

Полупроводниковая накачка лазеров на красителях

О.А. Бурдукова^{1,2}, В.А. Петухов^{1,2}, М.А. Семенов²

¹Московский физико-технический институт (государственный университет)

²Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН

Лазеры на красителях имеют множество приложений, таких как спектроскопия, зондирование атмосферы, разделение изотопов. Замена традиционных источников накачки красителей полупроводниковыми лазерами позволит реализовать низкое энергопотребление и компактность лазеров, а также снизить их стоимость. Основной проблемой при накачке полупроводниковыми лазерами является нехватка плотности мощности для возбуждения молекул красителя. Порог генерации обратно пропорционален произведению времени жизни в возбужденном состоянии на сечение усиления. Хотя сечения усиления у красителей довольно большие, но из-за малого времени жизни молекул в возбужденном состоянии для заметного усиления требуется порядка 1 МВт/см² при продольной накачке. Попытки осуществить накачку лазеров на красителях полупроводниковыми лазерами были, но до недавнего времени даже в лучших работах КПД не превышал 2% [1]. В 2015 году вышла работа [2], где дифференциальный КПД достигает 11% (краситель - DCM), но с резонатором не пригодным для перестройки длины волны и продольной схемой накачки, что ограничивает максимальное число используемых диодов всего лишь двумя.

Целью данной работы являлось создание стенда, проведение испытаний нескольких лазерных красителей с целью достижения лазерного эффекта при импульсном возбуждении голубыми полупроводниковыми лазерами и осуществление перестройки длины волны генерируемого излучения.

Накачка активной среды осуществлялась тремя 3.5 Вт голубыми (445 нм) диодами. Длительность импульсов накачки составляла 200 нс. Чтобы избежать термооптических искажений в растворе красителя, частота следования устанавливалась около 2 Гц. Оптимальной для диодной накачки была выбрана поперечная схема с полным внутренним отражением генерируемого излучения в кювете с красителем и частичной компенсацией астигматизма в трехзеркальном резонаторе. Такая схема позволяет увеличить число лазеров накачки, а также не требует сильной фокусировки излучения накачки в тангенциальной плоскости. В качестве растворителя использовался бензиловый спирт.

Создан перестраиваемый лазер на красителе с диодной накачкой (рис.1). Селекция длины волны осуществлялась интерференционно-поляризационным фильтром (ИПФ) Лيو: двулучепреломляющая пластинка из кристаллического кварца и стеклянная стопа (стекло К-8), установленные под углом Брюстера внутри резонатора. Роль частичных поляризаторов в такой схеме выполняют наклонные грани пластины и стопы. Перестройка длины волны генерации осуществлялась поворотом ИПФ в плоскости преломляющих поверхностей. Представленный лазер на красителе генерирует в зеленой и красной областях. Перестроечные кривые для лучших красителей представлены на (рис.2а). Получены области перестройки от 40 нм до 100 нм на одном красителе, в диапазоне длин волн от 510 нм до 700 нм.

Измерены генерационные характеристики ряда лазерных красителей, в том числе и впервые синтезированных, в широкополосном резонаторе (без ИПФ Лيو в компенсирующем плече) при оптимальных коэффициентах отражения выходных зеркал (рис.2б). В этой конфигурации получены рекордные значения дифференциальных КПД для лазерных красителей с полупроводниковой накачкой: кумарин 334 (10.9%), кумарин 540А (18.0%), DCM (17.3%) и LD-halcon (12.5%).

Работа выполнена при финансовой поддержке Президиума РАН, программа «Фундаментальные и прикладные проблемы фотоники и физика новых оптических материалов» (1.25П), а также Учебно-научного комплекса ФИАН.

