

Управление излучением микродисковых лазеров с InAs/InGaAs квантовыми точками с помощью пространственно-неоднородного возбуждения

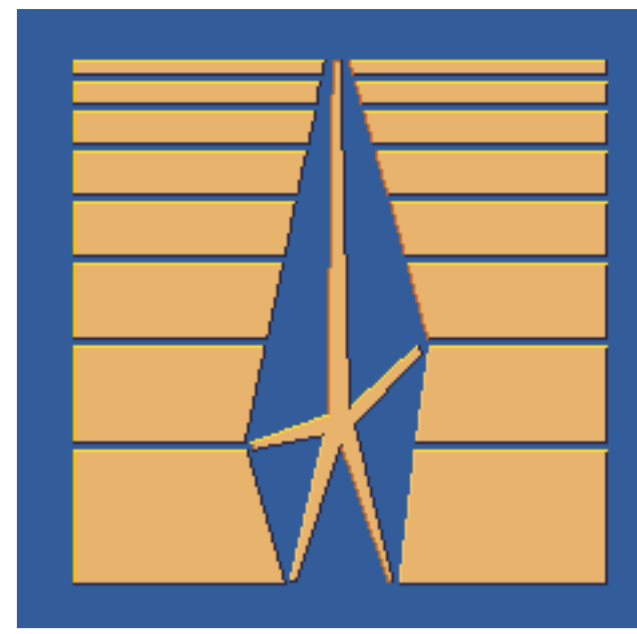
И. С. Махов^{1*}, А. А. Карборчев¹, Н.А. Фоминых¹, С.Д. Комаров¹, Н. А. Шандыба², Н. Е. Черненко², Ю.А. Салий³, М. С. Солодовник², Н. В. Крыжановская¹, А. Е. Жуков¹

¹НИУ «Высшая школа экономики», ул. Кантемировская, 3, Санкт-Петербург, 194100

²Южный федеральный университет, ул. Шевченко, 2, Таганрог, 347922

³ФТИ им. А.Ф. Иоффе, 194021, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 26

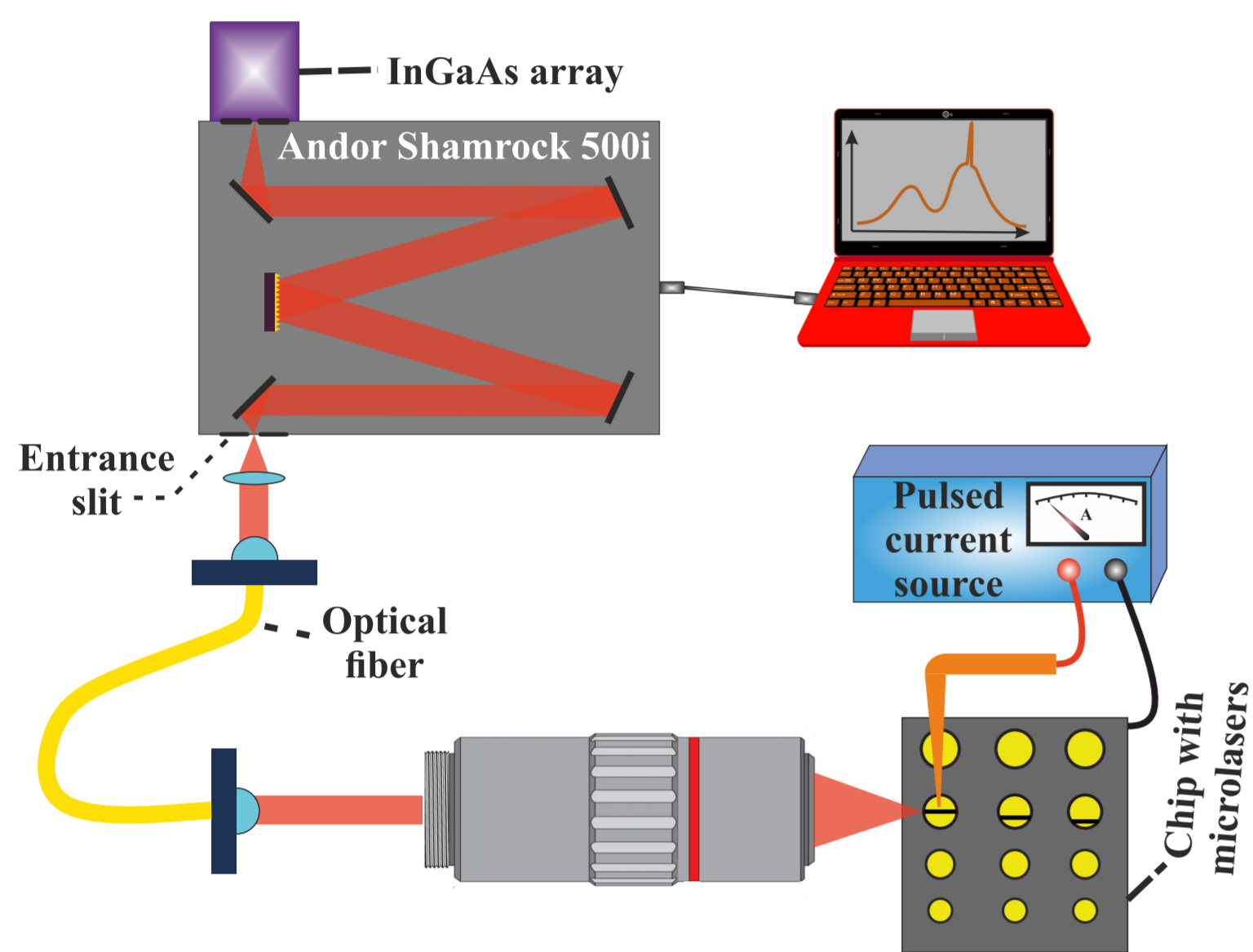
*imahov@hse.ru



В работе выполнены исследования излучательных характеристик микролазеров с квантовыми точками InAs/InGaAs/GaAs с дисковыми резонаторами различных размеров в условиях неоднородного электрического и оптического возбуждения. В результате неоднородного оптического возбуждения микролазеров обнаружен перескок длины волны генерации, связанный с переключением между лазерными модами при изменении возбуждаемой области резонатора. Неоднородное электрическое возбуждение, организованное посредством изменения площади верхнего электрического контакта микролазеров воздействием фокусированного ионного пучка, позволило изменять пороговые токи двухуровневой лазерной генерации. Таким образом, в работе показаны возможности переключения длин волн лазерной генерации при изменении геометрии оптической и электрической накачки, что может быть использовано для повышения пропускной способности оптических систем передачи данных.

