

Ромшин Алексей Максимович

Люминесцентные свойства наноалмазов,
помещенных в микрорезонатор Фабри-Перо

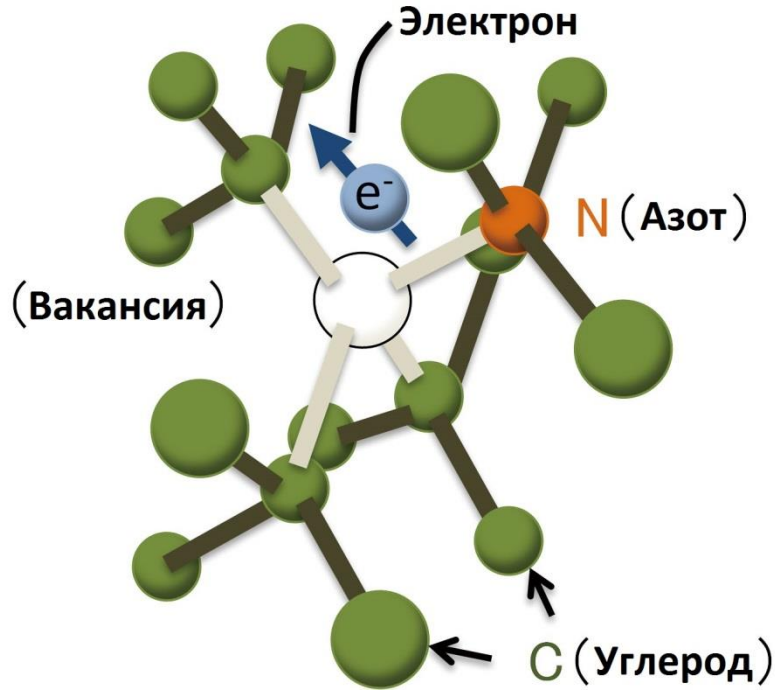
Научный руководитель:
ведущий научный сотрудник, к.ф.-м.н. Доленко Т.А.

Москва, 2018

Цель настоящей работы

Увеличение скорости спонтанного излучения наноалмазов с NV-центрами в микрорезонаторе Фабри-Перо.

Центры окраски в алмазах



Структура отрицательно заряженного центра «азот-вакансия» (NV^-)

