

## ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

**Зиновьев Михаил Михайлович**

магистрант

**Трифопова Алина Виталиевна**

студентка

**Землянов Алексей Анатольевич**

канд. физ.-мат. наук, доцент

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский

Томский государственный университет»

г. Томск, Томская область

### **КВАЗИЛАЗЕРНАЯ ГЕНЕРАЦИЯ МИКРОСЛОЕВ АКТИВНОЙ СРЕДЫ С МЕТАЛЛИЧЕСКИМИ НАНОЧАСТИЦАМИ**

**Аннотация:** в статье представлены результаты экспериментального исследования, показывающие, что внедрение агломератов наночастиц алюминия и серебра с концентрацией порядка  $10^7$ – $10^8$  см<sup>-3</sup> в раствор R6G толщиной 20 мкм понижает пороги безрезонаторной лазерной генерации на более два порядка величины.

**Ключевые слова:** агломераты, лазерная генерация, наночастицы, вынужденное излучение.

Внедрение наночастиц в активную среду приводит к существенному увеличению в них оптических процессов, в том числе и к лазерной генерации, именуемой в литературе как «random» лазер [1; 2]. Физической причиной развития лазерной генерации в рассеивающих средах с лазерно-активными молекулами (random lasing) является формирование положительной обратной связи в таких композитных средах за счет многократного рассеяния вынужденного вторичного излучения в возбужденной диффузно-рассеивающей активной среде [3; 4]. Работа по повышению эффективности безрезонаторной генерации в таких композитах идет, в основном, в направлении использования в качестве эффективных

рассеивателей плазменно-резонансных наночастиц, к которым в видимом диапазоне относятся наночастицы серебра и золота, имеющие узкие резонансы в районе длин волн 420 нм для наночастиц серебра и 530 нм для золота [5]. Для расширения спектрального диапазона плазмонно-резонансных свойств наночастиц этих материалов ведется активный поиск в направлении изменения их пространственных конфигураций за счет придания наночастицам формы эллипсов, звездочек, создания оболочечных наночастиц. В своих теоретических и экспериментальных работах, опираясь на известные электродинамические расчеты и следствия из теории Парселла, мы предложили в некотором смысле альтернативный подход – использовать в качестве рассеивателей не одиночные наночастицы, а агломераты из наночастиц, причем не обязательно плазмонно-резонансных. А именно, за счёт эффекта Парсела в этом случае увеличивается скорость спонтанных переходов в излучающих молекулах, в результате чего за время действия накачки рождается больше фотонов вторичного излучения, что должно привести к понижению порога лазерной генерации.

Целью данной работы было сравнение спектрально-энергетических характеристик лазерной генерации в растворах родамина 6G (Rh6G) с агломератами наночастиц металлов Al, Ag. Эти агломераты имеют одинаковые морфологию и распределения по размерам и представляют собой скопления близкорасположенных сферических наночастиц.

По результатам проведенного эксперимента были получены спектрально-энергетические характеристики генерации в тонких слоях растворов Родамина 6Ж, допированного агломератами наночастиц алюминия и серебра.

На рисунке 1 показана зависимость величины пороговой энергии от концентрации агломерированных наночастиц Al (кривая 1) и Ag (кривая 2).

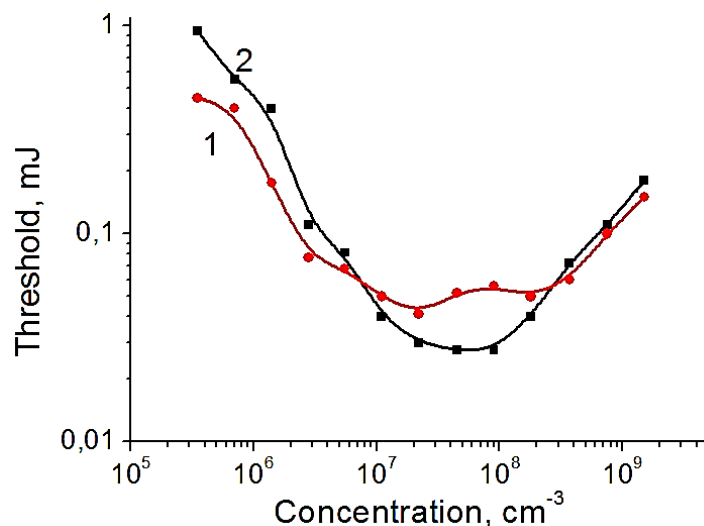


Рис.1. Зависимость величины пороговой энергии от концентрации агломерированных наночастиц Al (кривая 1) и Ag (кривая 2)

Из рисунка 1 видно, что существует довольно значительный диапазон значений оптимальных концентраций наночастиц ( $10^7$ – $10^8$  см<sup>-3</sup>), величина которого практически одинакова для наночастиц Ag и Al. В этом диапазоне концентраций наночастиц реализуются минимальные пороги генерации в композитных растворах.