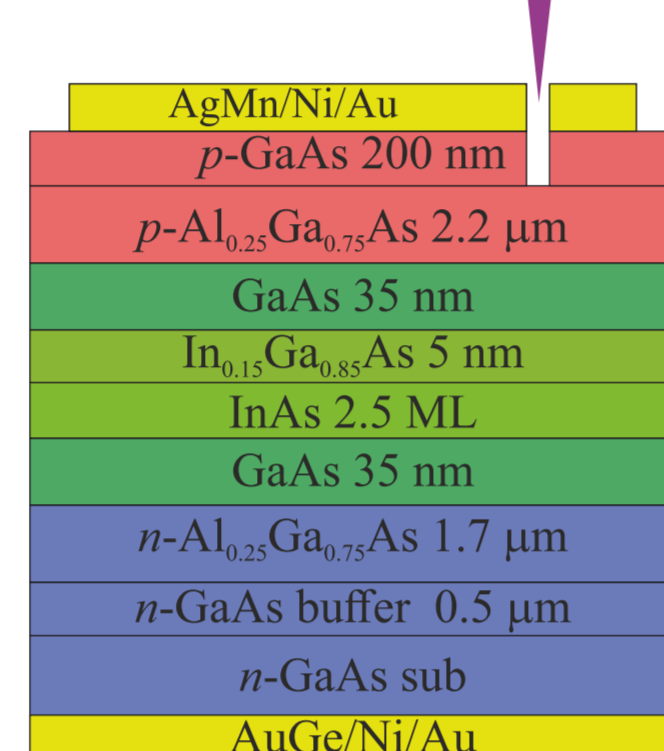
Неоднородное электрическое возбуждение - переключение между состояниями квантовых точек

