

УДК 535.8

DOI: 10.17223/00213411/63/1/154

*А.А. ИСАКОВА¹, К.Н. САВИНОВ¹, Н.Н. ГОЛОВИН¹, К.М. САБАКАРЬ¹, А.К. ДМИТРИЕВ¹, А.А. РУНДАУ²***КОМБИНИРОВАННАЯ СВЧ- И ВЧ-МОДУЛЯЦИЯ ТОКА ИНЖЕКЦИИ ДИОДНОГО ЛАЗЕРА ДЛЯ МНОГОЧАСТОТНОЙ НАКАЧКИ КПН-РЕЗОНАНСОВ***

Обнаружены режимы генерации диодного лазера, при которых на каждой из боковых полос зарегистрирована разрешенная ВЧ-структура и достигнуто равенство интенсивностей боковых составляющих спектра, отстоящих друг от друга на частоту часового перехода в атоме рубидия-87.

Ключевые слова: источник накачки, КПН-резонанс, диодный лазер, ВЧ-модуляция, СВЧ-модуляция.

Введение

С момента создания мазеров и лазеров непрерывно ведутся работы по повышению стабильности квантовых стандартов частоты [1]. Одними из наиболее массовых являются рубидиевые часы на основе когерентного пленения населенностей (КПН) резонансов, которые были предсказаны в [2] и практически сразу же зарегистрированы в ячейке с атомами натрия [3].

В работе [4] было проведено сравнение параметров КПН-резонансов для переходов в атоме Rb и показано, что сверхтонкий переход $5S_{1/2}F_2 - 5S_{1/2}F_1$ основного состояния D1-линии изотопа рубидия-87 на длине волны 795 нм обладает минимальными световыми сдвигами и обеспечивает примерно в 10 раз более высокую интенсивность резонансов КПН по сравнению с использованием линии D2.

Наиболее распространенным источником накачки рубидиевых стандартов частоты в настоящее время являются полупроводниковые лазеры с вертикальным резонатором, преимущество которых заключается в низком уровне потребления энергии и малых габаритах [5], что позволяет эффективно модулировать спектр излучения этого лазера в широком интервале СВЧ-частот, в том числе и на частоте часового перехода. Ширина спектра подобных лазеров составляет величину порядка 50 МГц [6]. В то же время полупроводниковые лазеры с внешним резонатором обладают существенно меньшей шириной линии (порядка 60 кГц) [7], что позволит использовать их для создания комбинированного стандарта частоты оптического и СВЧ-диапазона.

В работе [8] осуществлена оптическая накачка КПН-резонансов в атомах рубидия при субгармонической синусоидальной частотной модуляции тока инжекции диодного лазера на частоте 1.139 ГГц с индексом модуляции 4.2 и зарегистрирован резонанс шириной 3 кГц на частоте часового перехода (6.834682613 ГГц).

Вместе с тем была продемонстрирована эффективная СВЧ-накачка в диодном лазере с внешним резонатором, межмодовый интервал которого согласован с частотой часового перехода [9]. Однако наблюдавшееся отличие амплитуд боковых компонентов будет приводить к световому сдвигу частоты КПН-резонансов. В работе [10] описан способ снижения световых сдвигов за счет многочастотной накачки фемтосекундным лазером. Однако доля спектральных компонентов, совпадающих с оптическими переходами, составляет порядка 10^{-3} , что приводит к низкому соотношению сигнал/шум.

При ВЧ-модуляции инжекционного тока полупроводникового лазера был получен режим генерации с равными по амплитуде боковыми полосами, отстоящими друг от друга на величину вблизи частоты часового перехода атома рубидия [11]. Однако исследование тонкой структуры спектра показали, что ВЧ-структура наблюдается только при слабом модулирующем сигнале, а с увеличением мощности, когда достигается равенство амплитуд боковых полос, структура размывается [12].

* Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Министерства науки и высшего образования РФ в рамках базовой части государственного задания № 3.6835.2017/8.9 и гранта РФФИ № 18-02-00316.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://www.elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>