

Нелинейные свойства ТГц излучения полупроводникового микрорезонатора

И. Г. Савенко^{1, 2}, И. А. Шелых^{2, 3}, М. А. Калитеевский^{1, 4}

¹Санкт-Петербургский академический университет, Санкт-Петербург, Россия
тел: (904) 518-79-57, эл. почта: Ivan.G.Savenko@gmail.com

²Университет Исландии, Рейкьявик, Исландия

³Международный Институт Фундаментальной Физики, Натал, Бразилия

⁴ФТИ им. А. Ф. Иоффе, Санкт-Петербург, Россия

Терагерцовый (ТГц) диапазон частот до сих пор является неохваченным современными технологиями ввиду отсутствия твердотельного источника излучения, который был бы компактным, надёжным и одновременно подстраиваемым. Фундаментальной причиной, препятствующей созданию такого источника, является малость скорости спонтанного излучения ТГц фотонов: согласно золотому правилу Ферми, скорость спонтанной эмиссии составляет десятки обратных миллисекунд, однако время жизни носителей в твёрдом теле обычно лежит в пикосекундном диапазоне ввиду эффективного рассеяния на акустических фоновых [1].

Однако скорость спонтанной эмиссии может быть существенно увеличена за счёт эффекта Парселла, если ТГц микрорезонатор поместить в другой одномодовый резонатор, настроенный на ТГц частоту [2]. Но даже в этом случае приходится иметь дело с криогенными температурами для получения квантовой эффективности около 1% (для многокаскадной структуры).

Тогда было предложено [3] следующее решение: скорость спонтанного излучения ТГц фотонов может быть увеличена посредством бозонной стимуляции при излучательном переходе в основное состояние (конденсат). Такой переход, например, возможен между верхней и нижней поляритонными ветками дисперсии в полупроводниковом микрорезонаторе. Однако этот переход является запрещённым (матричный элемент равен нулю). Чтобы его разрешить, можно, например, верхнее состояние сделать гибридным, добавив в систему ещё один уровень экситона с отличной от «поляритонного» экситона чётностью. Тогда усиление спонтанной эмиссии посредством эффекта Парселла вместе с бозонной стимуляцией позволит на несколько порядков увеличить скорость спонтанной эмиссии и преодолеть рассеяние на акустических фоновых.

Хорошо известно, что сильное поляритон-поляритонное взаимодействие в микрорезонаторе позволяет наблюдать много интересных нелинейных эффек-

тов даже при невысоком уровне накачки, а именно, сверхтекучесть, би- и мультистабильность, образование солитонов и др. Разумно предположить, что поляритон-поляритонное взаимодействие окажет и сильное влияние на поведение ТГц фотонов. К сожалению, квазиклассический подход, основанный на решении уравнения Больцмана [3], не позволяет должным образом описать когерентное взаимодействие ТГц фотонов с поляритонами, и возникает необходимость использовать более точный, полностью квантовый подход, предложенный нами [4].

Работа, описываемая в настоящих тезисах, посвящена как раз построению такого формализма, учитывающего следующие процессы, протекающие в микрорезонаторе: когерентное взаимодействие поляритон-ТГц фотон, поляритон-поляритонное взаимодействие, приводящие к "синему сдвигу" (англ. blueshift) поляритонных мод и некогерентные процессы рассеяния на акустических фонах (взаимодействие с поляритонным резервуаром). В результате возникает возможность не только получить бистабильность (с гистерезисом) на пороговой характеристике (зависимости числа фотонов от накачки верхней поляритонной ветки), но и моделировать устройство ТГц переключателя (из состояния в котором число ТГц фотонов мало в состояние с большим числом фотонов).

Литература

1. I. A. Shelykh et al, Phys. Rev. B 83, 165316 (2011).
2. Y. Chassagneux et al, Nature 457, 174-178 (2009).
3. K. V. Kavokin et al., Appl. Phys. Lett. 97, 201111 (2010).
4. I. G. Savenko et al., arXiv:1103.1336, в печати в Phys. Rev. Lett.