Методика эксперимента

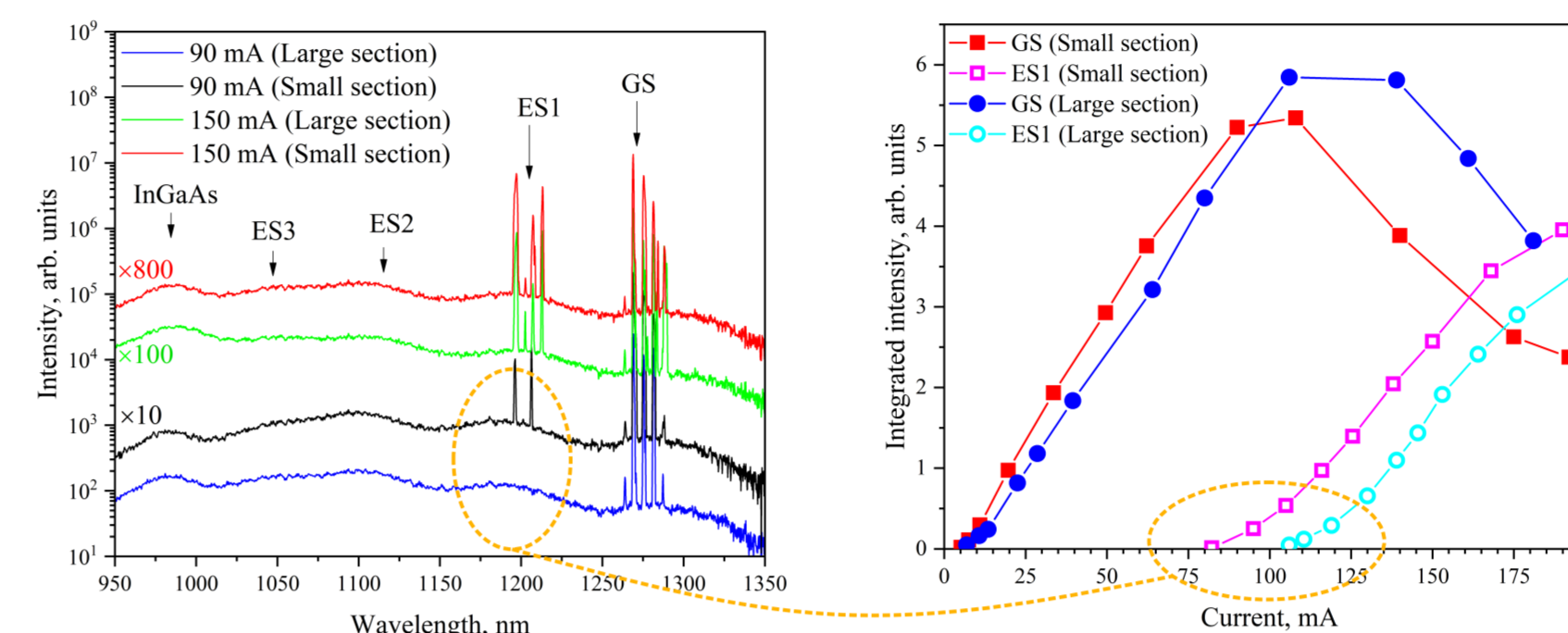


Образец

травление фокусированным ионным пучком, 10 кВ, 50 пА



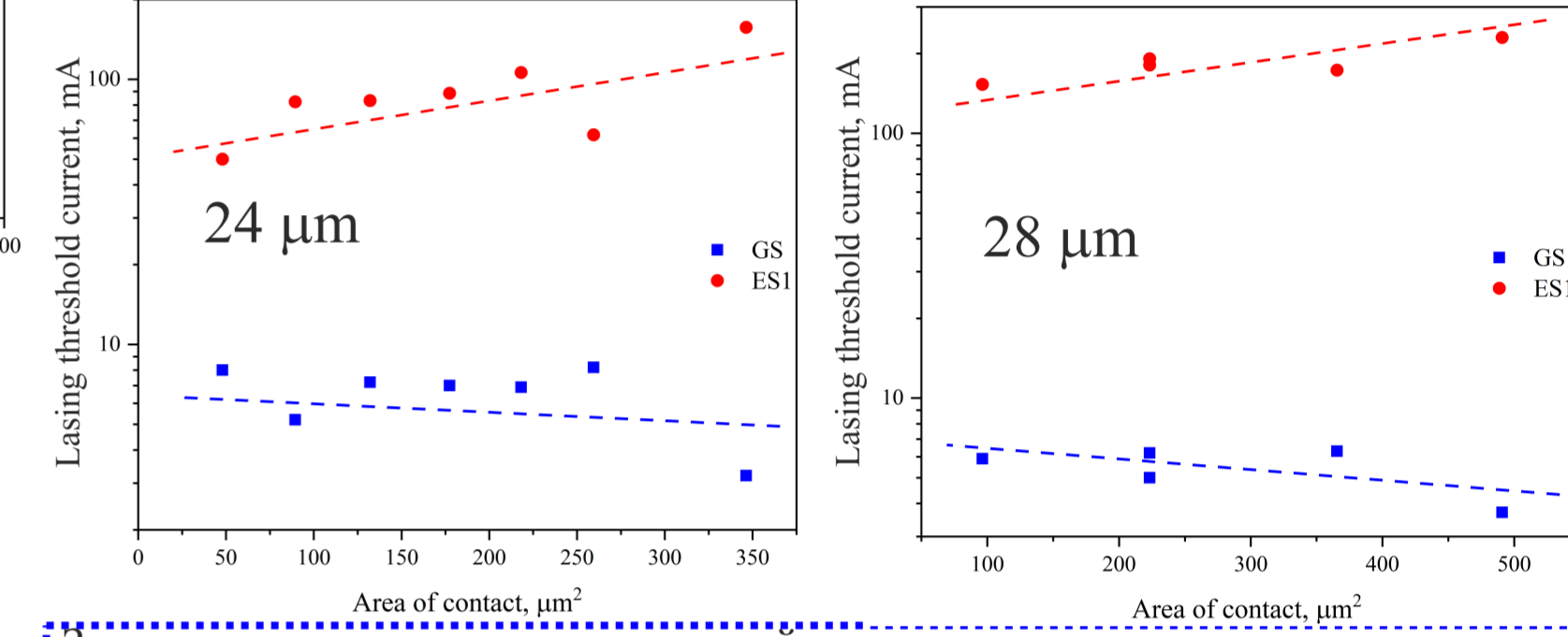
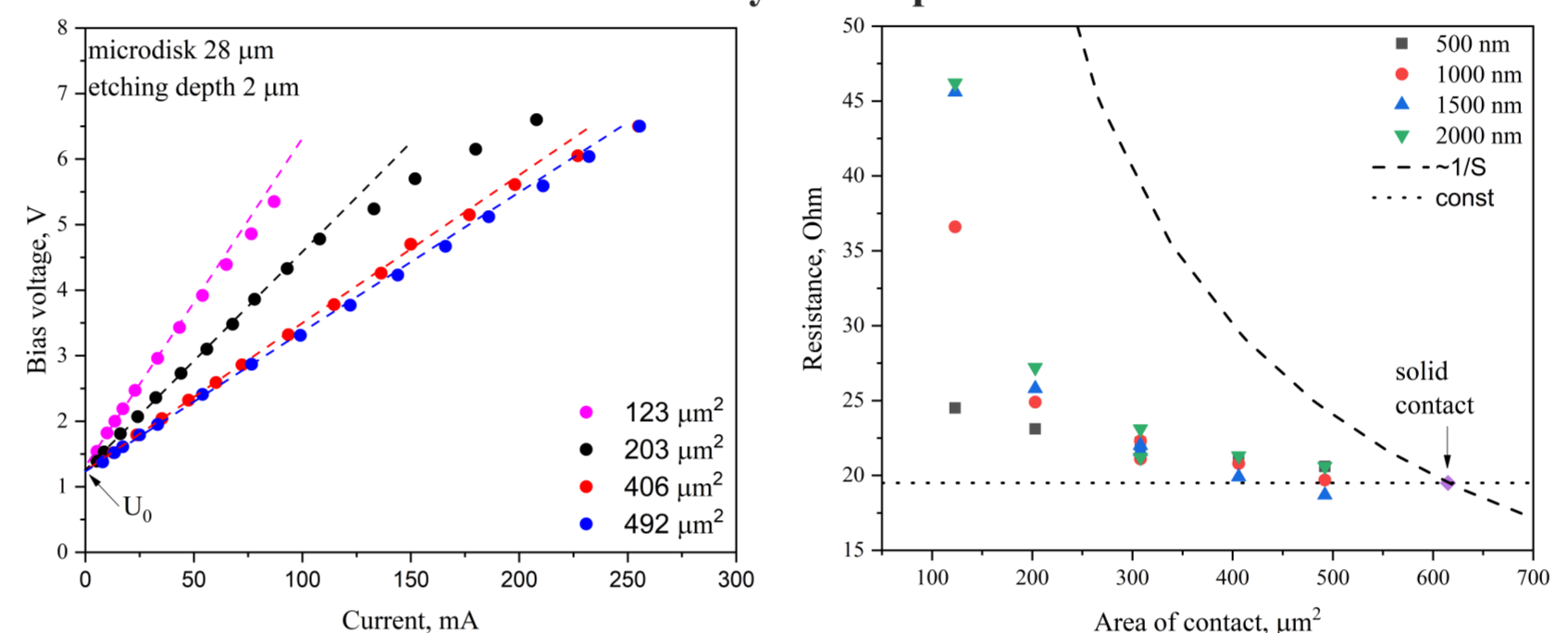
Экспериментальные результаты



Наблюдаемое изменение пороговых токов объясняется ростом внутренних потерь при прокачке контактов малой площади в силу того, что непрокачиваемые области микрорезонаторов вносят дополнительный вклад в поглощение из-за наличия незаселенных квантовых точек. Однако, в силу малой глубины травления фокусированным ионным пучком остается существенным влияние латерального растекания тока по верхнему p-эмиттеру.

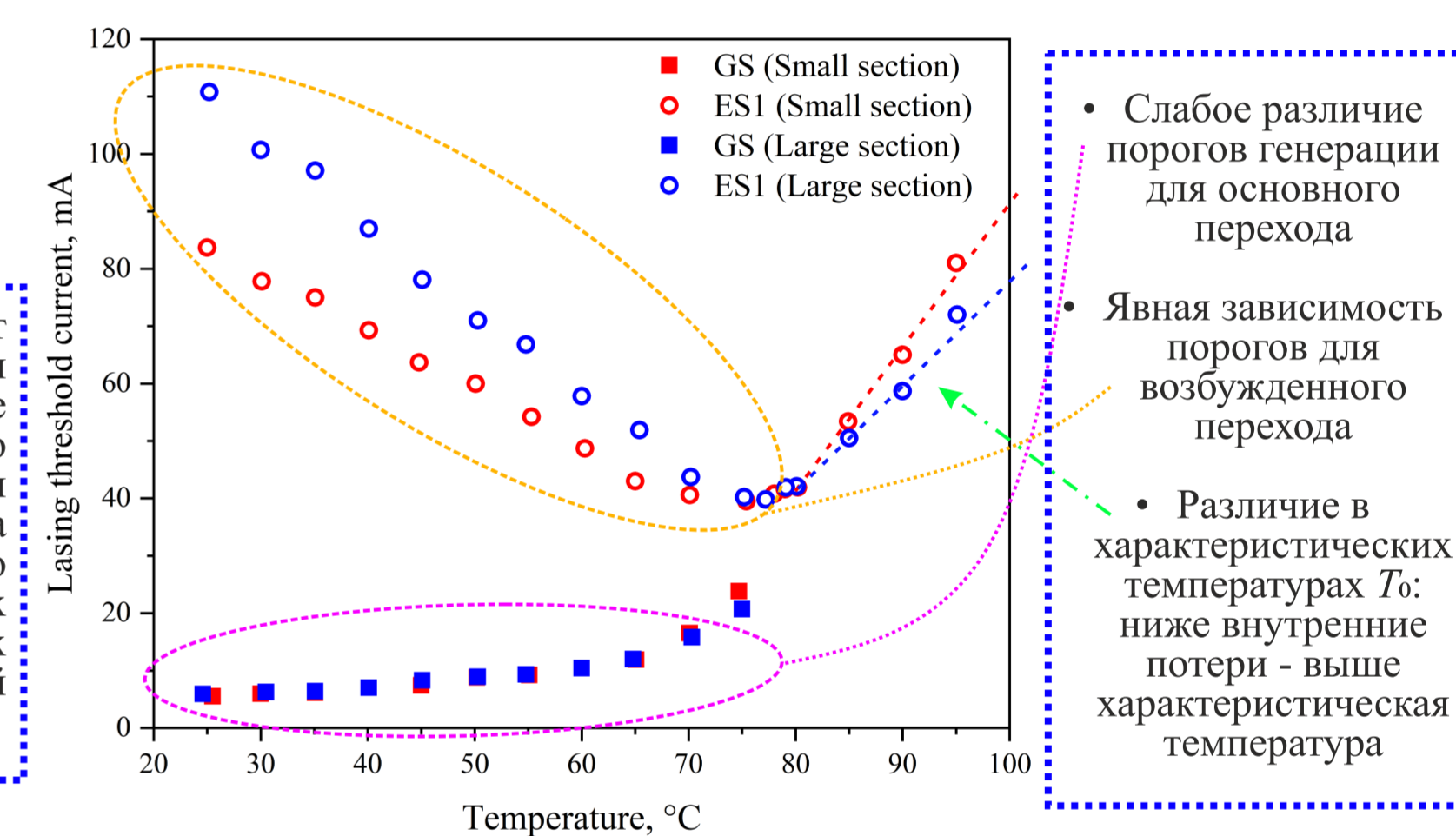
Различие в пороговых токах двухуровневой лазерной генерации при прокачке секций контактов различной площади в микролазере 24 мкм