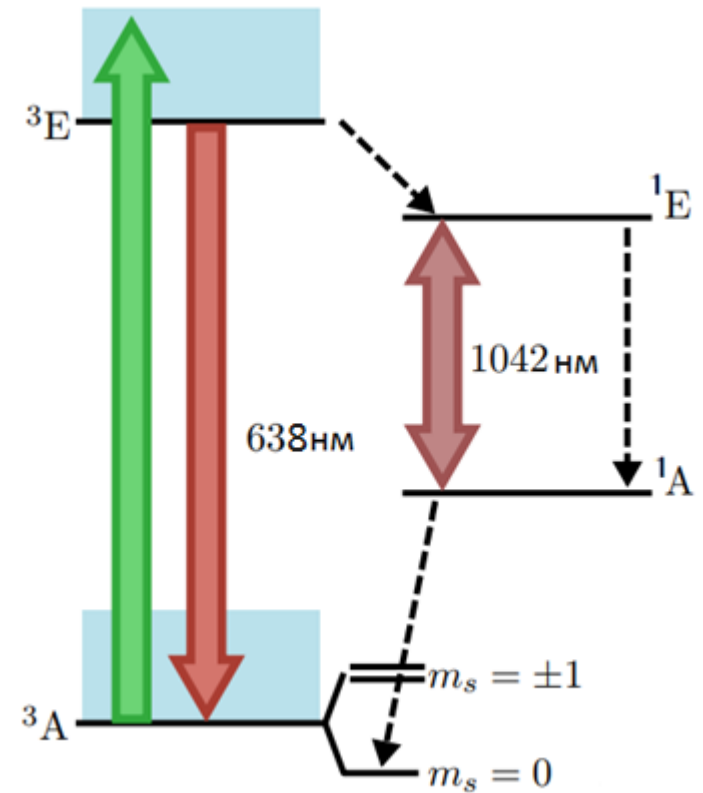
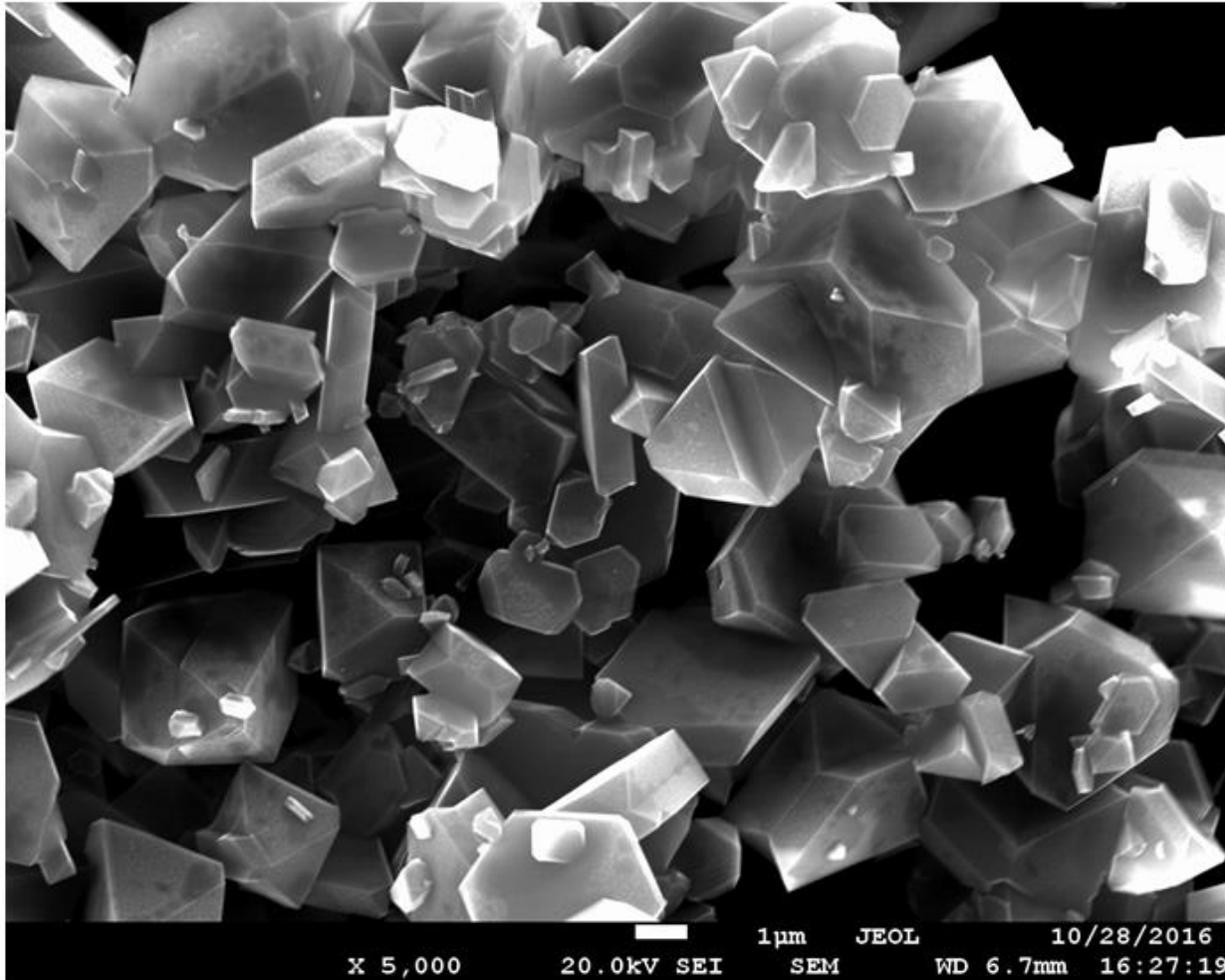


Схема уровней центра (NV^-)

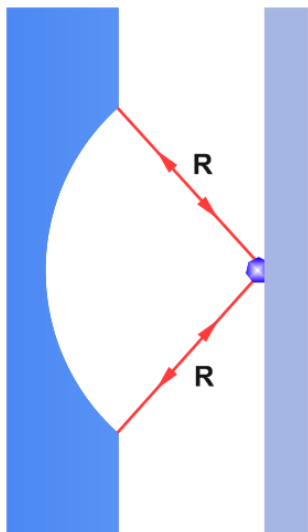
Объект исследования

Алмазы, синтезированные HPHT-методом (1900 К, 8- 9 ГПа) из смеси адамантана ($C_{10}H_{16}$) и адамантанкарбонитрила ($C_{11}H_{15}N$) при соотношении $C_{11}H_{15}N/ C_{10}H_{16}$ - 2% .



