

# **ВЛИЯНИЕ НЕЛИНЕЙНЫХ ПЛЕНОК, ПОМЕЩЕННЫХ В ЛАЗЕРНЫЙ РЕЗОНАТОР, НА ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ЛАЗЕРОВ**

**В.И. Борисов, А.И. Войтенков, В.П. Редько, В.А. Юревич**

Институт прикладной оптики НАН Беларуси, г. Могилев

Полупроводниковые пленки или планарные структуры на основе полупроводников, поглощающие и просветляющиеся под воздействием лазерного поля, предполагается применять в качестве модулятора добротности в инжекционных полупроводниковых лазерах (ИПЛ). Изменения коэффициента пропускания пленок на спектральном краю поглощения полупроводника могут быть обусловлены как вариациями поглощения, так и их показателя преломления. Актуальным представляется исследование изменения оптических свойств планарных структур с низким коэффициентом пропускания пленок на спектральном краю поглощения полупроводника могут быть обусловлены как вариациями поглощения, так и их показателя преломления. Актуальным представляется излучения.

В настоящем сообщении приводятся результаты изучения динамики просветления планарной системы полупроводник-диэлектрик с управляемой шириной запрещенной зоны, подстраиваемой под длину волны генерируемого излучения лазера на основе GaAs, и следствий его воздействия на временную развертку выходного излучения.

На основе сформулированных в [1] кинетических уравнений для сосредоточенных параметров лазера проведен анализ динамической модели ИПЛ, где в систему обратной связи (ОС) дополнительно включены тонкие слои вещества с абсорбцией на частотах, близких к частоте генерации. Показано, что наличие тонкой резонансно поляризуемой пленки с толщиной, меньшей длины волны, способно сильно изменить оптические свойства границы раздела двух сред. Пропускание тонкого резонансного слоя оказывается чувствительным не только к интенсивности, но и к фазе внешнего светового поля. Эффективность ОС в этих условиях связана с собственной нелинейностью рефракции активного слоя лазерного диода и определяемыми ею частотными девиациями поля генерируемых мод. Отмечается, что колебания эффективного пропускания пленки при ее использовании в качестве пассивного модулятора добротности ИПЛ приводит к возникновению автомодуляционных режимов генерации серии контрастных незатухающих импульсов. Определена область параметров, при

которых возможно существование таких режимов. Отмечается, что нарастание амплитуды и увеличение скважности всплесков мощности поля на этапе перехода к периодическому режиму в рассчитываемом цуге сменяется стабилизацией амплитуды и формы пульсаций. Характеристики импульсов – амплитуда, период и длительность (их временной диапазон в рассматриваемом случае соответствует наносекундному и пикосекундному), величины скважности и контраста – определяются соотношением скоростных параметров: уровня тока накачки, времен релаксации заселенности в активном и планарном слоях, вероятностью вынужденных переходов. Поэтому описываемая в использованной кинетической модели регулярная динамика ИПЛ, возникающая как следствие колебаний уровня ОС, имеет релаксационный характер.

Известно, что оптическая нелинейность полупроводников является существенно резонансной и наблюдается вблизи края поглощения, соответствующего ширине запрещенной зоны, и в экситонной области. Ширину запрещенной зоны можно варьировать не только изменением химического состава сложных полупроводниковых соединений, но и используя эффекты размерного квантования носителей в полупроводниковых структурах пониженной размерности. Одним из видов квантоворазмерных структур является система полупроводниковых наночастиц в диэлектрической матрице.

В качестве полупроводникового материала выбраны теллурид и селенид кадмия, край зона–зонного поглощения которых при комнатной температуре совпадает с длиной волны излучения типового GaAs/AlGaAs лазера. Многослойные структуры CdTe/полимер и CdSe/полимер изготавливались поочередным (за 200–500 циклов) электроннолучевым испарением полупроводника и полиэтилентерефталата (ПЭТФ) из двух независимых источников на переоборудованной для этих целей промышленной установке “Оратория 9”. Это позволило образовывать сплошные слои полимера толщиной всего в 1 нм, которые способны ограничить неконтролируемый рост полупроводниковых наночастиц [2]. Тем самым создана возможность изготовления композиционных квантоворазмерных структур с рекордно высокой концентрацией полупроводниковой фазы при явно выраженных эффектах размерного квантования.

Измерение спектров поглощения и отражения при плотности мощности оптического излучения менее  $0.1 \text{ Вт/см}^2$  показало, что наблюдается смещение края поглощения сформированных структур в зависимости от условий их нанесения. Отмечено, что прямозонный

характер оптических переходов, характерный для “массивного” CdTe, сохранялся и в многослойной структуре.

Наблюдалось обусловленное эффектами размерного квантования увеличение ширины запрещенной зоны структур  $\Delta E_g$  по сравнению с массивным полупроводником при уменьшении размера частиц полупроводника в пленке. Расчетная оценка показала, что диаметр формируемых в пленке полупроводниковых нанокристаллов варьировался в пределах 1.9...4.0 нм.

В фотомодуляционных спектрах поглощения этих же пленок положение основного максимума потемнения весьма хорошо совпадает с шириной запрещенной зоны, оцениваемой другим способом. По мере уменьшения размера частиц полупроводника наблюдается коротковолновое смещение и некоторое уширение полосы фотоотклика.

Наблюдаемые характеристики оптически нелинейных наноразмерных структур позволяют сделать заключение об их нелинейном поведении в резонаторе инжекционного лазера на основе GaAs.

Проведены эксперименты по исследованию планарных структур на основе нелинейных тонких пленок в качестве просветляющегося затвора ИПЛ с внешним резонатором. В качестве источника использовались лазеры ИЛПН–108, генерирующие на длинах волн в диапазоне 825...845 нм. Исследования проводились с применением двух экспериментальных схем лазеров с внешним резонатором.

Измерения показали, что установка в резонатор нелинейной пленки приводила к ощутимому уменьшению средней длительности генерируемой лазером импульсов в режиме самосинхронизации мод, что обусловлено изменением пропускания пленки. Уровень плотности мощности падающего на нелинейную пленку лазерного поля, при котором регистрировалось эффективное просветление, составлял  $\sim 500$  Вт/см<sup>2</sup>. Наблюдавшееся отсутствие полной синхронизации мод свидетельствовало, скорее всего, о более инерционном механизме релак\_ тельствовало, скорее всего, о более инерционном механизме рела\_ риводила к ощутимому уменьшению средней лазерном диоде.

Работа поддержана Белорусским республиканским фондом фундаментальных исследований (проект Ф99-346).

1. Юревич В.А. // Письма в ЖТФ. 2002. Т. 28, вып. 7. С. 12–18.
2. Борбицкий А.С., Войтенков А.И., Редько В.П. // Письма в ЖТФ. 1996. Т.22, вып.13. С.1–5.