Влияние глубины травления

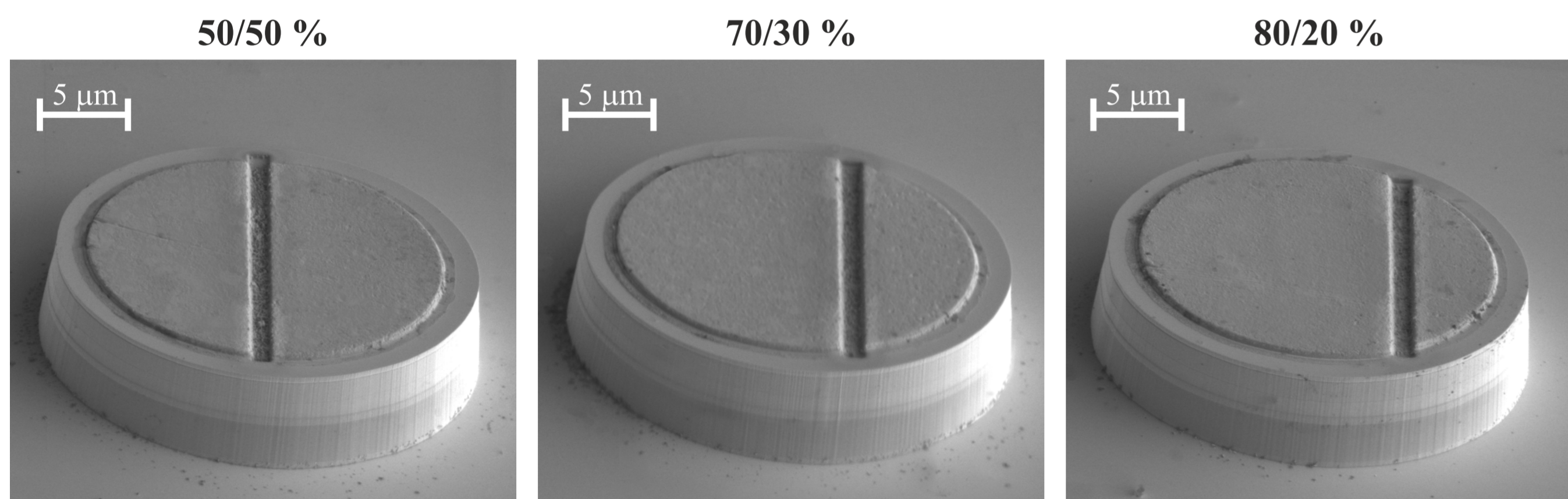


Зависимость порогового тока лазерной генерации проявляется для микродисков различного диаметра. Уменьшение площади контакта приводит к росту порогового тока GS генерации и спад порога двухуровневой генерации (ES1).

Температурная эволюция



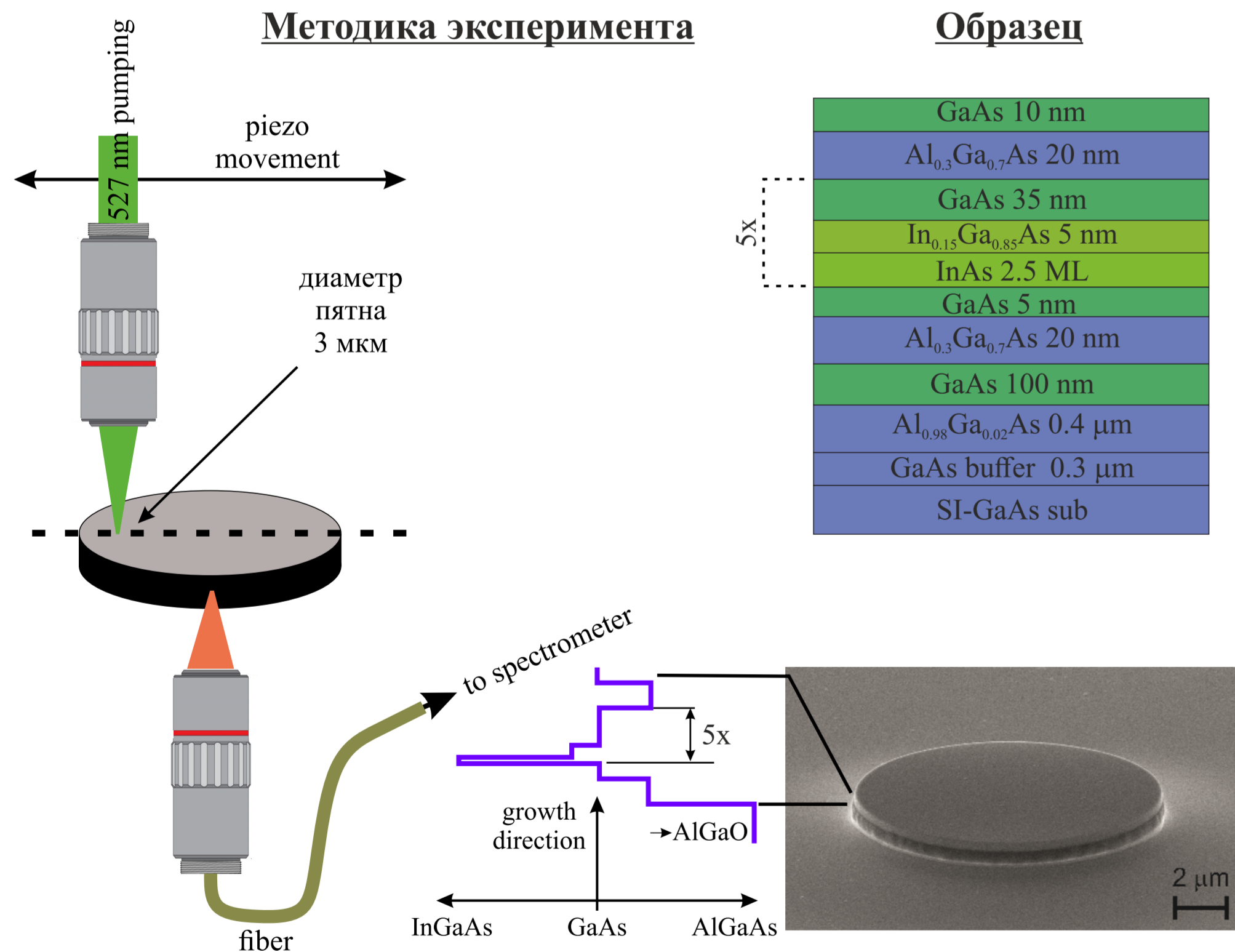
- Слабое различие порогов генерации для основного перехода
- Явная зависимость порогов для возбужденного перехода
- Различия в характеристических температурах T_c : ниже внутренние потери - выше характеристическая температура



