

УДК 546.05

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ МОДИФИКАЦИИ ЧАСТИЦ КОЛЛОИДНОГО ДИОКСИДА КРЕМНИЯ НА ИХ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Князев Андрей Андреевич,

*Студент 3 курса, бакалавриат
кафедра «Электронные технологии в машиностроении»
Московский государственный технический университет*

*Научный руководитель: Д.Ю. Шрамко,
Аспирант, ассистент кафедры «Электронные технологии в машиностроении»*

Фотонные кристаллы (ФК) являются новым классом оптических сред, представленных естественными или искусственными структурами с периодической модуляцией показателя преломления. Такие оптические среды, согласно условию Брэгга — Вульфа, обладают фотонной запрещенной зоной, то есть способны запрещать распространение света определенной частоты или длины волны в одном или во всех направлениях, что делает возможным их применение в оптоэлектронике, фотозлектронике, нанолитографии и др. Самосборка коллоидных плотноупакованных сфер является одним из наиболее предпочтительных и недорогих методов формирования ФК как коллоидных кристаллов, состоящих из частиц полимера или кремнезема диаметра от 10 нм до 1 мкм. В этот процесс вовлечены гидрофобные или гидрофильные взаимодействия, кулоновские и ван-дер-ваальсовы силы.

Для получения фотонных тонких пленок, в основном применяются монодисперсные сферические частицы кремнезема (МСЧК), синтезированные различными методами. Самый перспективный и простой из них это метод Штобера [1]: гидролиз тетраэтоксисилана (ТЭОС). Данный способ используется ввиду его преимуществ: доступность реагентов, высокие скорости роста, высокая однородность, синтез при комнатной температуре, получение МСЧК в широком интервале размеров (100-350 нм) [2]. Получаемые МСЧК обладают определенными качествами: показателем преломления, адгезией, когезией, размерами, пористостью, коэффициентом поглощения, зарядом, магнитными свойствами, энергией связи и т.д., что влияет на самосборку и образование ФК заданной площади, толщины, дефектности, контролируемой фотонной запрещенной зоной (ФЗЗ) и другими свойствами. Однако классические частицы диоксида кремния не всегда могут полностью раскрыть возможности таких структур, в связи с чем зачастую проводят их поверхностную модификацию.

В предлагаемых лабораторных условиях были выбраны несколько видов модификаций и изучены их физико-химические свойства. В работе [3] был синтезирован мезопористый SiO₂, и показано уменьшение диаметра и показателя преломления, а также возможности его динамического изменения. В работе [4] во время синтеза в раствор добавляли эпоксидную смолу, бутанол, гексаметилдисилазан для того, чтобы создать гидрофобные частицы с повышенной дисперсией. Одним из наиболее распространённых вариантов модификации коллоидных частиц является модификация типа core-shell. Например, в работе [5] частицы диоксида кремния модифицировались частицами Ag, позволяя увеличить дипольный момент и управлять положением ФЗЗ. (Рис.1)

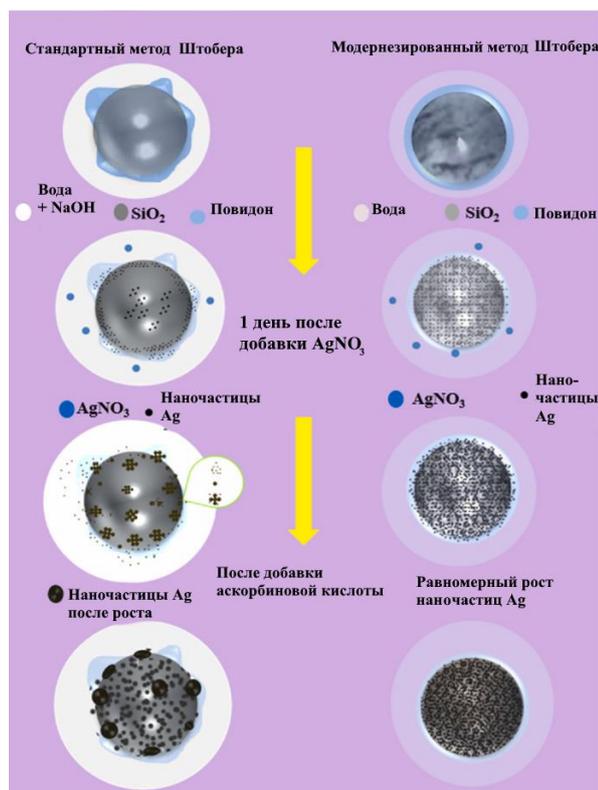


Рис.1. Пример синтеза core-shell частицы на примере SiO₂@Ag

Модификации типа core-shell обладают наибольшим потенциалом в самосборке и позволяет решить ряд проблем, связанных с оптическими свойствами, проявляющимися в фотонных кристаллах. Модификации частиц SiO₂ позволяют расширить спектр применения таких частиц не только в области ФК, но и в области датчиков преломления света, ориентации молекул и химических реакций.

Литература

1. W. Stober, A. Fink, E.J. Bohn. J. Colloid Interface Sci. 26, 62 (1968).
2. Камашев Д.В. Влияние условий синтеза на морфологию и свойства надмолекулярных структур кремнезема: научное издание / Д. В. Камашев; ответственный редактор А. М. Асхабов; Российская академия наук, Уральское отделение, Коми научный центр, Институт геологии. - Екатеринбург, 2007. - 126 с.
3. F.C. Dillon, A. O'Mahony, F.A. Deeney, I.M. Povey, M. Bardosova, M.E. Pemble, Photonic band gap thin films from mesoporous silica spheres acting as receptacles for species yielding added functionality et al, Photonics Nanostruct. 5 (2007) 91–95.
4. Nam, Nguyen & Dinh, Khang & Tuan, Le & Thanh Son, Le. (2016). Surface modification of silica nanoparticles by hexamethyldisilazane and n-butanol. International journal of Environmental Science and Technology.
5. S. Tamta, A. Dahiya, P.S. Kumar, Modified Stober " synthesis of SiO₂@Ag nanocomposites and their enhanced refractive index sensing applications, Phys. B 638 (2022), 413971.c.