

ОТЗЫВ

научного консультанта диссертационной работы Кулакович О.С.
«Металлические и гибридные металл-органические плазмонные наноструктуры, их свойства и применение», представленной на соискание
ученой степени доктора химических наук по специальности
02.00.11 «коллоидная химия»

Диссертационная работа Кулакович О.С. направлена на разработку коллоидно-химических основ создания и функционирования гибридных коллоидных структур, содержащих наночастицы металлов (Ag, Au), активных в усилении сигналов вторичного свечения молекул, нано-, микрокристаллов, и перспективных для применения в молекулярной спектроскопии. Актуальность получения и исследования новых коллоидных систем с дисперсной фазой в виде частиц благородных металлов, а также металл-полупроводниковых и металл-диэлектрических наноструктур, несомненна, ввиду их высокой востребованности и потенциальной практической значимости при создании новых наносенсорных, нанокаталитических, фотокаталитических и фотовольтаических систем.

Диссертантом разработана методология получения наностержней золота и плазмонных гибридных наноструктур с применением комбинированной восстановительной системы, обеспечивающей высокий морфологический выход наностержней золота с высоким уровнем монодисперсности. Посредством контролируемой самосборки покрытий на основе частиц коллоидного серебра на поверхности гидрофобных полимеров и стекла со слоем полиэлектролита получены активные подложки, обеспечивающие усиление комбинационного рассеяния света и люминесценции. Установлена возможность существенного снижения уровня фоновых сигналов в спектрах гигантского комбинационного рассеяния и люминесценции, позволившая разработать высокочувствительный метод идентификации микрокристаллических пигментов в красочных слоях произведений живописи. Обоснован способ повышения фотостабильности нанокристаллов путем сокращения времени жизни возбужденного состояния при включении нанокристаллов InP/ZnSe/ZnSeS/ZnS в состав гибридных наноструктур, содержащих полиэлектролиты и коллоидные частицы золота. На примере карбендазима и бромата показана целесообразность применения металл-органических гибридных наноструктур для детектирования пестицидов и токсичных окислителей. Разработаны функциональные покрытия на основе наночастиц серебра и полиэлектролитов для иммунологических планшетов для флуоресцентного анализа простат-специфического антигена. Обоснован механизм влияния полиэлектролитных слоев на излучательные характеристики молекулярных и нанокристаллических люминофоров в составе гибридных структур, учитывающий как предотвращение тушения люминесценции, так и влияние на оптические свойства наночастиц металла и на отношение вероятностей

излучательных и безызлучательных переходов в люминофоре за счет изменения локального показателя преломления и комплекса зарядовых и химических взаимодействий.

Характеризуя Кулакович О.С. как специалиста в области коллоидной химии металлических наночастиц, следует отметить ее способность проводить исследования на весьма высоком – мировом уровне, о чем, в частности, свидетельствует ряд ее публикаций в наиболее престижных изданиях по данной тематике, таких как *Colloid and Interface Science Communications*, *Zeitschrift für Physikalische Chemie*, *Nanotechnology*, *ACS Applied Optical Materials*, *J. Nanophotonics*, *Int. J. Nanoscience*, *ACS Nano*.

Хотя в целом диссертационная работа Кулакович О.С. относится к фундаментально-ориентированным исследованиям, в ней наряду с выраженной фундаментальной частью содержатся важные прикладные результаты, позволившие соискателю принимать активное участие в ряде заданий ГНТП и хозяйственных договоров, связанных с получением и внедрением в практику оптически активных функциональных покрытий.

Принимая во внимание изложенное, считаю, что Кулакович О.С. по своей квалификации соответствует уровню доктора химических наук по специальности «коллоидная химия», а представленная диссертация является завершенной квалификационной работой, удовлетворяющей требованиям ВАК Беларуси, и соответствующей пункту п. 20-21 «Положения о присуждении ученых званий и ученых степеней».

