

УДК 621.38

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПОЛУЧЕНИЯ КОЛЛОИДНЫХ ФОТОННО-КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛЕНОК

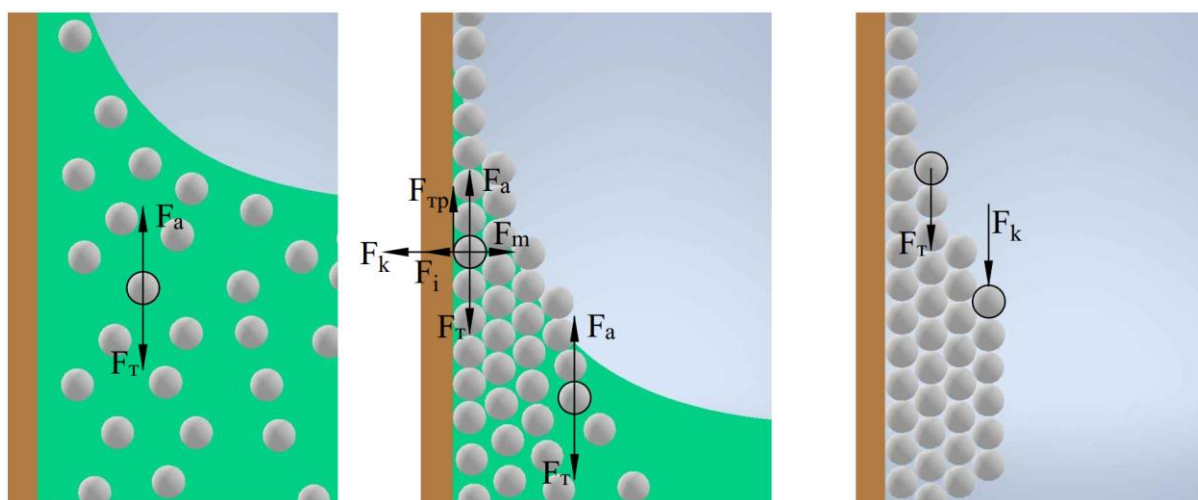
Ле Динь Хыонг

*Студент 4 курса, бакалавриат**кафедра «Электронные технологии в машиностроении»**Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана**Научный руководитель: Е.В. Панфилова,**кандидат технических наук, доцент кафедры «Электронные технологии в машиностроении»*

Фотонные кристаллы привлекают большое внимание благодаря оптическим свойствам, которые позволяют управлять потоком света.. Крупномасштабное производство высококачественных фотонных кристаллов остается проблемой. Технология самоорганизации коллоидных микросфер представляется простым и недорогим подходом к созданию крупномасштабных периодических структур [1].

Разработаны различные методы изготовления коллоидных кристаллов, такие как вертикальное осаждение, электрофорез, естественная седиментация и тд. Все эти методы позволяют создавать упорядоченные массивы коллоидных частиц, но трещины, дефекты упаковки, дислокации и точечные дефекты по-прежнему являются проблемой[2]. Экспериментальные исследования процессов коллоидных фотонно-кристаллических пленок сложны для реализации. Поэтому для расчета режимов технологических процессов прибегают к методам моделирования.

Метод вертикального осаждения основан на формировании фотонно-кристаллической пленки под действием капиллярной силы и силы тяжести на частицы суспензии, в которую окунается подложка. При откачке раствора на границе раздела сред «воздух-раствор» образуется мениск, в котором оседают частицы материала при испарении жидкой фазы коллоидного раствора.



а) Осаждение в суспензии б) Самоорганизация матрицы в) Сушка матрицы

Рис. 1. Фазы осаждения микросфер методом вертикального осаждения

Скорость осаждения определяется из выражения $v = \beta L_j \varphi / 0,605 dV(1 - \varphi)$ слоев/с, где β – постоянная зависимость на взаимодействиях частица-частица и частица-подложка; L – длина мениска, м; j – скорость опускания уровня раствора

вследствие испарения, м/с; d – диаметр микросферы, м; V – скорость опускания уровня раствора вследствие откачки, м/с; φ – концентрация раствора полистирола, %.

Контролируя скорость откачки раствора, концентрацию суспензии и размер частиц сферических коллоидов, коллоидные сферы размером до 1,5 мкм можно упорядочить в однородные трехмерные массивы в больших доменах с контролируемой и равномерной толщиной [2].

Электрическое поле также может играть как основную, так и вспомогательную роль, например, путем активации в условиях электрофореза деформаций сдвига и, следовательно, улучшения кристаллической структуры во время формирования искусственных опалов методом вертикального или наклонного осаждения [3].

Суть метода электрофореза состоит в том, что в электрохимическую ванну с заранее приготовленным раствором помещают анод и катод. Под действием подаваемого напряжения частицы, имеющие на своей поверхности двойной электрический слой, начинают двигаться к одному из электродов, самоорганизуясь на его поверхности в пленку с периодической структурой.

