

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛАЗЕРНОГО ДИОДА СО ВСТРОЕННЫМ ФОТОДИОДОМ

А.С. Воронов, Н.Н. Калигин

ОАО «МКБ КОМПАС», МИЭМ НИУ ВШЭ

г. Москва

Статья посвящена построению и валидации имитационной модели маломощного лазерного диода со встроенным фотодиодом в среде NI MultiSim.

Ключевые слова: моделирование, лазерный диод, MultiSim.

В настоящее время приборы на базе маломощных лазерных диодов с обратной связью в виде встроенного фотодиода получили большое распространение почти во всех областях науки и техники: медицина, измерительная техника, промышленность, авиация, коммуникационные сети и т.д. Готовые схемотехнические решения позволяют реализовывать большую часть потенциала этих полупроводниковых изделий. Однако, в процессе разработки и компьютерного моделирования принципиальных электрических схем с парой лазерный светодиод-фотодиод большинство разработчиков сталкивается с проблемой отсутствия в стандартных библиотеках элементов этого типа. Производители лазерных диодов не предоставляют каких-либо моделей, только исходные технические параметры. В результате разработчик при моделировании электронного узла вынужден исходить из ряда упрощений. Например, лазер заменяется на оптопару, либо вовсе на несвязанную пару диодов. Такой упрощенный подход снижает качество получаемых моделей и не позволяет в ряде случаев промоделировать все режимы современных полупроводниковых лазеров. С другой стороны, тема моделирования поведения лазера не нова, имеется ряд работ и программных наработок, например [1], которые позволяют получить очень точные результаты моделирования, однако требуют серьезных вычислительных ресурсов и массу исходных данных для модели, отсутствующих в описании большинства коммерческих изделий. Излишняя детальность делает проблематичным применение этих наработок на практике. Поэтому разработка имитационных компьютерных моделей пары лазерный диод-фотодиод, пригодных для практического применения, является актуальной задачей.

В исследовании участвовал лазерный диод HLDP-650-A-5-02 в корпусе TO18, применяемый в измерительном узле дальномера. Особенностью узла является необходимость точной автоматической регулировки мощности лазерного излучения во всем диапазоне. Лазер представлен в корпусе TO18 (рисунок 1). В этом корпусе возможны два варианта исполнения лазеров со встроенным фотодиодом: с выведенным на корпус общим плюсом и общим минусом. Мы используем элементы с общим плюсом, подключенным одновременно к аноду лазерного диода и катоду фотодиода.

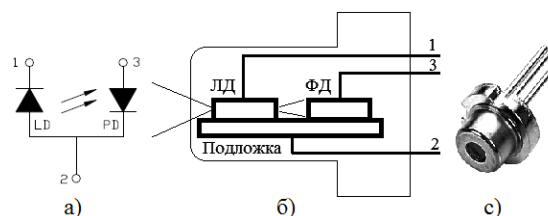


Рисунок 1 – Лазерный диод: а) схема выводов, б) внутренняя структура, с) внешний вид

Этот маломощный 5мВт AlGaInP лазер, часто применяется в измерительном оборудовании, считывателях штрих-кодов, лазерных маркерах и т.п. Для проведения экспериментов и моделирования была использована схема, изображенная на рисунке 2.

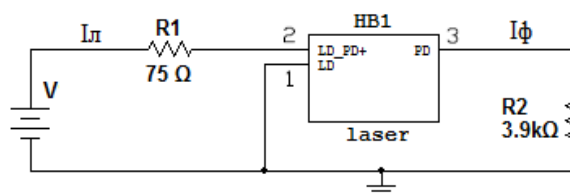


Рисунок 2 – Схема тестирования лазера

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛАЗЕРНОГО ДИОДА СО ВСТРОЕННЫМ ФОТОДИОДОМ

При изменении напряжения V в этой схеме производится измерение токов I_l и I_f . Блок НВ1 - лазер в реальной схеме либо блок модели в MultiSim 11.

В качестве модели была разработана эквивалентная схема в среде NI MultiSim 11 с использованием имеющихся библиотечных элементов (рисунок 3). Основной задачей моделирования было повторить поведение лазерного диода со встроенным фотодиодом в статическом режиме и в диапазоне частот до 10кГц.

