

УДК 535.3

УСИЛЕНИЕ ГЕНЕРАЦИИ МАГНИТНО ДИПОЛЬНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ПРИСУТСТВИИ СФЕРИЧЕСКОЙ ЧАСТИЦЫ

Утюшев А.Д. (Университет ИТМО), Гапоненко Р.В. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – канд. физ.-мат. Наук Щербаков А.А.

(Университет ИТМО)

Введение. Научная проблема связана с препятствием для генерации излучения, возникающего при магнитно дипольных (МД) переходах, так как МД взаимодействие со светом обычно слабее, чем при электро дипольном (ЭД) взаимодействии. Если бы такая генерация была легко доступна, можно было бы значительно расширить и дополнить существующий набор электромагнитных применений, который основан на излучении, генерируемом в электродипольных переходах. Перспективным направлением является реализация таких систем, которые позволят усилить генерацию излучения МД переходов редкоземельными ионами. Особый интерес в “диэлектрической нанофотонике” представляет наличие сильного магнитного отклика у резонаторов, изготовленных из немагнитных материалов с высоким показателем преломления [1]. Наноструктурные метаматериалы предлагают альтернативный подход для увеличения спонтанного излучения магнитного диполя. Адаптация электромагнитного излучения, оказалась одним из наиболее важных эффектов в областях квантовой оптики и нанофотоники. Так, например, сильное магнитное поле, индуцированное диэлектрическими резонаторами, позволяет управлять дипольными излучателями (Eu^{3+} и Er^{3+}) с излучательными переходами, характеризующимися магнитным дипольным моментом [2,3]. Такие излучатели являются ключевым компонентом современной фотоники, а также оптических наноантенн [4-6]. Эти результаты подчёркивают значительную роль, которую оптическая среда может играть в наблюдаемом соотношении ЭД и МД переходов. Если структура спроектирована так, чтобы обладать сильным магнитным и небольшим электрическим полями на длине волны излучения МД, то переход МД усиливается, а ЭД подавляется из-за Парселл эффекта [6], обеспечивающий усиление спонтанного излучения магнитных диполей. Решение поставленных задач будет основываться на численном методе, необходимым для определения оптимальных условий генерации излучения при МД переходах в редкоземельных ионах.

Основная часть. В данной работе комплексно рассмотрены все вопросы генерации излучения, возникающего при магнитно дипольных переходах в редкоземельных ионах и произведен анализ оптимизации излучения магнитного диполя и коэффициентов связи МД/ЭД переходов. Для решения поставленных задач использовался метод Т-матриц и сопутствующее ему программное обеспечение “STRATIFY” [7], это пакет, который позволяет решать задачи рассеяния света с участием сферических частиц, в том числе многослойных. Программное обеспечение позволило определить оптимальные параметры наших систем, в которых можно достичь максимального усиления излучения. В рамках проделанной работы были обнаружены режимы усиления флуоресценции магнитного излучения, обусловленного магнитными дипольными переходами трехвалентных редкоземельных ионов, находящихся внутри или вблизи диэлектрических однородных сфер, на три порядка. Определен ряд конфигураций, включающих параметры сферы и радиальное положение редкоземельного излучателя, при которых коэффициент связи перехода приближается к предельному значению ≈ 1 , означающему, что в переходах с данного уровня полностью доминирует МД переход.

Выводы. В работе проведено теоретическое исследования усиления генерации излучения, возникающего при МД переходах, редкоземельными ионами. Получены конфигурации, при которых коэффициент связи МД перехода, относительно других переходов, может быть существенно увеличен и достигать максимального значения, близкого к 1. Кроме того,

получены результаты оптимизации режимов стимулирования флуоресценции за счет магнито-дипольных переходов в трехвалентных редкоземельных ионах, находящихся снаружи или внутри сферической частицы.

Список использованных источников:

1. Terekhov, P. D.; Shamkhi, H. K.; Gurvitz, E. A.; Baryshnikova, K. V.; Evlyukhin, A. B.; Shalin, A. S.; Karabchevsky, A. // *Optics Express*. – 2019, №27, – P.10924.
2. Taminiou, T. H.; Karaveli, S.; van Hulst, N. F.; Zia, R. // *Nature Communications*. – 2012, №3.
3. Zhao, Q.; Yang, Z.-J.; He, J. // *Photonics Research*. – 2019, №7, – P.1142.
4. Albella, P.; Poyli, M. A.; Schmidt, M. K.; Maier, S. A.; Moreno, F.; Sáenz, J. J.; Aizpurua, J. // *The Journal of Physical Chemistry C*. – 2013, №117, – P.13573-13584.
5. Monticone, F.; Al`u, A.J. // *Mater. Chem. C*. – 2014, №2, – P.9059-9072.
6. Vaskin, A.; Liu, S.; Addamane, S.; Vabishchevich, P. P.; Yang, Y.; Balarishnan, G.; Sinclair, M. B.; Pertsch, T.; Brener, I.; Staude, I. // *Optics Express*. – 2021, №29, – P.5567.
7. Rasskazov, I. L.; Carney, P. S.; Moroz, A. // *OSA Continuum*. – 2020, №3, – P.2290.

Утюшев А.Д. (автор)

Подпись

Щербаков А.А. (научный руководитель)

Подпись