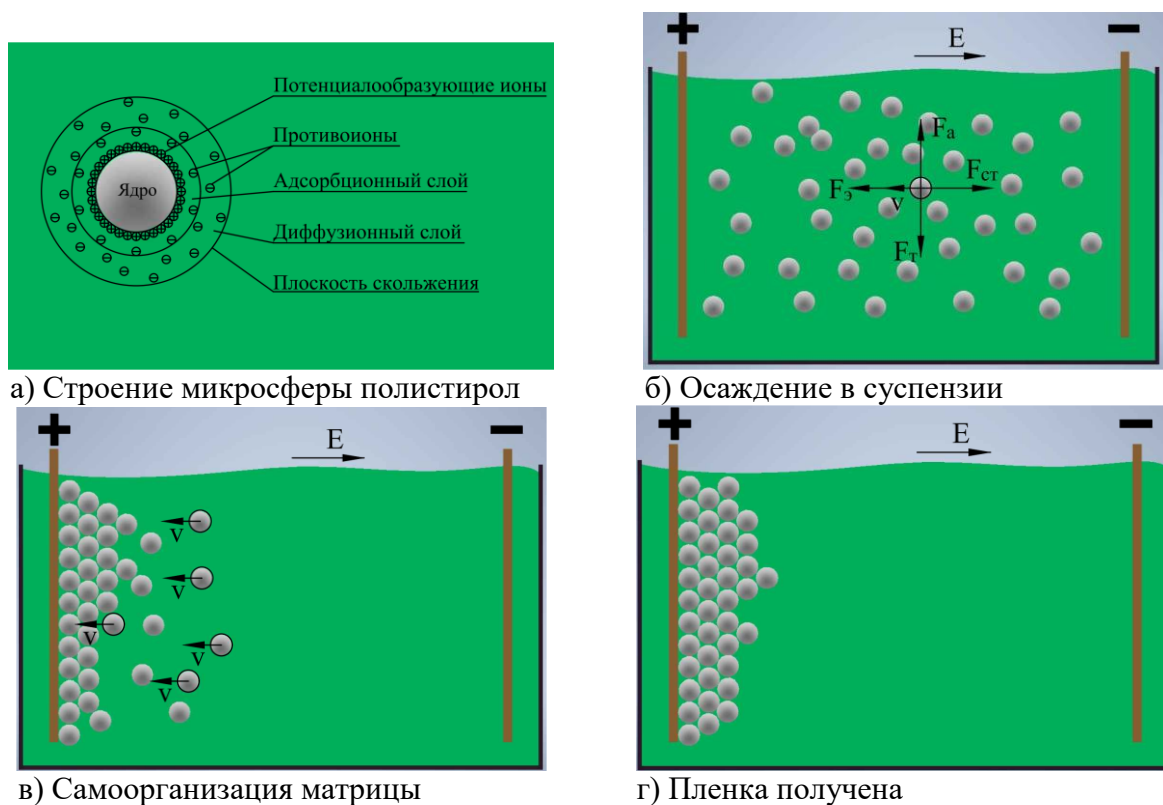


Рис. 2. Фазы осаждения микросфер методом электрофореза

Скорость осаждения определяется из выражения $v = Uq/6H\pi r\mu$ слоев/с, где U – приложенная разность потенциалов, q – заряд микросферы, H – расстояние между подложками; r – радиус частиц полистирола, μ – динамическая вязкость раствора.

Электрическое поле было успешно использовано для получения коллоидных кристаллов из монодисперсных и даже бинарных коллоидных частиц [3]. Оно также использовалось для индукции диполь-дипольных межчастичных взаимодействий, которые могут улучшить качество кристалла и даже изменить кристаллическую структуру. Достоинством метода электрофореза является возможность позволяет управляемого формирования высокоупорядоченных структур в широком диапазоне толщин с высокой скоростью процесса [4].

Результаты работы будут использованы автором при определении режимов процесса упорядоченного осаждения микросфер на «large-area» площади подложки для реализации технологических процессов изготовления устройств фотоники и оптоэлектроники.

Литература

1. *Zuocheng Zhou and X. S. Zhao* Flow-Controlled Vertical Deposition Method for the Fabrication of Photonic Crystals // Журнал: Langmuir: The acs journal of surfaces and colloids. – М.: American Chemical Society, 2004. – С. 1524-1526.
2. *Kirill S. Napolskii et al.* Fabrication of Artificial Opals by Electric-Field-Assisted Vertical Deposition // Журнал: Langmuir: The acs journal of surfaces and colloids. – М.: American Chemical Society, 2010. – С. 2346-2351.
3. *Hans Joachim Schöpe.* Formation of dried colloidal monolayers and multilayers under the influence of electric fields // Журнал: Journal of Physics: Condensed Matter. – М.: IOP Publishing, 2003. – 33 с.
4. *Rashid A. Khaydarov, Renat R. Khaydarov, Olga Gapurova, Yuri Estrin, Thomas Scheper.* Electrochemical method for the synthesis of silver nanoparticles // Журнал: Journal of Nanoparticle Research. – М.: Springer Science and Business Media, 2009. – С. 1193-1200.