций влияют комплекс природно-климатических факторов, условия кормления и содержания животных.