

А.В. Шульга, А.В. Хомченко, И.В. Шилова
ГУВПО «Белорусско-Российский университет», Могилев, Беларусь

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО ЛАЗЕРА С ВНЕШНИМ РЕЗОНАТОРОМ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ВОЛНОВОДНЫХ СТРУКТУР

Введение

Одним из направлений волноводной спектроскопии является разработка методов точного измерения комплексных постоянных $h = h' + ih''$ распространения волноводных мод тонкоплёночных структур [1]. Метод призмного возбуждения волноводных мод позволяет с высокой точностью восстанавливать как действительную h' , так мнимую часть h'' комплексной постоянной распространения соответствующей волноводной моды. В данном подходе оптические характеристики волновода определяются регистрацией спектра интенсивности светового пучка, отражённого от призмы связи, с возбуждением соответствующей волноводной моды [2]. К основанию равнобедренной призмы из оптического стекла с высоким показателем преломления прижимается планарный волновод через зазор (фотонный барьер) [3] толщиной меньше длины волны лазерного излучения и с показателем преломления среды меньше показателей преломления призмы связи и волновода. Лазерное излучение после преломления на входной грани призмы испытывает полное внутреннее отражение от основания призмы связи, и при угле возбуждения волноводной моды энергия излучения частично туннелирует в волновод (явление нарушенного полного внутреннего отражения), распространяется в нём и переизлучается обратно в призму. В отраженном свете в этом случае будут наблюдаться так называемые тёмные m -линии как следствие поглощения части световой энергии в волноводе. Угловое положение наблюдаемой m -линии и её угловой профиль определяются комплексной постоянной распространения h соответствующей волноводной моды. Однако, недостатком волноводного метода является влияние призмы связи на угловое распределение m -линии, что усложняет регистрацию малого поглощения в тонкоплёночных структурах. Решением

данной проблемы может быть применение внутрирезонаторного возбуждения волноводной структуры при помощи брюстеровского призмного устройства связи [4], в котором угловое положение выходного излучения остаётся неизменным, что позволяет избежать разъюстировки резонатора при повороте призмы (рисунок 1).

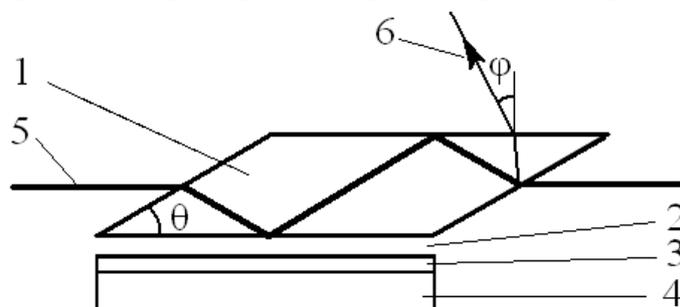


Рисунок 1 – Брюстеровское призмное устройство возбуждения тонкопленочных волноводов

Брюстеровское призмное устройство связи представляет собой призму 1 в виде параллелепипеда с углом при основании θ , к которой через воздушный зазор 2 прижат планарный оптический волновод 3, нанесённый на подложку 4. Угол при основании призмы выбирался таким образом, чтобы внутрирезонаторное излучение 5, имеющее ТМ-поляризацию, проходило через грани входа-выхода излучения под углом, близким к углу Брюстера для минимизации потерь при отражении. При углах, отличных от брюстеровских, часть излучения будет отражаться на гранях входа-выхода и выходить из призмы под углом φ , что позволяет рассчитывать угол падения излучения на основании призмы.

1. Возбуждение волноводных мод тонкопленочной структуры в схеме полупроводникового лазера с внешним резонатором

Для исследования зависимости интенсивности излучения, выходящего из лазерного резонатора, вблизи углов возбуждения мод тонкопленочной структуры, была собрана экспериментальная установка на базе полупроводникового лазера с внешним резонатором, схема которой показана на рисунке 2.

Призмное устройство связи 3 с планарным диэлектрическим волноводом, закреплённое на моторизированной поворотной платформе 4 помещалось во внешний резонатор полупроводникового лазера таким образом, чтобы внутрирезонаторное излучение, собираемой микрообъективом 2, претерпевало двукратное отражение от призмного устройства связи, отражалось от зеркала 7, проходило

через призмное устройство связи и возвращалось обратно в полупроводниковый диод. Часть излучения отражалась плоскопараллельной пластиной 5 и регистрировалась фотодиодом 6. Управление шаговым двигателем, регистрация интенсивности и обработка данных во время регистрации осуществлялась с помощью программы LabVIEW.

