

СПЕКТРЫ БИЕНИЯ ИЗЛУЧЕНИЯ ЛАЗЕРНОГО ДИОДА ПРИ ИНЖЕКЦИИ ВНЕШНЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Буймистров А.Г.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Образцова О.Н. – канд. техн. наук, доцент,
Горбачев Д. В. – ст. преподаватель.

Доклад посвящён краткому изложению результатов разработки системы из волоконно-оптических модулей на основе высокоскоростных лазерных диодов и фотодиодов для использования в измерительных устройствах и системах радиосвязи, включающая ведомый лазер с распределенной обратной связью и задающий лазер накачки. С помощью программного пакета VPI Transmission Maker была смоделирована блок-схема, включающая ведомый лазер и задающий лазер накачки. Исследованы зависимости оптических и радиочастотных спектров от частоты отстройки задающего лазера от собственной частоты ведомого лазера. Исследованы три режима работы лазера, включая структуру с резонатором - Фабри-Перо и структуру с распределенной обратной связью, в режиме оптической инжекции.

Использование полупроводниковых лазеров обусловлено такими их отличительными особенностями как высокая квантовая эффективность, узкий спектр излучения, малые размеры и возможность модуляции излучения путем изменения тока, протекающего через $p-n$ -переход лазерного диода.

Известно, что инжекция оптического сигнала в полупроводниковый лазер существенно влияет на его динамические характеристики [1]. Поэтому представляет интерес исследование возможности улучшения параметров лазерных модулей с помощью инжекции оптического сигнала.

Внедрение волоконной оптики в системы связи привело к качественному увеличению их информационной емкости. Сейчас волоконно-оптические линии связи с длиной волны оптического излучения 800–1650 нм применяются практически во всех типах систем связи: от новых широкополосных систем цифровой передачи видеoinформации и высокоскоростной передачи данных до систем дальней связи с использованием подводных оптических кабелей [2].

Стремительное развитие волоконно-оптической элементной базы и, как следствие, появление дешевых оптоэлектронных приборов вызвало интенсивное внедрение оптоэлектронных технологий в СВЧ технику.

В результате появилась новая область науки и техники – СВЧ оптоэлектроника, основными предметами изучения которой являются генерация, передача и обработка сверхвысокочастотных электрических сигналов с помощью оптоэлектронных технологий, а также использование оптоэлектронных приборов в различных функциональных СВЧ устройствах.

Излучение от лазера накачки вводится в резонатор ведомого лазера, обратное отражение запрещено, затем излучение от ведомого и ведущего лазера попадает на спектроанализатор для визуализации оптического спектра. Излучение от ведомого лазера попадает на фотодиод, затем на спектроанализатор для визуализации радиочастотного спектра [3].

Ширину линии генерации напрямую получить невозможно, так как реализация спектра была сильно зашумлена. В качестве ширины линии будем использовать значение, связанное со среднеквадратичным отклонением в приближении Лоренцевской формы линии генерации

$$L(F) \sim \frac{1}{(F - F_0)^2 + \gamma^2}, \quad (1)$$

Где F – частота, F_0 – центральная частота линии излучения, γ – полуширина линии излучения.

В качестве средней частоты линии генерации $\langle F \rangle$ использовалась величина

$$\langle F \rangle = \frac{\sum F_i L_i^2}{\sum L_i^2}, \quad (2)$$

где F_i и L_i – частоты и Фурье-компоненты анализируемого спектра. Соответственно квадрат частоты рассчитывался по формуле

$$\langle F^2 \rangle = \frac{\sum F_i^2 L_i^2}{\sum L_i^2} \quad (3)$$

Тогда гамма находится из стандартного соотношения

$$\gamma^2 = \langle F^2 \rangle - \langle F \rangle^2 \quad (4)$$

Использование в качестве вероятности отклонения частоты L^2 вместо L связано с тем, что во втором случае сумма (3) является расходящейся [4].

Было получено, что в режиме отсутствия оптической синхронизации ширина радиочастотного спектра лазера с резонатором - Фабри-Перо составляет 865 МГц, при этом ширина оптического спектра ведомого лазера в режиме свободной генерации 11 МГц.