На рисунке 2 показана зависимость интенсивности излучения генерации от концентрации агломератов Ag и Al в надпороговом режиме (при энергиях накачки на 20% больше пороговых энергий).

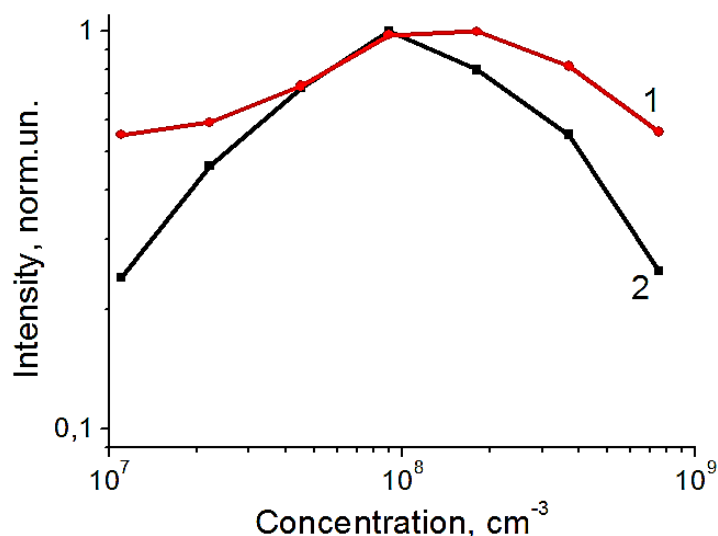


Рис. 2. Зависимость нормированных значений интенсивности излучения генерации от концентрации агломератов Ag (кривая 1) и Al (кривая 2) в надпороговом режиме

Видно, что и интенсивность генерации наиболее эффективна в том же самом интервале значений концентраций наночастиц Ag и Al.

Таким образом, проведенные исследования показали:

1) использование в растворах Р6Ж агломератов наночастиц Ag и Al приводит к существенному (более чем на два порядка величины) понижению порогов безрезонансной лазерной генерации;

2) значения пороговых энергий генерации при оптимальной концентрации агломератов в случае наночастиц Al приблизительно на 40% выше, чем для агломератов наночастиц Ag;

3) интервал значений концентраций использованных агломератов наночастиц одинаков для обоих типов агломератов и составляет  $10^7$ – $10^8$  см<sup>-3</sup>;

4) спектр линии генерации сдвинут в коротковолновую сторону относительно максимума спектра спонтанной люминесценции.

Увеличение или уменьшение концентрации наночастиц алюминия и серебра по сравнению с оптимальными значениями приводит к ухудшению спектрально-энергетических характеристик. Возрастают энергии порога генерации, а также растет полуширина спектра генерации и падает интенсивность излучения раствора.

#### ***Список литературы:***

1. Летохов В.С. Генерация света рассеивающей средой с отрицательным резонансным поглощением // ЖЭТФ. – 1967. – Т. 53, В. 4. – С. 1442–1452.
2. Маркушев В.М., Золин В.Ф., Брискина Ч.М. Порошковый лазер // ЖПС – 1986. – Т. 45. – С. 847–850.
3. W.L. Sha, C.-H. Liu, and R.R. Alfano Spectral and temporal measurements of laser action of Rhodamine 640 dye in strongly scattering media. Optics Letters // Vol. 19, No. 23. December 1, 1994.
4. Noginov M.A., Caufield H.J., Noginova N.E., and Venkateswarlu P. Line narrowing in the dye solution with scattering centers // Opt. Commun. – 1995. – V. 118. – P. 430–434.
5. E. Fort, S. Gresillon. Surface enhanced fluorescence // Jpn. Appl. Phys. – 2008. – V. 45, №17. – P. 1265–1287.
6. Sonnichsen C., Franzl T., Wilk T., G. von Plessen, Feldmann J. Plasmon resonances in large noble-metal clusters // New Journal of Physics. – 2002. – V. 4. – P. 93.