

Министерство образования и науки Украины
Харьковский национальный университет радиозлектроники
Академия наук прикладной радиозлектроники

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

1-й Международной конференции « ЭЛЕКТРОННАЯ КОМПОНЕНТНАЯ БАЗА. СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ »

в рамках 3-го Международного радиозлектронного форума «Прикладная радиозлектроника. Состояние и перспективы развития» МРФ-2008

Том III

30 сентября - 3 октября 2008г.

Харьков - Судак
2008

ЛАЗЕРЫ НАКАЧКИ ДЛЯ РУБИДИЕВЫХ СТАНДАРТОВ ЧАСТОТЫ

Клейман А.С., Шелехов А. И.⁽¹⁾, Мачехин Ю.П.⁽²⁾

⁽¹⁾ННЦ «Институт метрологии», Харьков, ул. Мироносицкая, 42, тел. 704-97-83,
e-mail: optolas@metrology.kharkov.ua

⁽²⁾ Харьковский национальный университет радиозлектроники, Харьков, пр.Ленина, 14,
тел. 702-14-84, e-mail: yuri_m49@mail.ru

The results of researches of temperature dependence of wave-length radiation of the laser used for the optical pumping of ^{87}Rb are represented in the lecture. The experimental removal of dependence of power of laser radiation was conducted from a wave-length laser radiation at the change of tension of feed of the laser module.

Принцип работы квантовых генераторов (мер частоты и времени) основан на стабилизации частоты кварцевых генераторов по частоте выбранного квантового перехода атомов или молекул и последующем формировании сигнала кварцевого генератора сигналов времени. Стабильность частоты спектральной линии квантового перехода является следствием постоянства атомных констант.

При взаимодействии с внешним электромагнитным полем в определенных условиях могут иметь место переходы с одного энергетического уровня на другой. При этом атом или молекула может поглотить квант энергии электромагнитного поля и перейти на более высокий энергетический уровень или излучить квант энергии и перейти на более низкий энергетический уровень. Переходы под действием внешнего электромагнитного поля носят название индуцированных квантовых переходов, а излучение (поглощение) энергии – индуцированного излучения (поглощения).

Переходы с одного энергетического уровня на другой происходят, если выполняется правило частот:

$$f = \frac{(E_2 - E_1)}{h}, \quad (1)$$

где f – частота внешнего электромагнитного поля;

E_2, E_1 – энергии уровней, между которыми происходит переход;

h – постоянная Планка.

Квантовые переходы, которые в настоящее время используются для стабилизации частоты, обусловлены магнитными силами взаимодействия валентных электронов и ядер в атомах элементов первой и третьей групп периодической системы Д. И. Менделеева (водород, натрий, рубидий, цезий, таллий).

Для достижения устойчивой и стабильной работы стандартов частоты использующих в качестве естественных реперов линии поглощения рубидия требуется облучать ячейку лазерным излучением с определенной фиксированной частотой и мощностью излучения. Для данного физического явления наиболее оптимальная длина волны лазерного излучения $780 \pm 0,05$ нм.

В докладе представлены результаты исследований температурной зависимости длины волны излучения лазера, используемого для оптической накачки ^{87}Rb . Было проведено экспериментальное снятие зависимости мощности лазерного излучения от длины волны лазерного излучения при изменении напряжения питания лазерного модуля.

Используемый лазерный модуль LG780-10-N фирмы LG имеет допустимое отклонение по длине волны $\pm 0,5\%$. Поскольку при приобретении лазерного модуля не было возможности выбрать наиболее подходящий по длине волны излучения экземпляр, то фактическая длина волны излучения лазера оказалась в диапазоне 780,0-783,9 нм. В силу физических и конструктивных особенностей данного лазерного модуля, а также условий его работы, длина волны излучения может плавно изменяться в указанных выше пределах. Длина волны излучения лазерного модуля слабо связана с изменением режима питания последнего, поэтому возможность точной подстройки длины волны излучения лазера без использования оптического репера затруднена. Из-за естественных флуктуаций тока, напряжения и температуры полупроводни-

кового кристалла излучение лазерного модуля недостаточно устойчиво во времени, поэтому на границах диапазона излучения образуются пологие завалы мощности излучения.

