

СПЕКТР ИЗЛУЧЕНИЯ ДИОДНОГО ЛАЗЕРА С ВНЕШНИМ РЕЗОНАТОРОМ ПРИ СОВМЕСТНОМ ДЕЙСТВИИ СВЧ- И ОВЧ-МОДУЛЯЦИИ ТОКА ИНЖЕКЦИИ*К.Н. Савинов¹, А.К. Дмитриев^{1,2}¹ Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск, Россия² Институт лазерной физики СО РАН, г. Новосибирск, Россия

Экспериментально продемонстрировано, что совместное действие СВЧ- и ОВЧ-модуляции тока инжекции диодного лазера с внешним резонатором приводит к многочастотному режиму, когда интервал между соответствующими компонентами структуры на боковых полосах спектра определяется частотой СВЧ-модуляции. Обнаружено также влияние мощности ОВЧ-модуляции на оптическую частоту излучения лазера.

Ключевые слова: диодный лазер, резонанс когерентного пленения населенности, частотная модуляция.

Введение

Работы по повышению стабильности квантовых стандартов частоты ведутся непрерывно с момента их создания. В настоящее время широко используются часы на основе явления резонанса когерентного пленения населенности (КПН), открытого в 1970-е гг. [1, 2]. Для накачки таких часов наиболее часто используются лазеры с вертикальным резонатором (VCSEL), основными преимуществами которых являются малые габариты и низкий уровень потребления энергии [3, 4]. К тому же миниатюрные размеры данного типа лазеров дают возможность эффективно модулировать спектр излучения в широком интервале СВЧ-частот, в том числе и на частоте сверхтонкого перехода основного состояния D_1 линии изотопа рубидия-87 (6.834 ГГц). Ширина спектра подобных лазеров (порядка 50 МГц [5]) не позволяет использовать их для создания оптических стандартов частоты. Переход к созданию комбинированного стандарта частоты возможен при использовании полупроводниковых лазеров с внешним резонатором, ширина линии которых порядка 60 кГц [6].

Для наблюдения КПН-резонансов частота СВЧ-модуляции ν_{mod} должна перестраиваться вблизи величины f_0/m , где f_0 – частота часового перехода, а m – целое число [7, 8]. Было показано, что эффективная СВЧ-модуляция тока инжекции диодного лазера достигается в случае согласования длины внешнего резонатора с частотой модуляции [9, 10]. Однако наблюдавшаяся в этом случае разность амплитуд боковых полос спектра [8] будет приводить к световому сдвигу частоты КПН-резонанса.

Многочастотный режим генерации He–Ne-лазера на 3.39 мкм при модуляции частотой 22.4 кГц с индексом модуляции 3.1 позволил получить узкие интенсивные резонансы на $F_2^{(2)}$ линии метана с низким уровнем световых сдвигов [11].

Снизить световые сдвиги и увеличить амплитуду КПН-резонанса было предложено за счет использования многочастотной накачки на основе фемтосекундного лазера [12]. Однако из широкого спектра такого лазера только небольшая часть компонент, совпадающих с оптическими переходами, будет давать вклад в накачку резонанса, что приводит к низкому соотношению сигнал/шум.

Серия КПН-резонансов на зеемановских подуровнях одного из сверхтонких уровней основного состояния наблюдалась при накачке многочастотным излучением диодного лазера с внешним резонатором [13]. В этом случае, в отличие от классического КПН-резонанса на частоте часового перехода [1], резонанс наблюдается при совпадении частоты модуляции с частотным интервалом между зеемановскими подуровнями.

В работе [14] предложен способ создания многочастотной накачки при модуляции тока инжекции диодного лазера ОВЧ-частотами в диапазоне 68–100 МГц. В этом случае при определенных параметрах модуляции удалось достичь равенства амплитуд боковых полос спектра, что важно для снижения светового сдвига КПН-резонанса. Однако управление разностью частот между

* Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ, проект № FSUN-2020-0007.

Уважаемые читатели!

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

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