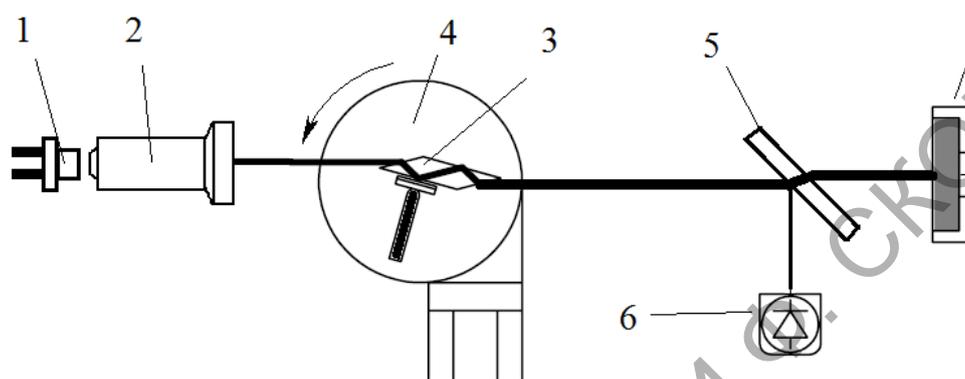


Рисунок 2 – Схема экспериментальной установки

«Внутрирезонаторные» спектры отражения представлены на рисунке 3. Спектры отражения от призмного устройства связи при возбуждении волноводных мод в тонкопленочной структуре обозначены линией 1, без установки резонатора – линией 2.

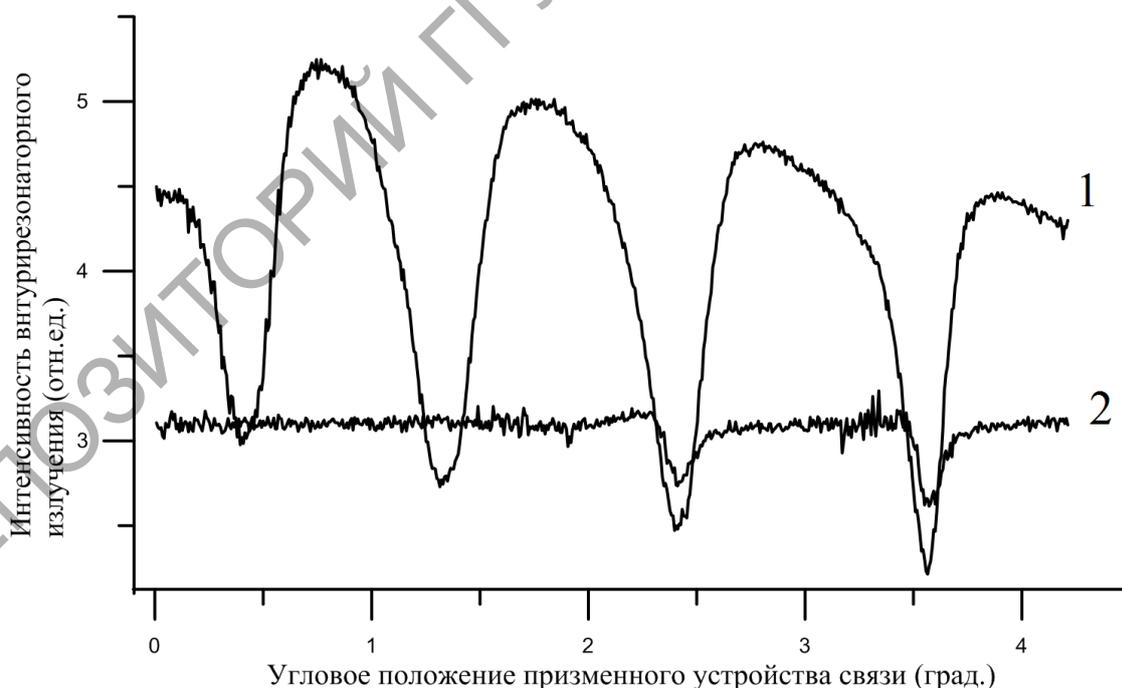


Рисунок 3 – Зависимость интенсивности выходного излучения резонатора от углового положения призмы связи

Заключение

Как видно из данных, представленных на рисунке 2, регистрация спектров отражения в схеме с внешним резонатором обеспечивает более высокий контраст и большую чувствительность метода к волноводным потерям по сравнению с традиционной регистрацией без настройки внешнего резонатора. Чувствительность данного метода позволяет регистрировать оптические потери в случае слабой связи волновода и призмы и минимизировать влияние материала призмы связи на результаты измерений. К основным достоинствам применения полупроводникового лазера с внешним резонатором также следует отнести простоту юстировки резонатора, в отличие, например, от резонатора гелий-неонового лазера.

Литература

1. Хомченко, А.В. Волноводная спектроскопия тонких плёнок / А.В. Хомченко. – Мн.: Изд. центр БГУ, 2002. – 223 с.
2. Сотский, А.Б. Измерение спектра интенсивности светового пучка волноводным методом / А.Б. Сотский, А.В. Хомченко, А.В. Шульга, Л.И. Сотская, В.В. Хомченко // Письма в ЖТФ – 2005. – Т.31, № 8. – С. 88–94.
3. Шварцбург, А.Б. Туннелирование электромагнитных волн — парадоксы и перспективы / А.Б. Шварцбург // УФН. – 2007. – Т. 177, № 1. – С. 43–58.
4. Шульга, А.В. Внутррезонаторная волноводная спектроскопия тонких плёнок / А.В., Шульга, А.В. Хомченко, И.В. Шилова // Письма в ЖТФ. – 2018. – Т. 44, № 21. – С. 3–9.