ПРЕИМУЩЕСТВА СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫХ НАНОКОМПОЗИТОВ ИЗ ОРГАНИКИ И НЕОРГАНИКИ С РЕГУЛЯРНОЙ СВЕРХСТРУКТУРОЙ ТИПА ФОТОННЫХ КРИСТАЛЛОВ

Классен Н.В., Кедров В.В., Шмурак С.З., Шмытько И.М.,
Покидов А.П., Васин А.А.

*Институт физики твердого тела РАН, Черногловка, Россия,
Астраханский государственный университет, Астрахань, Россия,
klassen@issp.ac.ru*

Ранее нами были разработаны сцинтилляционные нанокomпозиты из органических люминофоров и неорганических наночастиц, сочетающие наносекундное быстроедействие органики с высокой поглощательной способностью гамма-излучения неорганических материалов из тяжелых атомов. Световыход этих композитов – на уровне эталонного CsI(Tl) (при быстроедействии в 500 раз лучше). Устранение дилеммы «либо быстроедействие, либо световыход» позволяет резко улучшить временное разрешение радиационных детекторов и многократно повысить их чувствительность (например, путем регистрации в режиме счета фотонов). Но смешивание в монолитном сцинтилляторе материалов со значительно различающимися показателями преломления при их случайном распределении заметно усиливает рассеяние света. Поэтому подобные композиты хорошо работают лишь до толщин 300–500 микрон. При дальнейшем увеличении толщины, необходимом для регистрации более жестких гамма-квантов, световыход быстро падает за счет оптических неоднородностей. Существенное улучшение светосбора в композитных сцинтилляторах можно решить не ослаблением, а, наоборот, усилением неоднородностей распределения наночастиц за счет его пространственной регуляризации. Периодическое распределение диэлектрической проницаемости, усредненной на масштабе световой длины волны, создает структуру типа фотонного кристалла, в которой определенные диапазоны направлений являются запрещенными зонами для распространения света, но зато в разрешенных направлениях интенсивность излучения сцинтилляционных фотонов существенно возрастает. Расположение фотодетекторов именно в этих направлениях упрощает проблему светосбора, обеспечивая повышение световыхода и энергетического разрешения.

Создание периодических распределений оптических характеристик нанокомпозитов достигается несколькими приемами. Первый – подбор таких органических макромолекул, которые в комбинациях с наночастицами способны формировать периодические структуры путем самоорганизации. Наши эксперименты с рядом хорошо известных биополимеров – лигнином, коллагеном, хитозаном и ДНК – подтверждают такую возможность. Синтез нанокомпозитов из водных суспензий этих молекул с наночастицами оксидной природы при соблюдении определенных условий образует квазипериодические структуры микронных масштабов. Эффективными способами регулирования степени периодичности и других параметров этих структур является воздействие на суспензии в процессе синтеза периодического светового поля, образованного лазерной интерференцией, а также постоянного или низкочастотного электрического поля. Если лазерное воздействие является следствием известного явления оптического пинцета (диэлектрические наночастицы втягиваются в области повышенной интенсивности), то эффект электрического поля – результат дуальности кулоновского взаимодействия противоположно заряженных нанобъектов в водной суспензии: обычного притяжения на больших расстояниях и отталкивания – на малых. Отталкивание вызвано гидратированием наночастиц, приводящим к сильному уменьшению диэлектрической проницаемости вокруг них и соответствующей генерации отрицательных дипольных моментов на границе гидрата и свободной воды. В докладе будут приведены оценки возможностей улучшения сцинтилляционных характеристик путем создания фотоннокристаллических композитов.