

ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ ГЕТЕРОСТРУКТУР GaS–GaSe ПРИ ДВУХ- И ТРЕХФОТОННОМ ВОЗБУЖДЕНИИ ЛАЗЕРНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ

В.М. Салманов, А.Г. Гусейнов, Р.М. Мамедов, Ф.Ш. Ахмедова, А.М. Алиева

Бакинский государственный университет, г. Баку, Азербайджанская Республика

Экспериментально исследовано нелинейное поглощение в гетероструктурах GaS–GaSe под действием Nd:YAG-лазера со встроенными генераторами 2-й и 3-й гармоник, предназначенного для генерации излучения с длиной волны 1064, 532 и 335 нм. Показано, что появление характерного излучения в спектрах люминесценции и ход зависимости люминесценции от интенсивности возбуждения свидетельствуют о наличии процессов двух- и трехфотонного поглощения в гетероструктурах GaS–GaSe.

Ключевые слова: фотолюминесценция, гетероструктура GaS–GaSe, Nd:YAG-лазер, трехфотонное возбуждение.

Введение

При изготовлении оптоэлектронных приборов на основе полупроводниковых слоев с переменной величиной запрещенной зоны E_g весьма существенным является знание таких характеристик, как состав и соответственно величина E_g , толщина слоев, концентрация глубоких и мелких примесей, определяющих характер рекомбинационных процессов и, следовательно, эффективность реализуемых структур. Применительно к таким структурам для определения состава или величины E_g отдельных слоев наиболее распространенными в настоящее время методами являются рентгеноспектральный микроанализ, позволяющий производить наиболее локальные измерения состава, а также методы, основанные на регистрации фотолюминесценции слоев структуры с использованием послойного травливания, изготовления косо́го шлифа или скола структуры с последующим однофотонным возбуждением фотолюминесценции [1, 2], энергетическое положение которой связывают с величиной E_g . Перечисленные методы обладают существенными недостатками, заключающимися в нарушении целостности образцов, требовании их тщательной подготовки и значительных затрат времени на проведение измерений.

Известно, что при воздействии на полупроводники лазерного излучения с $\hbar\omega < E_g$ из-за малости коэффициентов многофотонного поглощения возможно создание значительной концентрации электронно-дырочных пар в больших объемах вещества. Исследование рекомбинационного излучения, возникающего при таком способе создания неравновесных носителей, представляет значительный интерес ввиду того, что люминесценция в этом случае идет из всего объема полупроводника и поверхностные явления не сказываются на наблюдаемых закономерностях [3]. Эта особенность многофотонного поглощения может служить основным методом исследования многослойных полупроводниковых эпитаксиальных гетероструктур.

Кристаллы GaS и GaSe являются удобными объектами для проведения такого рода исследований. Сульфид галлия имеет ширину непрямо́й запрещенной зоны $E_g = 2.53$ эВ при $T = 300$ К [4, 5], поэтому излучение 2-й гармоники Nd:YAG-лазера ($\hbar\omega = 2.34$ эВ) должно приводить к двухфотонному, а излучение 1-й гармоники неодимового лазера ($\hbar\omega = 1.17$ эВ) – к трехфотонному поглощению. В отличие от GaS, кристаллы GaSe являются прямозонными полупроводниками с шириной запрещенной зоны $\sim E_g = 2.02$ эВ, поэтому возбуждение 1-й гармоникой неодимового лазера может привести к двухфотонному поглощению [6, 7]. Следует отметить, что ранее нами в кристаллах GaS было обнаружено рекомбинационное излучение при двухфотонном возбуждении светом рубинового лазера ($\hbar\omega = 1.79$ эВ) [8]. Исследование излучения в GaS показало, что в спектре присутствует весьма сильная линия излучения, связанная с оптическим переходом на краю непрямого перехода. Наличие эффективного квантового выхода излучения в указанной области спектра позволяло надеяться на обнаружение излучательной рекомбинации при трехфотонной накачке. Рекомбинационное излучение, возникающее в кристаллах GaSe при двухфотонном возбуждении неодимовым лазером, нами было интерпретировано экситонными переходами у края фундаментального поглощения.

В данной работе экспериментально исследовалась фотолюминесценция гетероструктур GaS–GaSe при двух- и трехфотонном возбуждении лазерным излучением.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>