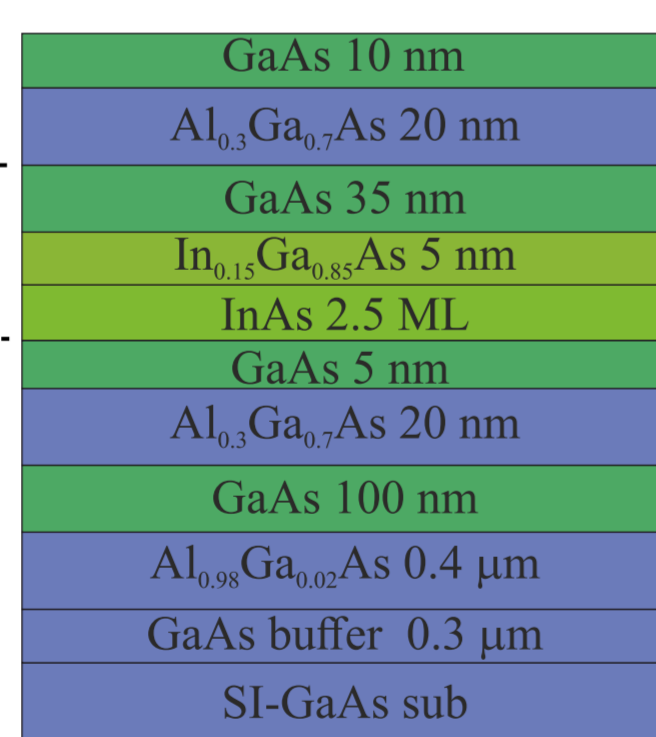
СЭМ изображения микродисковых лазеров диаметром 24 мкм с разделенным верхним электрическим контактом

Неоднородное оптическое возбуждение - переключение между модами дискового резонатора