Изображение используемых в работе алмазов, полученное на сканирующем электронном микроскопе

Формирование излучения в плоскосферическом резонаторе Фабри-Перо



Полуконцентрический
резонатор

$$Q = \frac{\lambda}{\delta\lambda} \qquad \Delta\lambda = \frac{\lambda^2}{4L_{eff}}$$

$$V_{eff} = \frac{\pi w_0^2}{4} L_{eff} \quad \leftarrow \quad w_0^2 = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{(R - L_{eff})L_{eff}}$$

$\delta\lambda$ - полуширина резонанса

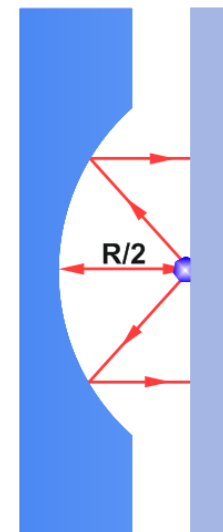
$\Delta\lambda$ - расстояние между модами

Q - добротность резонатора

L_{eff} - эффективная длина резонатора

w_0 - радиус перетяжки

V_{eff} - эффективный объем моды



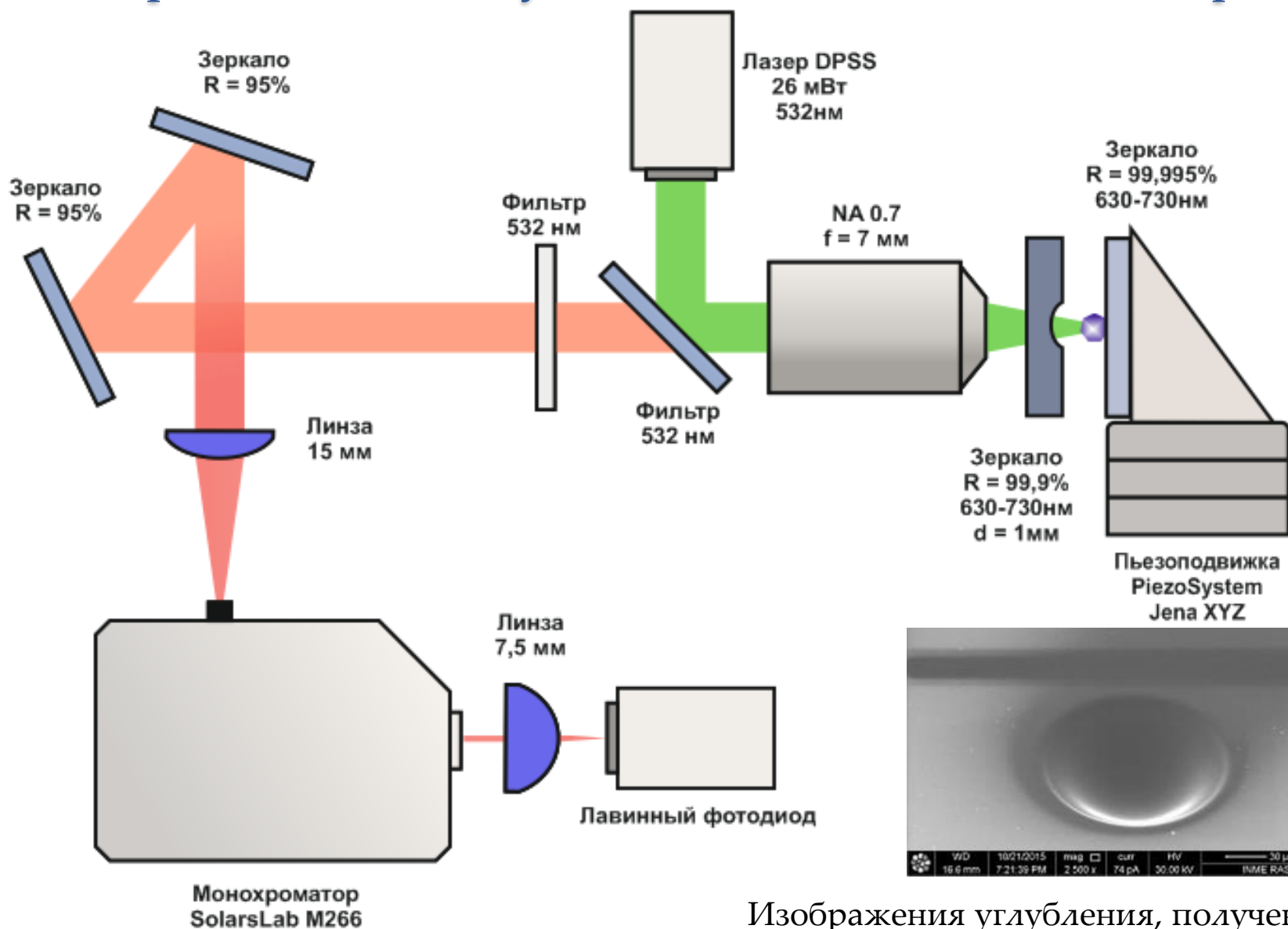
Полуконфокальный
резонатор

Эффект Парселла

Изменение скорости спонтанного излучения двухуровневой системы в области, нарушающей континуум возможных состояний поля.

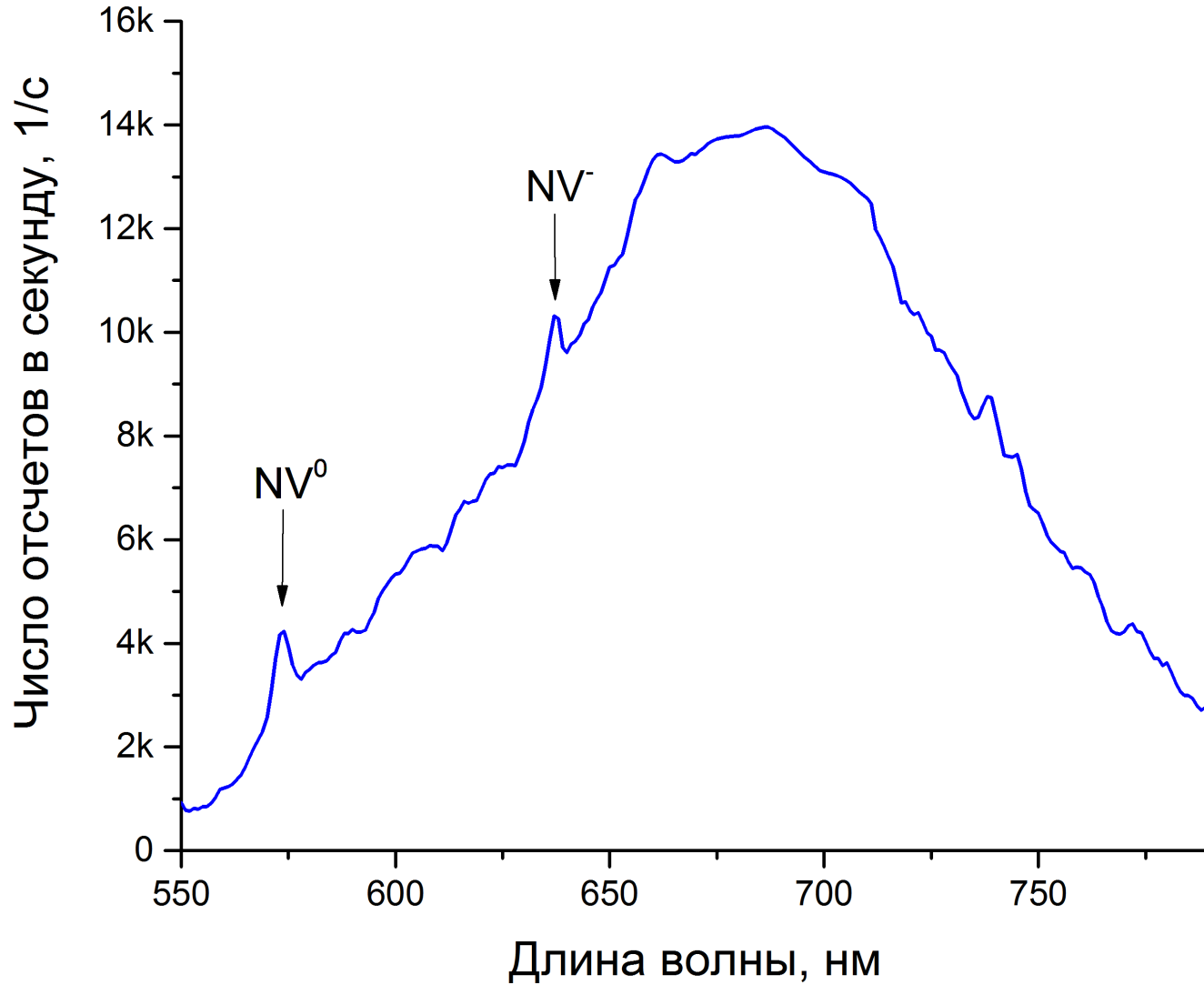
$$F_p = \frac{3\lambda^3 Q}{4\pi^2 V} \left(\frac{(\boldsymbol{\mu} \cdot \mathbf{E})}{|\boldsymbol{\mu}| |\mathbf{E}_{max}|} \right)^2 \frac{1}{1 + 4Q^2 \left(\frac{\omega_c}{\omega} - 1 \right)^2} \quad \rightarrow \quad F_p = \frac{3\lambda_c^3 Q}{4\pi^2 V}$$