По результатам проведенной работы можно сделать вывод, что для достижения более стабильных частотно-мощностных характеристик излучения лазеров необходима возможностью температурная подстройка длины волны излучения. Для этого лазерный диод должен иметь не только стабильное питание, но стабильную температуру, которую можно плавно изменять. В качестве одного из вариантов решения данной задачи предлагается использовать полупроводниковый лазерный диод с оптоволоконным выходом и со встроенным микрохолодильником. В этом случае лазерный диод, совместно со специализированными лазерным и температурным драйверами, можно установить в отдельный корпус на значительном расстоянии от рубидиевой ячейки. Специализированный лазерный драйвер обеспечит лазерный диод стабильным питанием, а также позволит подстраивать длину волны излучения лазера в пределах нескольких нанометров. Таким образом, для полупроводникового лазера будет обеспечен наиболее оптимальный и стабильный режим работы, а лазерное излучение от диода к рубидиевой ячейке можно легко подвести при помощи оптического волокна.

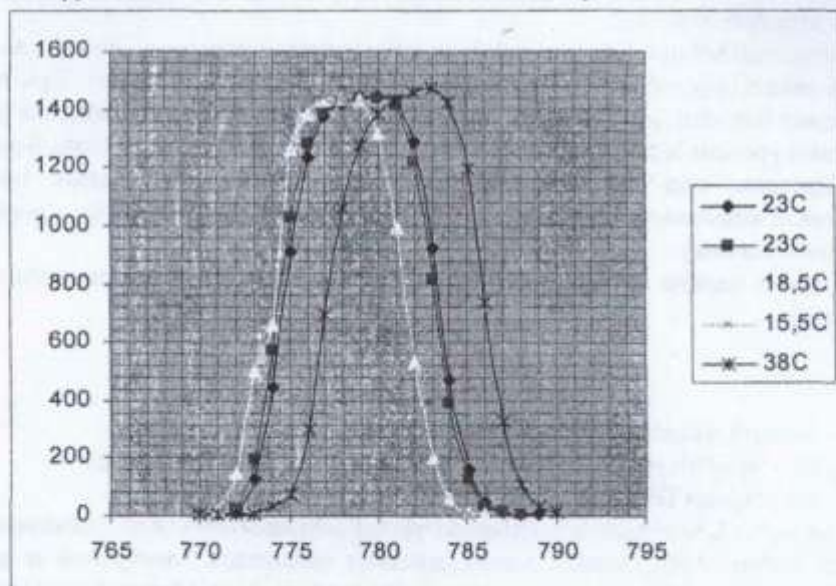


Рис.1 Изменение спектра излучения лазерного модуля LG780-10-H в зависимости от температуры

На Рис.1 приведены результаты экспериментальных наблюдений, с использованием монохроматора МДР-41, смещения спектра излучения лазера в зависимости от температуры излучающего кристалла полупроводникового лазера. Из полученных зависимостей следует, что при температуре 18,5 градусов Цельсия длина волны излучения будет максимально близко подходить к оптическому поглощательному переходу.

Лазерное излучение, как излучение накачки, от лазерного диода к рубидиевой ячейке должно подводиться при помощи многомодового оптического волокна с оптическим разъемом FC на конце. С выхода оптического разъема лазерное излучение подается на оптическую схему коллимации и расширения лазерного пучка, на выходе которой формируется сколлимированный пучок лазерного излучения диаметром 11-12 мм. Оптическая схема коллимации лазерного излучения должна закрепляться в непосредственной близости от рубидиевой ячейки так, чтобы ее оптическая ось совпадала с оптической осью ячейки. С другой стороны ячейки крепится фотодиод под небольшим углом к оптической оси ячейки так, чтобы отраженное от поверхности фотодиода излучение не попадало обратно в резонатор лазера, который обеспечивает регистрацию поглощенной оптической энергии накачки. Таким образом, для модернизации существующих рубидиевых стандартов частоты и повышения их метрологических характеристик, можно осуществлять замену ламп накачки на лазеры.