Методика эксперимента

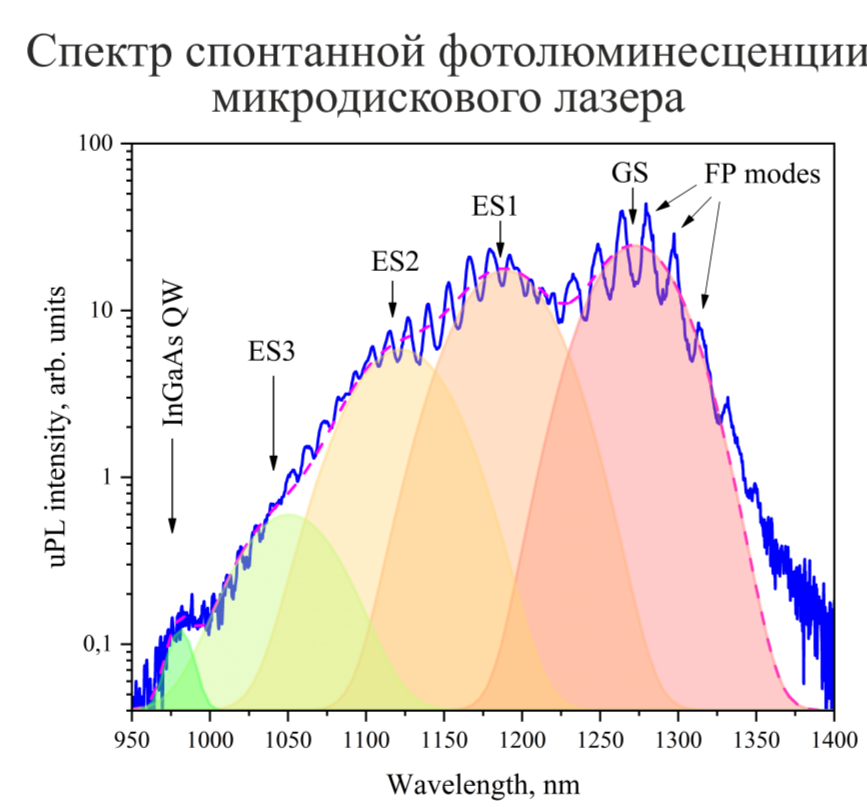


Образец

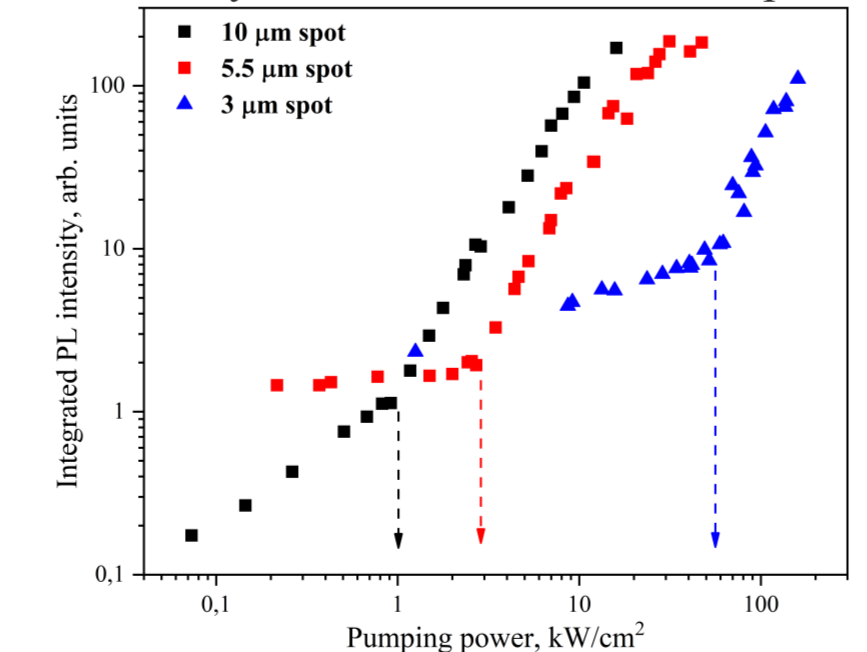


Экспериментальные результаты

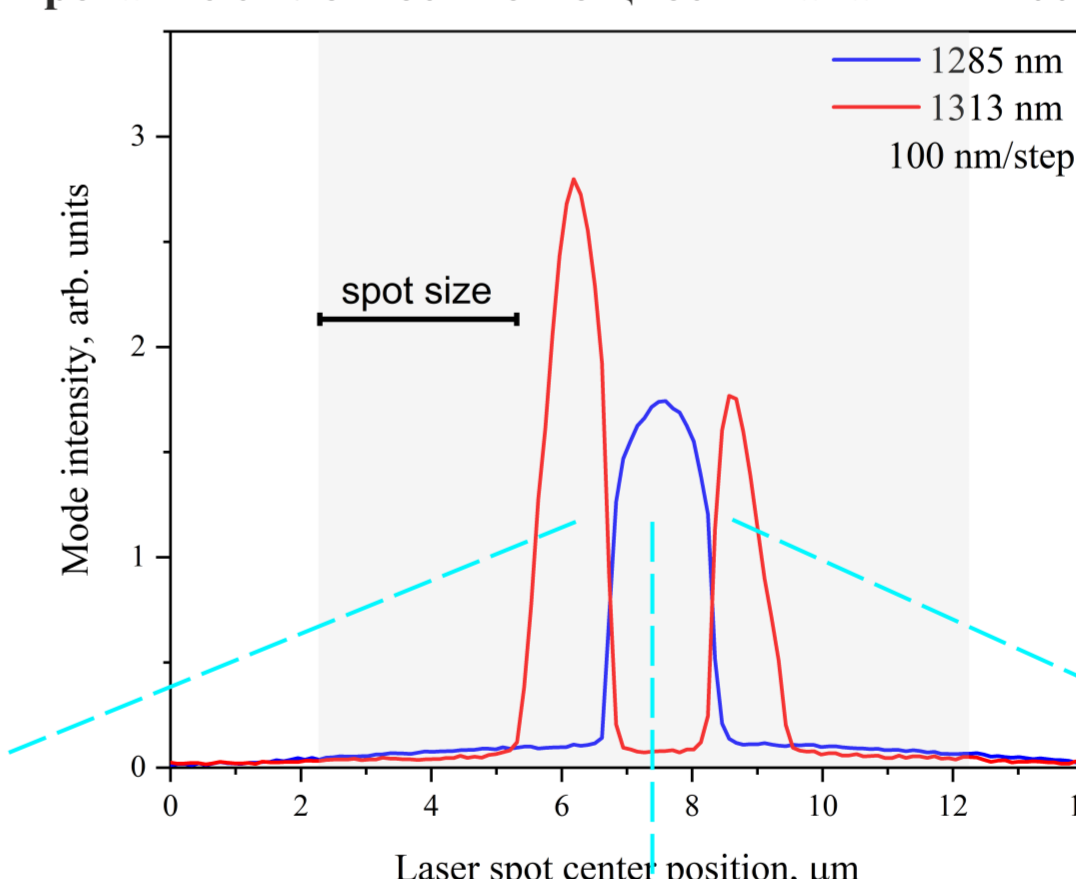
Сканирование с плотностью мощности накачки ~ 100 кВт/см²



Различный порог и спектры генерации при изменении условий засветки 10 мкм резонатора



- При смещении пятна накачки вдоль дискового резонатора лазера наблюдается переключение лазерной генерации между различными модами шепчущей галереи
- Такое переключение может быть объяснено различным уровнем потерь для различных мод, которые имеют различную пространственную конфигурацию электромагнитного поля
- Различный уровень потерь вызван неоднородным распределением носителей заряда по активной области микролазера вследствие малой длины латеральной диффузии в квантовых точках (~100nm)



