

ФИЗИКА ПОЛУПРОВОДНИКОВ И ДИЭЛЕКТРИКОВ

УДК 538.956

DOI: 10.17223/00213411/63/9/44

Д.А. ПЕРЕВОЩИКОВ¹, В.Вал. СОБОЛЕВ², А.И. КАЛУГИН³, Е.А. АНТОНОВ³СПЕКТРЫ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ И СТРУКТУРА *d*-ЗОН
ТЕЛЛУРИДОВ ГЕРМАНИЯ, ОЛОВА И СВИНЦА *

По известным экспериментальным спектрам поглощения были рассчитаны спектры диэлектрической проницаемости кристаллов GeTe, SnTe и PbTe в области переходов электронов из остовных *d*-зон катионов. Выявлены их характерные особенности и общие закономерности. Методом объединенных диаграмм Арганда спектры диэлектрической проницаемости каждого кристалла были разложены на шесть элементарных осцилляторов и определены их основные параметры. На основе теории междузонных и экситонных переходов предложена природа формирования данных осцилляторов.

Ключевые слова: теллурид германия, теллурид олова, теллурид свинца, диэлектрическая проницаемость, диаграмма Арганда, параметры осциллятора, зонная структура, междузонные переходы, экситон.

Введение

Соединения *M*Te (*M* = Ge, Sn, Pb) получили широкое применение, как одни из важнейших материалов для источников и датчиков инфракрасного диапазона [1, 2]. Они также являются перспективными термоэлектрическими материалами [3, 4]. *M*Te кристаллизуются в структуре типа NaCl (пространственная группа *Fm3m*). Это прямозонные полупроводники с шириной запрещенной зоны 0.8 (GeTe), 0.2 (SnTe) и 0.32 эВ (PbTe) при 300 К [5]. Их показатели преломления в области прозрачности – 5.7 (GeTe), 6.2 (SnTe) и 5.2 (PbTe) [5].

В работах [5, 6] методом фотоэмиссионной спектроскопии экспериментально изучена электронная структура заполненных состояний рассматриваемых соединений. Данные теллуриды в области энергий 0–15 эВ содержат три широких полосы: наиболее интенсивная в области 0–5 эВ (*A*₁), две другие, вдвое менее интенсивные, расположены в областях 5–10 (*A*₂) и 10–15 (*A*₃) эВ. При больших энергиях получены максимумы узких полос (шириной 2–3 эВ) остовных *d*-уровней катионов. Измеренное значение спин-орбитального расщепления *d*-зон катионов составило 0.5 эВ для теллурида германия [6], 1.05 эВ для теллурида олова и 2.61 эВ для теллурида свинца [5].

В отличие от фотоэмиссионной спектроскопии, оптическая спектроскопия позволяет получить информацию не только о заполненных, но и о свободных состояниях электронной структуры. Экспериментально для кристаллов *M*Te в широкой области энергий были измерены спектры отражения (*R*(*E*)) и поглощения (*α*(*E*)) [5]. Наибольшей интенсивностью данные спектры обладают в области 0–5 эВ и содержат две (GeTe, SnTe) или три (PbTe) структуры. Данные структуры связаны с переходами из полосы *A*₁ валентных состояний в нижние зоны проводимости. В области 5–15 эВ интенсивности экспериментальных спектров уменьшаются в 2–3 раза, а на самих кривых наблюдаются две (GeTe) или три (SnTe, PbTe) структуры. Их формируют переходы из более глубоких валентных зон *A*₂ и *A*₃ в нижние зоны проводимости. Оптические свойства рассматриваемых кристаллов в области переходов из остовных *d*-зон катионов экспериментально изучены посредством спектров отражения и поглощения [6–8]. Оптические функции каждого из кристаллов содержат по два интенсивных максимума и две (GeTe, SnTe) или четыре (PbTe) ступеньки.

Теоретическое исследование электронной структуры *M*Te проведено во многих работах различными методами [3, 9–12]. Во всех работах получено, что абсолютный максимум верхней валентной зоны (ВВЗ) и абсолютный минимум нижней зоны проводимости (НЗП) для всех трех кристаллов расположен в точке *L* зоны Бриллюэна (ЗБ). Дополнительные локальные минимумы края НЗП находятся в точке *X* и вдоль направлений *Г*–*X* (*Δ*) и *Г*–*K* (*Σ*). Последним двум минимумам НЗП соответствуют локальные максимумы ВВЗ. В основном теоретические спектры реальной (*ε*₁(*E*)) и мнимой (*ε*₂(*E*)) части диэлектрической проницаемости данной группы кристаллов рассчи-

* Работа выполнена в рамках темы НИР УдмФИЦ УрО РАН «Искусственный интеллект в разработке, обучении и сопровождении экспертных систем представления и использования знаний в естественно-научных, технических и социогуманитарных направлениях» АААА-А19-119092690104-4.

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>