Экспериментальная установка и методика измерений



Изображения углубления, полученного травлением поверхности кремния ионами ксенона

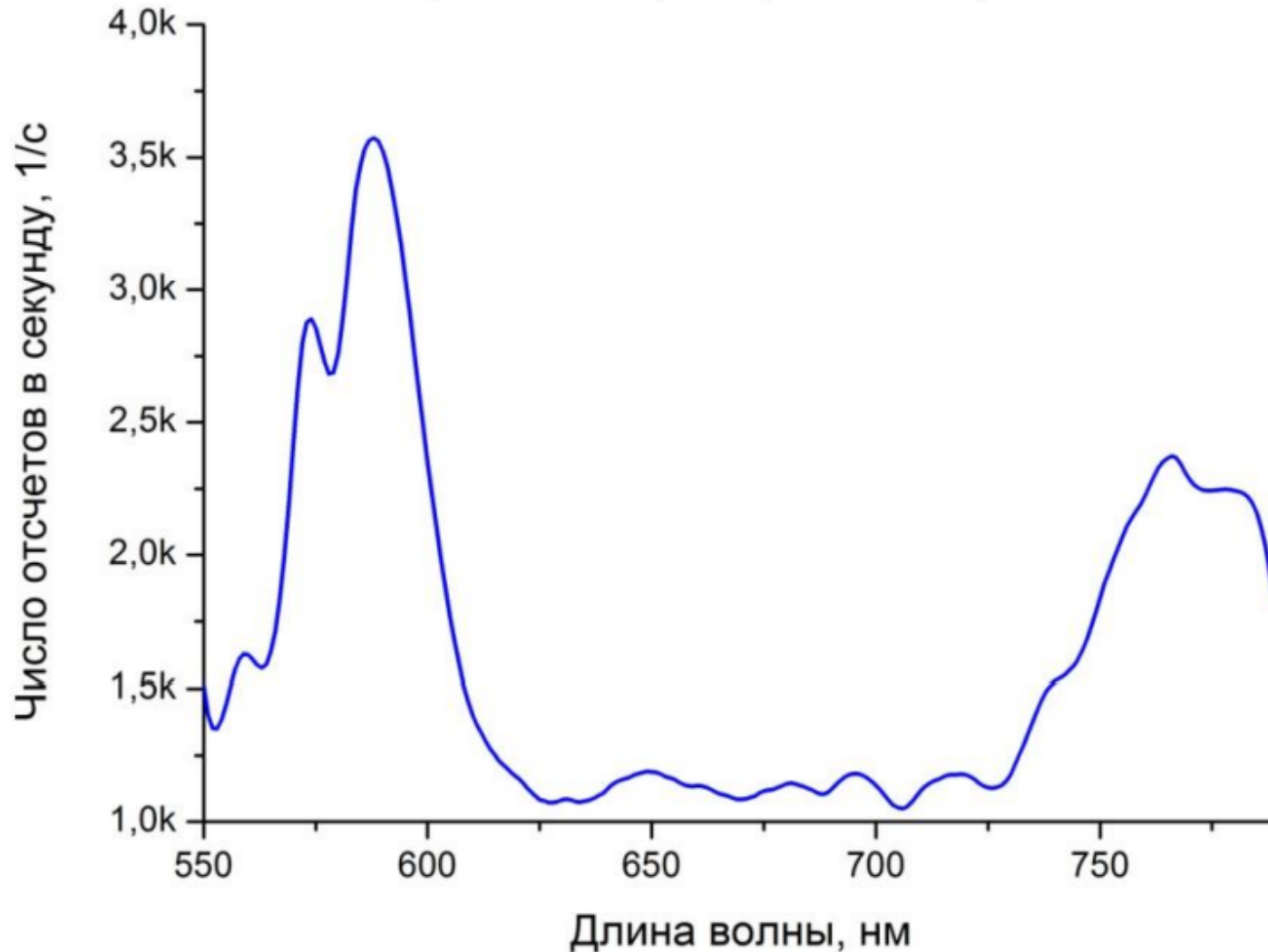
Результаты измерений и обсуждение



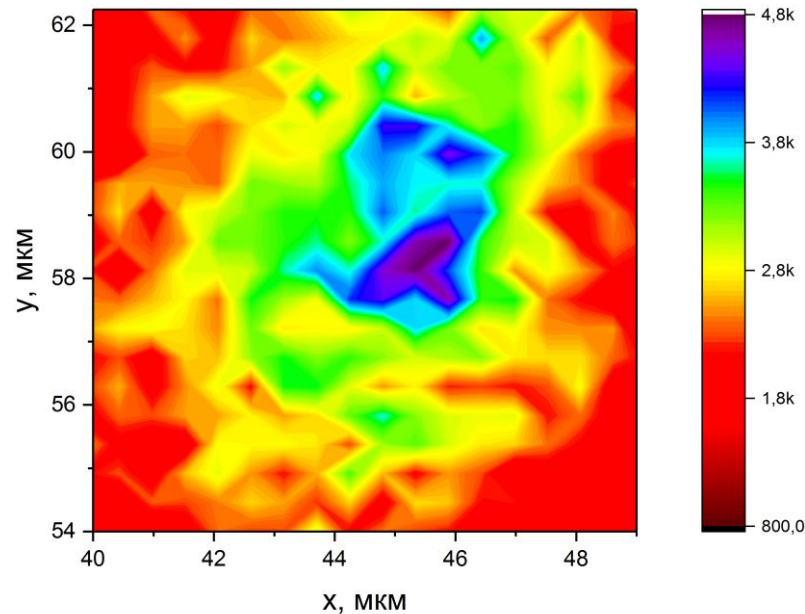
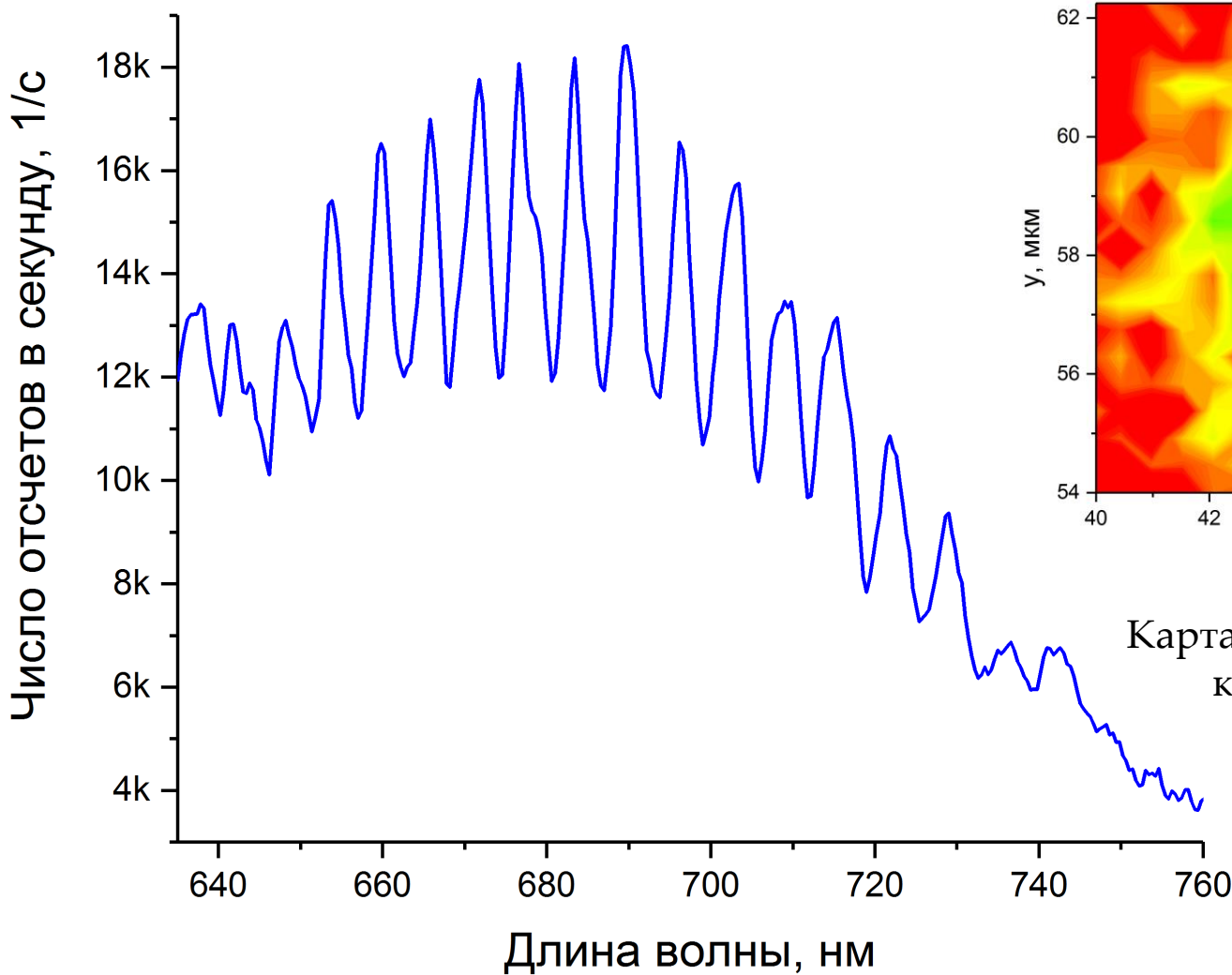
Спектр люминесценции алмазного кристаллита размером $2.5 \times 3.5 \text{ мкм}^2$
вне резонатора

Результаты измерений и обсуждение

Спектр люминесценции алмазного кристаллита размером $2.5 \times 3.5 \text{ мкм}^2$, находящегося между плоскими участками зеркал резонатора