В режиме неустойчивой синхронизации происходят биения оптического излучения, при которых ширина радиочастотного спектра ведомого лазера уменьшилась по сравнению с шириной спектра в режиме отсутствия оптической синхронизации до 161 МГц.

Похожая картина наблюдается и в поведении лазера с распределенной обратной связью. В режиме отсутствия оптической синхронизации ширина радиочастотного спектра такого лазера составляет 890 МГц, а в режиме неустойчивой синхронизации ширина спектра уменьшается до 98 МГц.

Преимуществами рассмотренного способа получения гармонических СВЧ сигналов является легкая перестройка частоты генератора и возможность его построения с использованием недорогих волоконно-оптических компонентов.

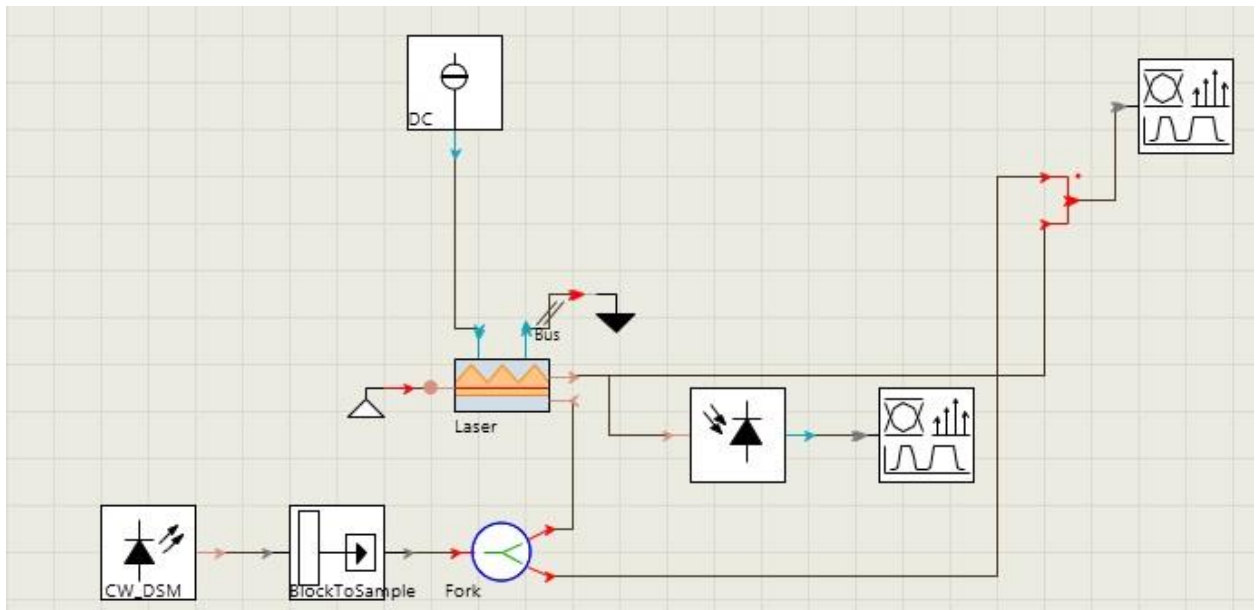


Рисунок 1– Блок-схема лазерной системы

Список используемых источников:

1. Hwang S.K. Dynamical characteristics of an optically injected semiconductor laser / Hwang S.K. [et al.] // Optics Communications, 2015.
2. Wong L. J., Wu M. C. Enhanced Modulation Characteristics of Optical Injection-Locked Laser. //IEEE J. Sel. Topics Quantum Electron., 15, 3, 618 (2019).
3. Sze-Chun Chan. Analysis of an Optically Injected Semiconductor Laser for Microwave Generation. // IEEE J. Sel. Topics Quantum Electron., 46, 3, (2010).
4. Belkin, M. E. A microwave optoelectronic oscillator: mach-zehnder modulator or vcsel based layout comparison / M. E. Belkin, A. V. Loparev – Moscow: State Technical University of Radio-Engineering, 2012