Ученая степень доктора химических наук Кулакович О.С. может быть присуждена за новые научно обоснованные экспериментальные результаты, включающие:

- методологию получения коллоидных систем на основе наностержней золота, базирующуюся на использовании метода опосредованного роста зародышей в комбинированной восстановительной системе «гидрохинон – аскорбиновая кислота», обеспечивающего повышение в 1,5–2,3 раза монодисперсности частиц по сравнению с известными аналогами, при высоком (47–49%) выходе реакции восстановления ионов золота;

- высокочувствительный метод идентификации ряда пигментов (цинковые белила, киноварь, виридиан, церулеум, ультрамарины, малахит и др.) на основании анализа спектров гигантского комбинационного рассеяния пигментов с осажденными наночастицами золота и серебра, с повышенным в 2–6,6 раз отношением сигнал / шум;

- метод достижения высоких значений гигантского комбинационного рассеяния при минимальном люминесцентном фоне путем применения цитратного золя золота, либо наночастиц золота в хлороформе, покрытых бромидом тетраоктиламмония;

- способ поверхностного модифицирования полимерных и стеклянных поверхностей коллоидными частицами серебра, основанный на принципах

самосборки молекул полиэлектролита и наночастиц серебра;

- способ значительного (в 3–18 раз) усиления флуоресцентного сигнала адсорбированных меченых антител путем нанесения наночастиц серебра на поверхность планшетов для иммуноанализа;

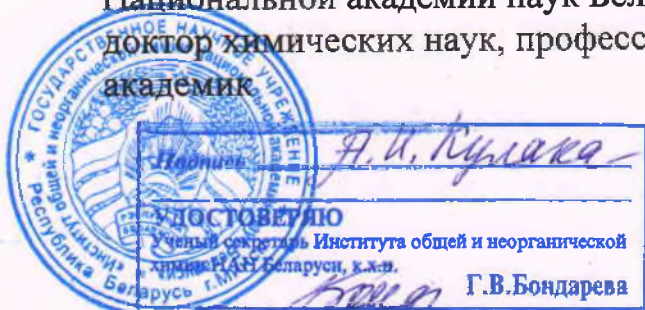
- установление механизма влияния растворителя на положение полос в спектре гигантского комбинационного рассеяния пестицида карбендазима в присутствии наночастиц Ag, обусловленного особенностями ориентации молекул пестицида при адсорбции из водного и хлороформного растворов;

- способы повышения интенсивности фотолюминесценции и фотостабильности нанокристаллов CdTe, InP/ZnSe/ZnS, CdSe/CdZnS, CdSe/ZnCdS/ZnS путем включения их в состав гибридных структур, содержащих коллоидные частицы металла и слой полимера, (для сферических частиц Au, Ag коэффициент усиления 1,3–2,2; для наностержней Au –11);

- установление механизмов влияния диэлектрической фазы на оптические свойства металлических наночастиц и люминофора в светоизлучающих металл-диэлектрических структурах, учитывающих влияние показателя преломления диэлектрика на положение линий, интенсивность, ширину плазмонного резонанса, соотношение вероятностей излучательных и безызлучательных переходов люминофора и на люминесцентные свойства нанокристаллов посредством зарядовых и химических взаимодействий;

что позволило разработать малоинвазивный метод анализа произведений живописи с помощью спектроскопии гигантского комбинационного рассеяния, создать твердую фазу для иммунофлуоресцентного анализа (металлизированные планшеты), получить высокоэффективные покрытия для целей иммунохимического флуоресцентного анализа, создать иммунохимическую тест-систему для определения низких (1–30 нг/мл) концентраций простат-специфического агента (PSA) и высокочувствительный (10^{-10} моль/л) метод обнаружения бромат-ионов в воде, что в совокупности вносит значительный вклад в развитие коллоидной химии оптически активных наночастиц металлов.

Научный консультант
директор Института общей и неорганической химии
Национальной академии наук Беларуси,
доктор химических наук, профессор,
академик



А.И. Кулак