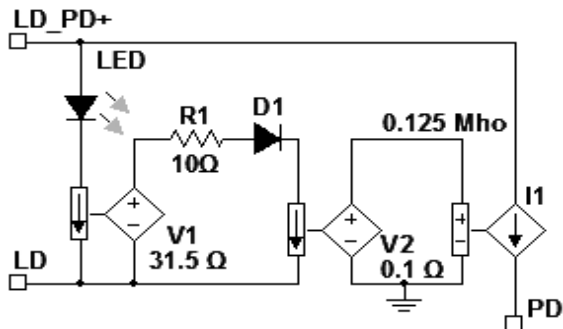


Рисунок 3 – Эквивалентная схема лазерного диода со встроенным фотодиодом

Отдельно лазерный диод не требует больших усилий по моделированию, так как по электрическим характеристикам не отличается от светодиода. Следовательно, в модели светодиод LED имитирует лазерный диод. Самая интересная часть - это моделирование поведения фотодиода, находящегося на одной подложке с лазерным диодом. С одной стороны это обычный фотодиод, подключаемый по схеме генератора фототока [2]. С другой, он настолько физически тесно связан с лазерным излучателем, что его можно рассматривать как идеальный источник тока, нелинейно управляемый током лазерного диода. Сам характер нелинейности зависимости тока фотодиода от тока лазерного диода хорошо имитируется с помощью виртуального диода D1, на который подается напряжение с масштабирующего преобразователя ток-напряжения V1 через токоограничитель R1. Роль элементов V2 и I1 – масштабирование уровня выходного тока. С помощью нескольких итераций моделирования были подобраны номиналы элементов модели, позволяющие повторить заранее снятые характеристики HLDP-650-A-5-02. Так как в полученной схеме нет медленных либо накапливающих энергию элементов, полученная модель позволяет электрически имитировать лазер, как в статических, так и в динамиче-

ских режимах в диапазоне частот, ограниченных возможностями виртуальных моделей светодиода LED и диода D1. Реальный лазерный диод, как и фотодиод – это достаточно быстрые элементы, частотная характеристика которых начинает заметно влиять на работу элемента только на частотах выше 1 МГц.

Для схемы, представленной на рисунке 2 были проведены испытания по 20 точкам в диапазоне напряжений V от 0В до 4.88В, как с моделью, так и с реальным лазером. Напряжение V подавалось с лабораторного блока питания НУ3005М-2. Ток измерялся с помощью двух мультиметров Fluke 83V. Результаты приведены на рисунках 4 и 5. СКО между данными моделирования и реальными данными по всему диапазону для тока лазерного диода составило 0,63 мА, для фототока составило 12,4 мкА. По паспортным данным мультиметра абсолютная погрешность измерения тока для лазера I_l составляет 0,72 мА (диапазон 60 мА), для тока фотодиода I_f составляет 7,2 мкА (диапазон 600мкА). Эти отклонения изображены на рисунках 4 и 5 на экспериментальных кривых. Погрешность установки напряжения V на блоке питания составляет 1%, допуск на номиналы резисторов в схеме тестирования R1 и R2 составляет 1%. Очевидно, что точность разработанной модели соответствует точности используемого оборудования и достаточна для практических применений.

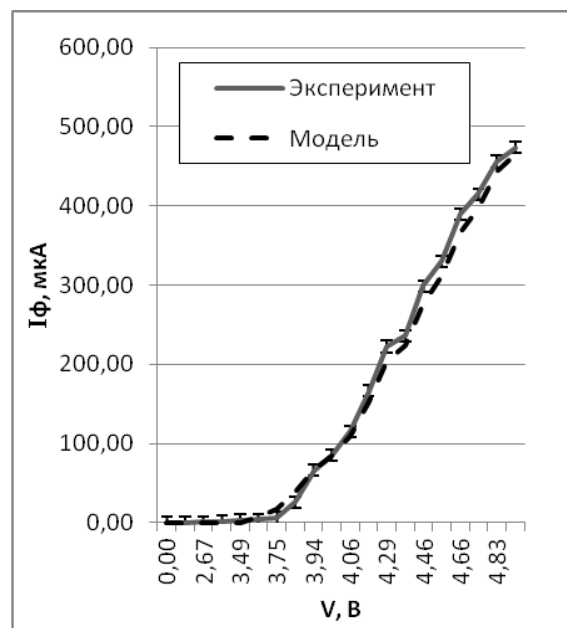


Рисунок 4 – Зависимость тока фотодиода I_f от напряжения V



Рисунок 5 – Зависимость тока лазерного диода I_l от напряжения V

Полученная эквивалентная схема обладает достаточной гибкостью: в небольших пределах изменяя номиналы элементов удалось получить модели всех используемых нами лазерных диодов

мощностью до 10мВт со встроенным фотодиодом в корпусе TO18: DL-3148-034, ADL-65052TL, ADL-63104TL. С помощью предложенных моделей были разработаны схмотехнические решения измерительных узлов, характеризующиеся практически идентичным поведением виртуальных моделей и реально собранных схем и не требующие доводки и лишних итераций изготовления отладочных плат.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Матюхин С.И., Козил З.Ж., Ромашин С.Н. Физические основы микроэлектроники. Имитационное моделирование полупроводниковых лазеров. Орел., 2011. 84 с.
2. Бриндли К. Измерительные преобразователи: справочное пособие: пер. с англ. – М.: Энергоатомиздат, 1991.

Воронов Александр Сергеевич – к.т.н., начальник отдела разработки встраиваемых систем ОАО «МКБ КОМПАС», тел.: (495) 951-40-62, e-mail: asvoronov@bk.ru;

Калигин Николай Николаевич – аспирант, ведущий инженер-программист, e-mail: nkaligin@yandex.ru.