

Плазмонные резонаторы для инжекционных нанолазеров

Н.С. Стерликова

Московский физико-технический институт (государственный университет)

Интеграция лазера на чипе делает возможным использование его как элемента оптической интегральной схемы, что в будущем позволит использовать оптические компоненты в микропроцессорах. Однако, чтобы сделать это эффективно, необходимо преодолеть фундаментальное ограничение, которое налагает дифракция на все оптические компоненты, а именно: размеры компонентов не могут быть меньше величины порядка λ . Накладывается и другое существенное ограничение связанное с конфигурацией лазера: для создания практических компонентов на чипе представляет интерес электрическая накачка, поэтому металлические контакты – это обязательный элемент конфигурации лазера. Первый шаг на пути к интеграции лазеров был сделан в 2007г. [1], когда был продемонстрирован первый полупроводниковый нанолазер с металлическим покрытием. В представленном нанолазере металлической оболочке отведена двойная роль: во-первых один из контактов используется для осуществления электрической накачки, во-вторых металлическая оболочка ограничивает размер оптической моды резонатора. Тем не менее, несмотря на наличие металлического контакта, достигнуть размеров лазера меньше дифракционного ограничения не удалось. Последующие модификации компактных лазеров демонстрировали сравнимые характеристики [2]. На сегодняшний день эта проблема остается актуальной и требует новых подходов к ее решению. Одним из них является использования плазмонных нанорезонаторов [3-5].

Данный доклад посвящен обсуждению свойств плазмонных резонаторов для инжекционного нанолазера и нахождению их оптимальной конфигурации. Эта задача имеет ряд особенностей: 1) необходимо обеспечить высокую добротность, 2) размер резонатора должен быть меньше дифракционного предела, 3) конфигурация лазера должна быть воспроизводима, т.е. должна учитывать современные стандарты производства в микроэлектронике.

В докладе будут представлены схемы плазмонных нанорезонаторов и их основные характеристики полученные методом конечных элементов с помощью пакета Comsol Multiphysics (рис. 1). В заключении будут представлены результаты выполненного анализа, целью которого является нахождение оптимальной конфигурации.

Литература.

1. Hill M.T., Oei Y.S., Smalbrugge B., Zhu Y.C., Veries T.D. et al. Lasing in metallic-coated nanocavities. Nature Photonics. – 2007. V. 1 – P. 589–594.
2. Ding K., Hill M. T., Liu Z. C., Yin L. J., van Veldhoven P. J., and Ning C. Z. Record performance of electrical injection sub-wavelength metallic-cavity semiconductor lasers at room temperature. Optics Express. – 2013. N. 21 – P. 4728-4733.
3. Zhang X., Bartal G., Sorger V. J., Oulton R. F., Ma R. Room-temperature sub-diffraction-limited plasmon laser by total internal reflection. Nature Materials. – 2011. N. 10. – P. 110-113.
4. Kwon S. Deep subwavelength plasmonic whispering-gallery-mode cavity. Optics Express. – 2012. V. 20. N. 22. – P. 24918-24924.
5. Kwon S., No Y., Park H. Design of plasmonic cavities. Nano Convergence. – 2014. N. 1–8.

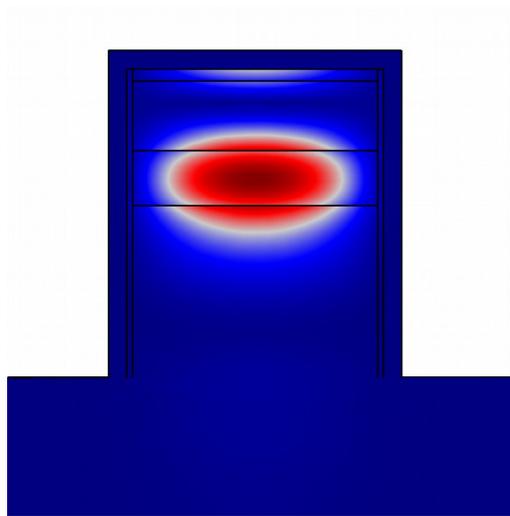


Рис. 1 Распределение модуля электрического поля основной моды нанолазера. Длина волны излучения 1.55 мкм, размеры устройства 1.15 мкм (W) × 1.39 мкм (L) × 1.7 мкм (H). Локализация поля в активной среде (InGaAs) составляет 65 %