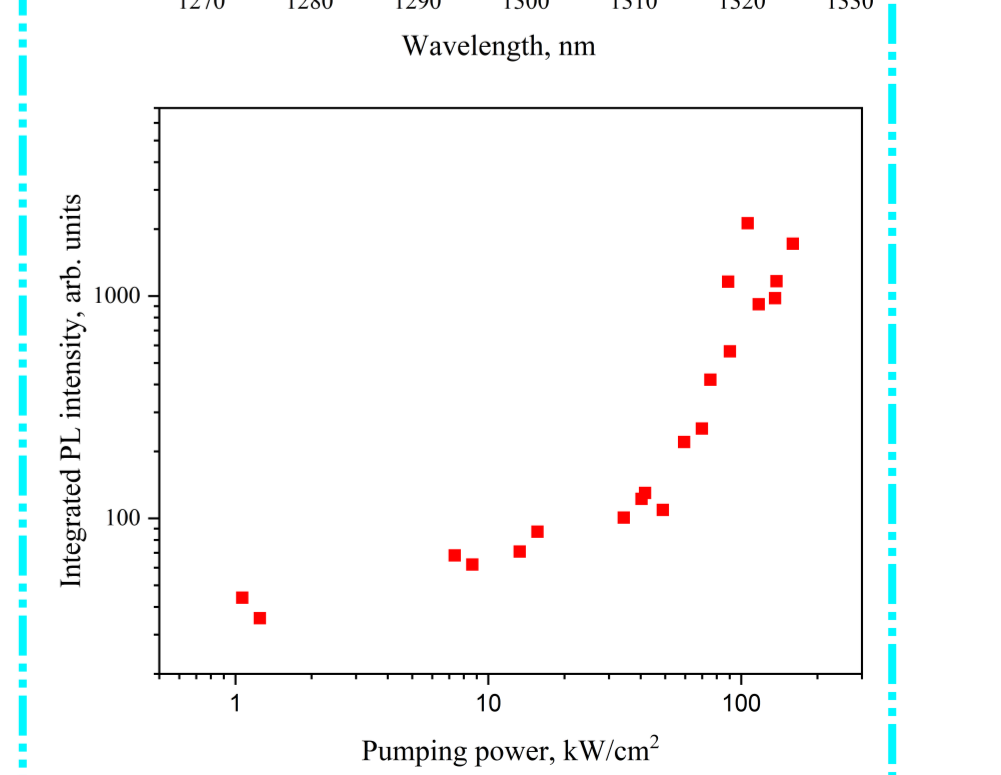
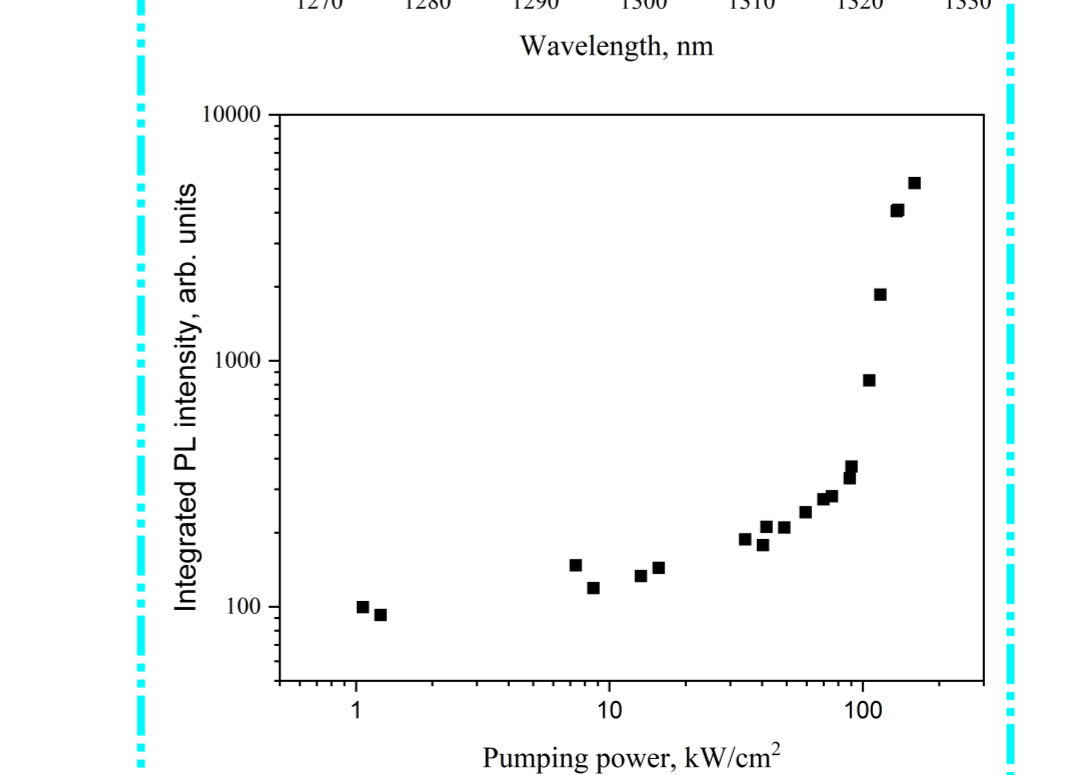
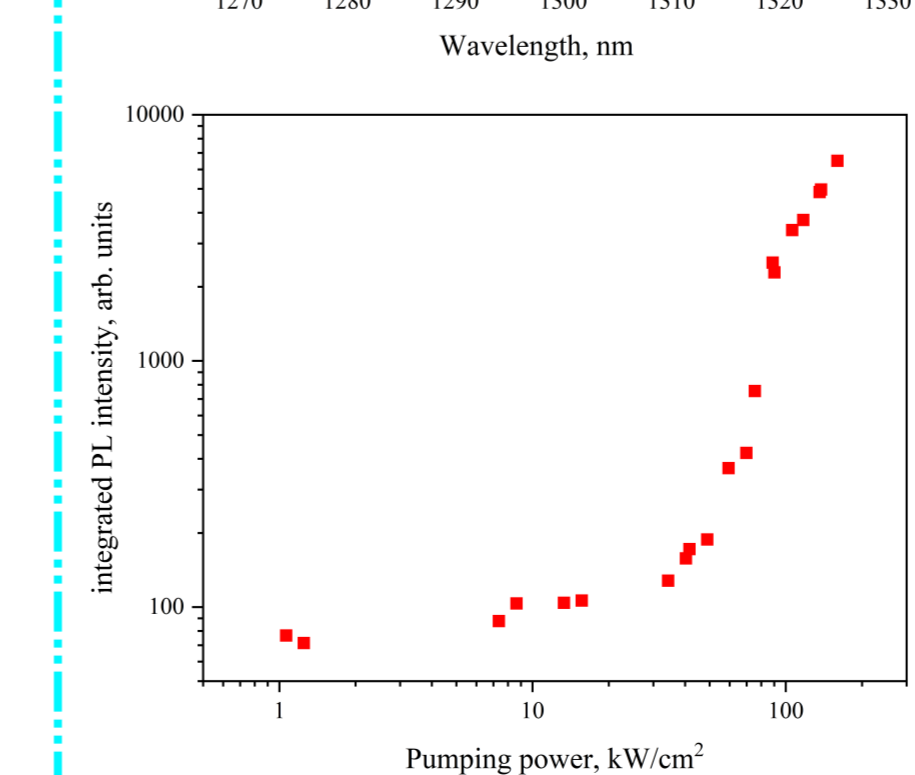
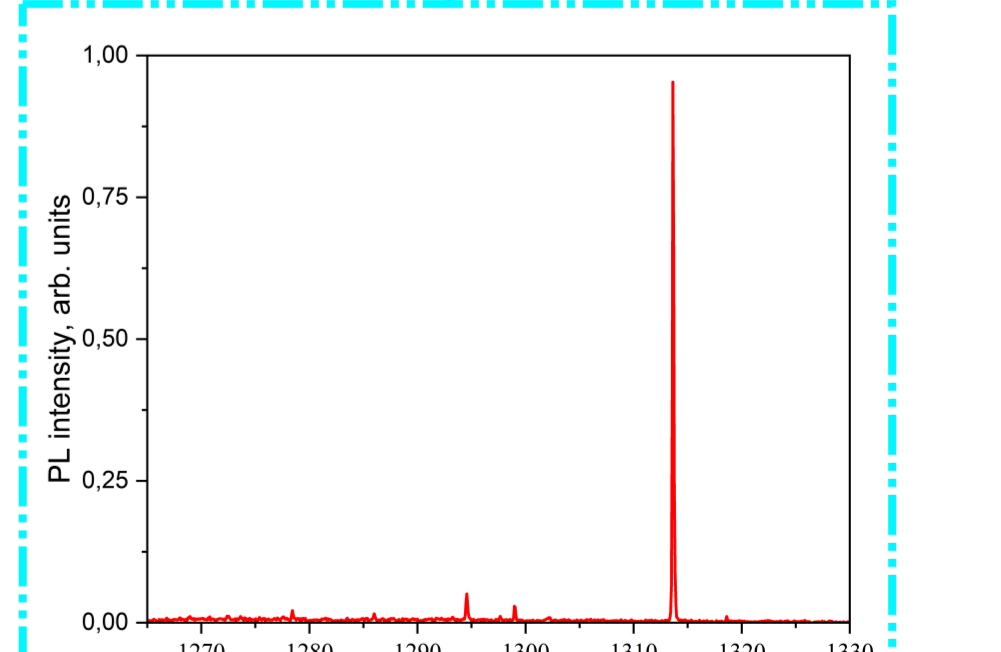
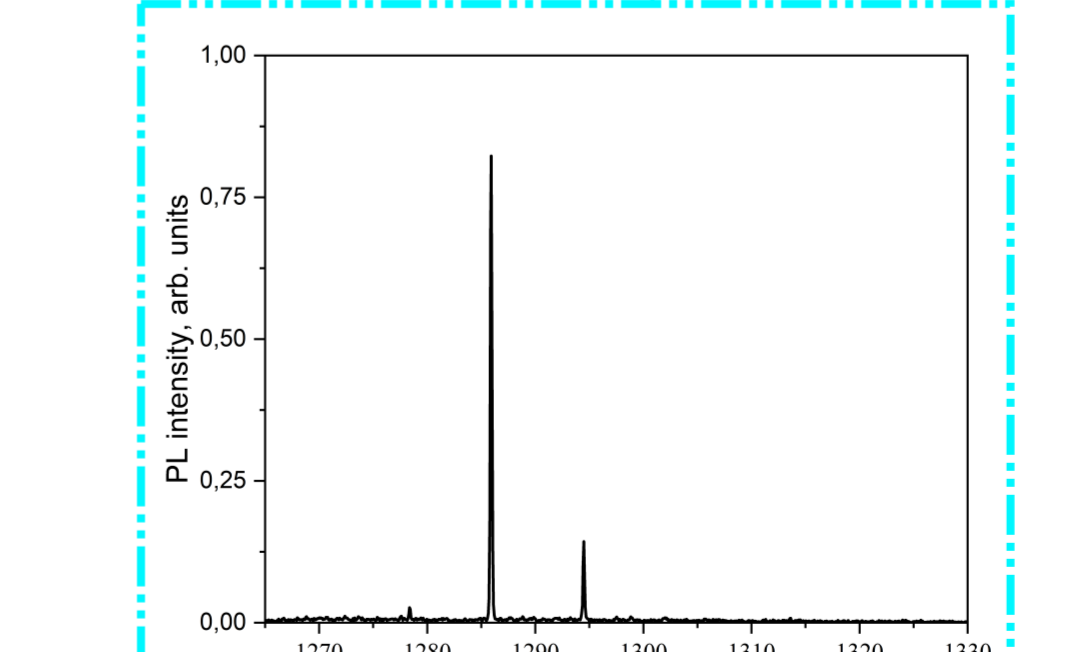
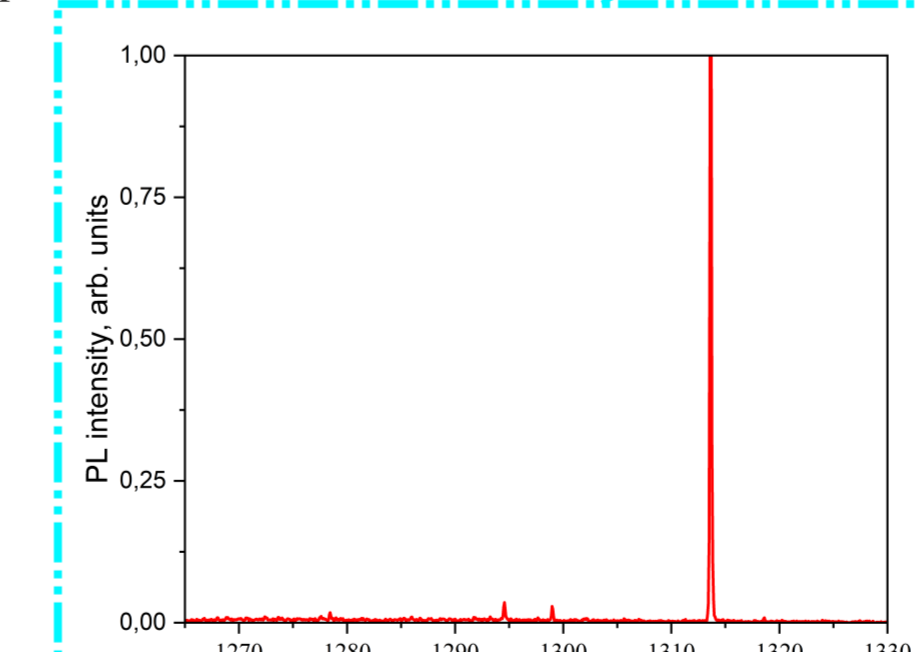
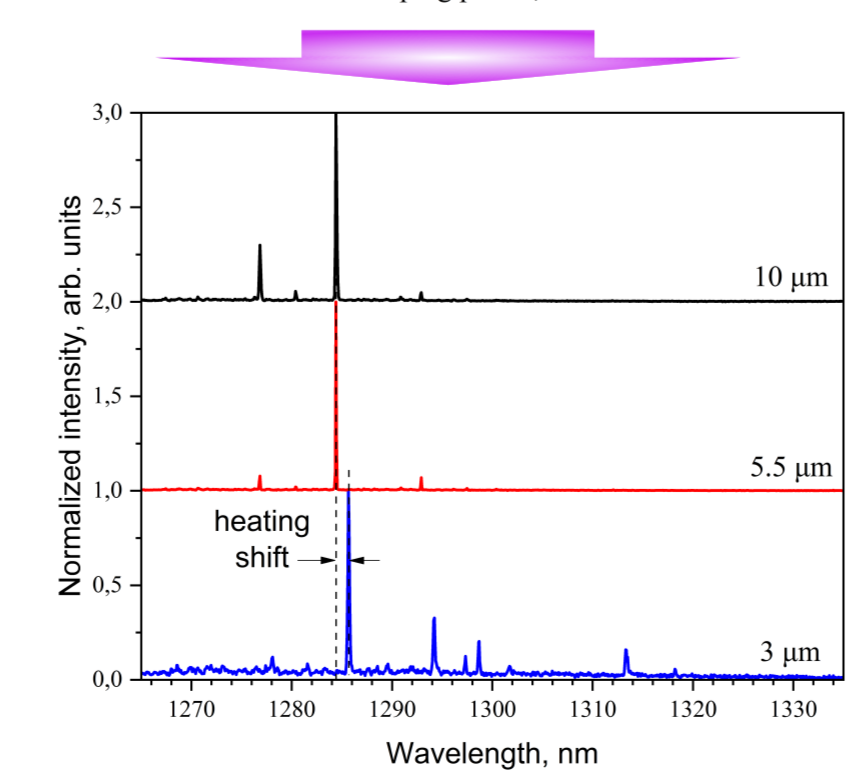
- диаметр резонатора $D \sim 10$ мкм
- $n \sim 3.4$
- $\text{exp vs theory } FSR_{\text{FP}} \sim 23.3 \text{ nm vs } 24.5 \text{ nm}$
- $\text{theory } FSR_{\text{WGM}} \sim 15.6 \text{ nm}$

Заключение

Таким образом, в работе показаны возможности переключения длин волн лазерной генерации при изменении геометрии оптической и электрической накачки, что может быть использовано для повышения пропускной способности оптических систем передачи данных. Работа выполнена при поддержке гранта РФФ № 22-72-00028.

Литература

[1] A.E. Zhukov, N.V. Kryzhanovskaya, E.I. Moiseev and M.V. Maximov // Light: Science & Applications. 2021. V. 10. 80.
 [2] A. Fiore, M. Rossetti, B. Alloing, C. Paranthoen, J.X. Chen, L. Geelhaar and H. Riechert // Physical Review B. 2004. V. 70. 205311.
 [3] I. Makhov, K. Ivanov, E. Moiseev, A. Dragunova, N. Fominykh, Y. Shernyakov, M. Maximov, N. Kryzhanovskaya and A. Zhukov // Photonics. 2023. V. 10. Num. 3. 23



Изменение диаметра пятна возбуждения и его латеральное расположение в плоскости микрорезонатора, позволяет получать лазерную генерацию на различных МШГ модах резонатора, которые располагаются спектрально в пределах одного оптического перехода КТ