Циркулярно-поляризованное излучение полупроводникового лазера с электрической накачкой

Максимов А.А.¹, Филатов Е.В.¹, Тартаковский И.И.¹, Кулаковский В.Д.¹, Тиходеев С.Г.^{2,3}

¹ Институт физики твердого тела РАН, 142432, г. Черноголовка, ул. Академика Осипьяна, 2

² МГУ им. М.В.Ломоносова, ул. Ленинские горы, д. 1, г. Москва, 119991.

³ Институт общей физики им. А.М.Прохорова РАН, ул. Вавилова, д. 38, г. Москва, 119991

DOI 10.34077/Semicond2019-407

Относительно недавно была продемонстрирована возможность создания поляритонного лазера с электрической накачкой на основе полупроводникового микрорезонатора с легированными брэгговскими зеркалами [1]. Были изготовлены и исследованы лазерные структуры на основе 228 нм λ -микрорезонатора $\text{Al}_{0.40}\text{Ga}_{0.60}\text{As}$, в центре которого в пучности электрического поля расположены четыре GaAs квантовые ямы шириной 7 нм, разделенные 4 нм $\text{Al}_{0.40}\text{Ga}_{0.60}\text{As}$ барьерами. Нижнее брэгговское зеркало микрорезонатора состояло из 27 допированных кремнием пар слоев $\text{AlAs}/\text{Al}_{0.20}\text{Ga}_{0.80}\text{As}$, а верхнее из 23.5 таких пар слоев, допированных углеродом.

Отдельный лазер представлял собой параллелепипед с основанием размером $60 \times 60 \text{ мкм}^2$. На верхнем зеркале такого лазера внутри площади, ограниченной золотым кольцевым контактом, размещался фотонный кристалл размером $36 \times 36 \text{ мкм}^2$, который был образован за счет вытравливания микроотверстий на глубину пяти полных верхних слоев AlAs и 4.5 слоев $\text{Al}_{0.20}\text{Ga}_{0.80}\text{As}$. Элементарная ячейка фотонного кристалла состояла из микроотверстий с основаниями в виде 4-х вытянутых прямоугольников с соотношением сторон 1:2 и повернутых на 90° влево или вправо относительно друг друга. Линейный размер длинной стороны прямоугольника изменялся в диапазоне 256 – 280 нм, а период фотонного кристалла составлял 880 нм. Фотолюминесценция в подобных образцах может обладать высокой степенью циркулярной поляризации в нулевых магнитных полях [2].

Для возбуждения генерации к каждому отдельному лазеру прикладывалось импульсное напряжение величиной до $\sim 75 \text{ В}$. Длительность прямоугольных импульсов возбуждения составляла $\sim 1 \text{ мкс}$, частота следования 10 – 100 кГц. При увеличении импульсного тока, текущего через образец линейная зависимость интенсивности линии излучения сменялось резким сверхлинейным ростом (см. пример на верхнем рисунке). При этом наблюдалась также спектральная сдвигка линии генерации лазера на величину $\sim 1.5 \text{ мэВ}$ (нижний рисунок) и сужение ее углового пространственного распределения до $\sim 1.5 - 2^\circ$. Спектральная ширина линии лазерной генерации уменьшалась до величин $\sim 40 \text{ мэВ}$, а степень ее циркулярной поляризации могла достигать величин более 60 % (вставка на верхнем рисунке). Таким образом, впервые продемонстрирована циркулярно-поляризованная генерация полупроводникового лазера с электрической накачкой на основе микрорезонатора с периодической хиральной квадратной решеткой на верхнем брэгговском зеркале.

Работа частично поддержана проектами РФФИ № 19-02-00697 и № 16-29-03283.

[1] C. Schneider, A. Rahimi-Iman, N. Y. Kim et al., *Nature*, **497**, No. 7449, 348-352 (2013).

[2] A. A. Maksimov, I. I. Tartakovskii, E. V. Filatov et al., *Physical Review B*, **89**, 045316 (2014).