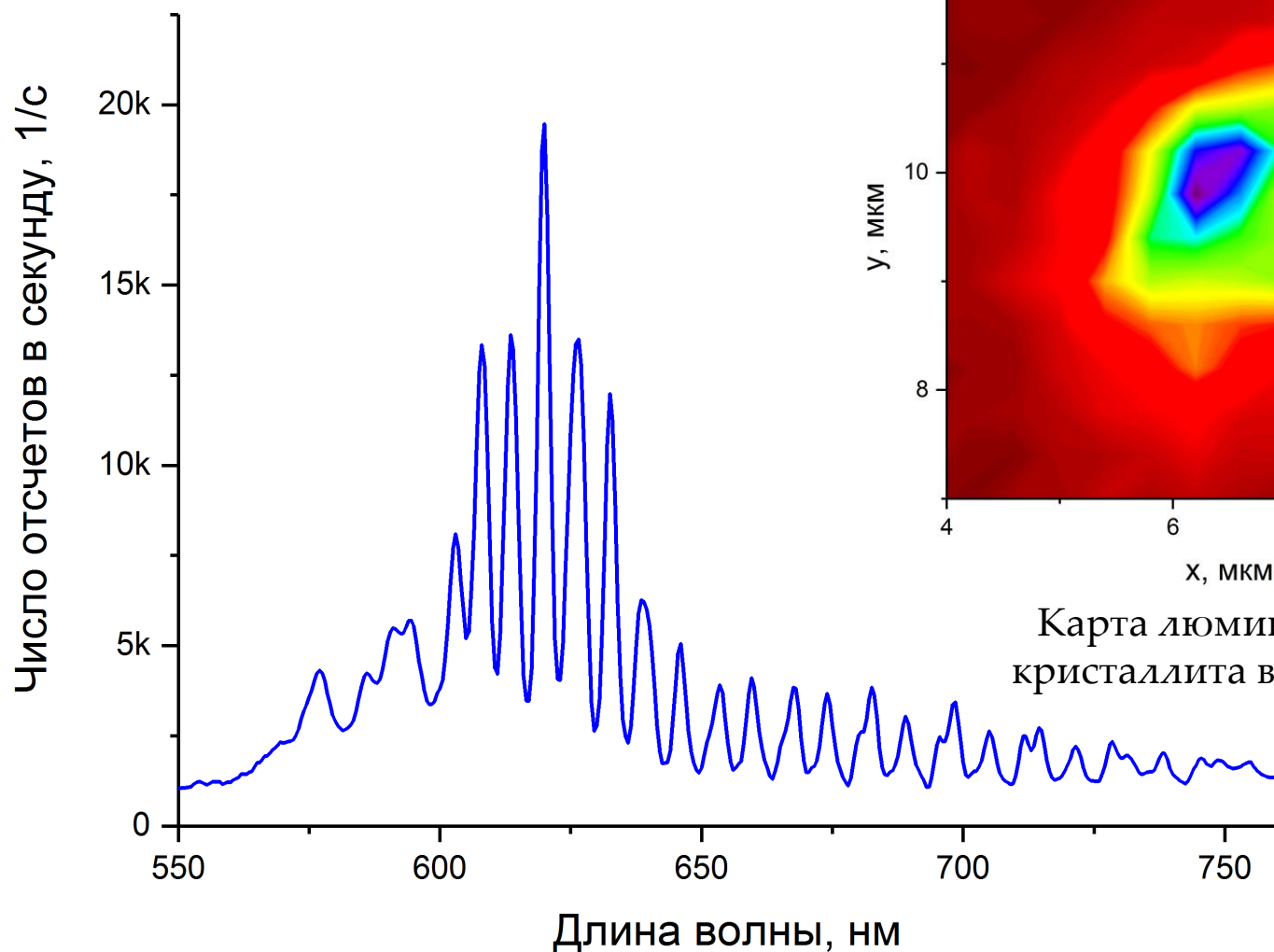
Результаты измерений и обсуждение



$$Q_{eff} = 192 \pm 4$$
$$F_p = 0.68 \pm 0.11$$
$$L_{eff} = 18.1 \pm 0.2 \text{ мкм}$$

Спектр люминесценции алмазного кристаллита размером $2.5 \times 3.5 \text{ мкм}^2$ на выходе из полуконцентрического резонатора

Результаты измерений и обсуждение



$$L_{eff} = 18.25 \pm 0.14 \text{ мкм}$$

$$Q_{eff} = 295 \pm 5$$

$$F_p = 1.19 \pm 0.11$$

Заключение

В результате проведенных работ было продемонстрировано увеличение скорости спонтанного излучения за счет повышения добротности и уменьшения модового объема. Последующий рост фактора Парселла может быть достигнут путем:

- уменьшения радиуса кривизны сферического углубления выходного зеркала
- использования алмазных кристаллитов меньшего размера

Спасибо за внимание!