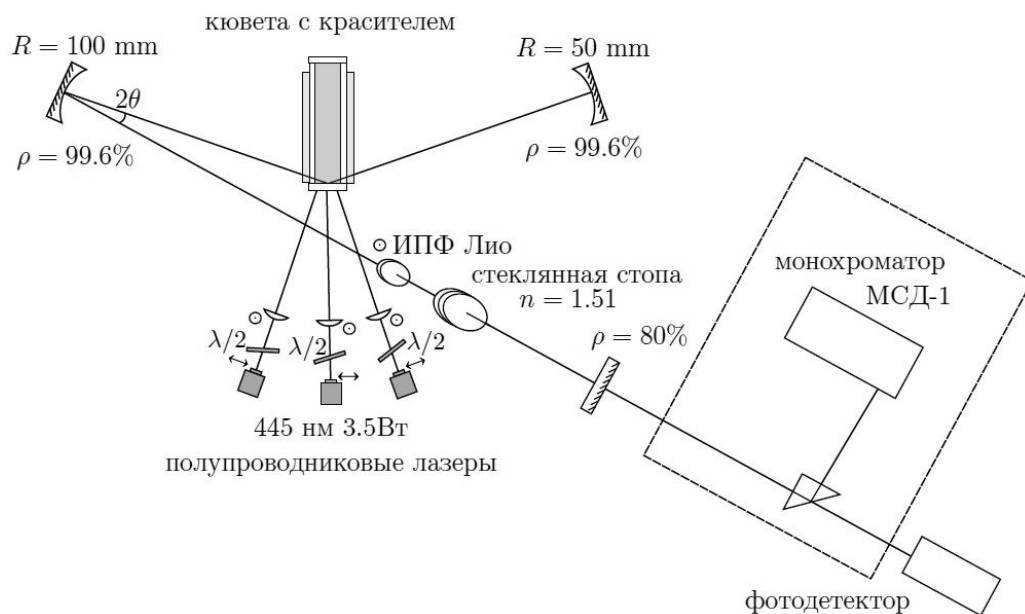


Рис. 1. Схема селективного трехзеркального резонатора с частичной компенсацией астигматизма.

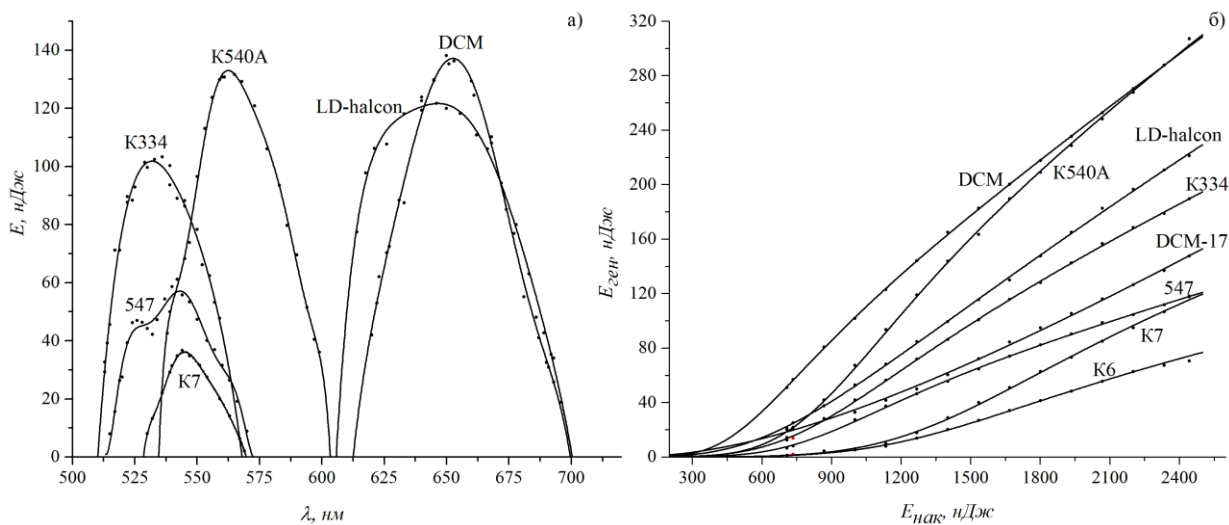


Рис. 2. а) Зависимость энергии генерации красителей от длины волны в селективном резонаторе при энергии накачки 2.4 мкДж. б) Зависимости энергии генерации красителей от энергии накачки в широкополосном резонаторе.

Литература

1. *Scheps R.* Near-IR dye laser for diode-pumped operation // *IEEE J. Quantum Electron.* 1995. V. 31. P 126-34.
2. *Zhao Z., Mhibik O., Nafa M., Chenais S. and Forget S.* High brightness diode-pumped organic solid-state laser // *Appl. Phys. Lett.* 2015. V. 106. P. 051112.