

УДК 539.23

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ СВОЙСТВ ПОВЕРХНОСТИ ПОДЛОЖКИ НА КАЧЕСТВО ФОТОННО-КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ КОЛЛОИДНЫХ ПЛЁНОК

Баранов Олег Игоревич

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

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

Фотонные кристаллы (ФК) – это материалы, в которых диэлектрическая проницаемость периодически изменяется в одном или нескольких направлениях [1]. Они имеют фотонную запрещенную зону и обладают способностью контролировать распространение света, в силу чего имеют большие перспективы в оптике. Для проявления этих свойств структура должна быть структурно-упорядоченной и бездефектной.

Одной из наиболее часто встречающихся проблем является растрескивание тонких пленок, что снижает качество фотонных кристаллических пленок. Механизм образования трещин является сложной функцией нескольких параметров, таких как размер частиц, заряд, модуль сдвига, и параметров процесса, таких как скорость испарения и другие. Для устранения дефектов пленки существуют такие способы, как использование мягких частиц, покрытие твердых частиц мягкими оболочками, добавление полимерных пластификаторов или эмульсий и многие другие. Предложенные до сих пор способы в основном сосредоточены на изменении состава суспензии или механических свойств геля, режимов сушки, а также кинетики сушки [2]. Однако необходимо учитывать, что материал, из которого выполнены подложки, вносит ощутимые ограничения на формирование тонких пленок после сушки, этот вопрос малоизучен и требует более детального изучения.

Достаточно часто материал подложек определяет способ применения фотонных кристаллических пленок. Кроме привычных областей использования фотонных кристаллов, таких как оптоэлектроника и фотоника, существуют области применения, не ограничиваемые оптическими свойствами ФК: текстильная промышленность, типография и многие другие. Например, в текстильной промышленности на поверхности с помощью периодических фотонных кристаллов можно создавать структурные цвета с высокой яркостью, насыщенностью, радужным эффектом и с меньшим обесцвечиванием. При этом контролируя размер частиц, можно управлять положением фотонной запрещенной зоны по всему диапазону видимого света от 380 нм до 760 нм, избирательно отражая цвета с определенной длиной волны. Кроме того, при изготовлении таких структурных цветных материалов выделяется гораздо меньше химических загрязнений, чем при изготовлении химических красителей. Таким образом, структурные цветные материалы имеют ряд преимуществ перед химическими красителями [5]. В исследовании [3] по нанесению пленок на различные ткани было установлено, что чем более компактными и плоскими являются тканевые подложки, тем более упорядоченными могут быть структуры фотонных кристаллов.

Манипулирование свойствами подложки для контроля процесса образования трещин в последнее время приобрело важное значение. Первое, что необходимо учитывать, – это смачиваемость подложки и её адгезия. Было установлено, что при

нанесении пленок на гидрофобные подложки с низкой адгезией получают наиболее качественные пленки. Но при слишком низкой адгезии пленка не будет держаться на подложке. Следующим немаловажным фактором является упругость подложки. В отдельном исследовании с участием податливых эластомерных подложек было обнаружено, что характерные масштабы трещин обратно пропорциональны эластичности подложки [2]. Это объясняется тем, что напряжение, возникающее при разрыве пленки, поглощается деформацией мягкой подложки. Также существует подход, в котором жесткая твердая подложка заменяется жидкой поверхностью, такой как ртуть или галлий, что тоже приводит к устранению трещин [4]. Но на данный момент не удастся найти подходящие жидкости с адекватной температурой плавления и малой токсичностью.

Анализ сил взаимодействия, возникающих между коллоидными частицами и поверхностью подложки при формировании ФК, является сложной и комплексной задачей, решение которой позволит не только получать структурно-упорядоченные бездефектные фотонно-кристаллические пленки, но и позволит с помощью шаблонов создавать сложную топологию на поверхности подложки.

Литература

1. Huang Y. et al. Colloidal photonic crystals with narrow stopbands assembled from low-adhesive superhydrophobic substrates //Journal of the American Chemical Society. – 2012. – Т. 134. – №. 41. – С. 17053-17058.
2. Uday G. U. et al. Effect of Surface Wettability on Crack Dynamics and Morphology of Colloidal Films. – 2015.
3. Li Y. et al. Study on the effects of the characteristics of textile substrates on the photonic crystal films and the related structural colors //Surface and Coatings Technology. – 2017. – Т. 319. – С. 267-276.
4. Cai Z. et al. From colloidal particles to photonic crystals: Advances in self-assembly and their emerging applications //Chemical Society Reviews. – 2021. – Т. 50. – №. 10. – С. 5898-5951.
5. Zhu K. et al. Recent advances in photonic crystal with unique structural colors: A review //Journal of Materials Science & Technology. – 2022.