

Генерация второй оптической гармоники в полупроводниках GaAs и CdMnTe

А. М. Калашникова

Физико-технический институт им. А. Ф. Иоффе РАН, С.-Петербург, Россия

Линейная и нелинейная оптическая спектроскопия, позволяющая получить информацию о электронной и спиновой структуре вещества, играет большую роль в изучении и поиске возможных применений полупроводников и полупроводниковых гетероструктур. В настоящей работе мы представляем результаты экспериментального исследования и феноменологического анализа магнитной и магнито-индуцированной генерации второй гармоники в магнитном полупроводнике $\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$ и немагнитном полупроводнике GaAs. Исследования проведены в широком спектральном диапазоне энергий второй гармоники 1.3–3.2 эВ в диапазоне температур 4–293 К в магнитных полях до 7 Т. Несмотря на то, что эти материалы являются хорошо изученными и представляют немалый интерес с точки зрения практического применения, процесс генерации второй гармоники в них в частности, и в полупроводниковых материалах вообще до настоящего времени остается практически неизученным. В литературе имеются лишь несколько сообщений об исследовании генерации второй гармоники в полупроводниках в широком спектральном диапазоне [1, 2]. Влияние магнитного упорядочения и внешнего магнитного поля на нелинейные оптические свойства полупроводников также нуждается как в экспериментальном, так и в теоретическом изучении. Нам представляется, что такие исследования являются важными с точки зрения более глубокого понимания фундаментальных процессов взаимодействия света с веществом.

Кристаллическая и магнитная генерация второй гармоники была исследована в магнитном полупроводнике $\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$ ($x = 0.24, 0.35, 0.4$) [3]. Эти кристаллы имеют структуру типа цинковой обманки и принадлежат к нецентросимметричной кубической группе 43m. Генерация второй гармоники разрешена в таких кристаллах в электродипольном приближении. На спектральную зависимость сигнала второй гармоники оказывает существенное влияние изменение длины когерентности за счет изменения показателя преломления при энергиях ниже ширины запрещенной зоны и за счет роста поглощения выше фундаментального края. При понижении температуры ниже 35 К наблюдается появление узкой полосы в спектре генерации второй гармоники вблизи края запрещенной зоны 1.98 эВ. Мы связываем появление этого сигнала со спиновым упорядочиванием системы ионов Mn^{2+} при понижении температуры

в отсутствие внешнего магнитного поля. Приложение внешнего магнитного поля вызывает сдвиг этой полосы в сторону более низких энергий фотонов. Индуцированный магнитным полем сигнал второй гармоники наблюдался при энергиях ниже края фундаментального поглощения. Появление этого сигнала мы связываем со сдвигом края запрещенной зоны в магнитном поле, а также с магнито-индуцированным линейным двупреломлением которое приводит к изменению разности фаз между волнами на фундаментальной и на удвоенной частоте.

Совершенно другой тип магнито-индуцированной генерации второй гармоники наблюдается в немагнитном полупроводнике GaAs [4]. Приложение внешнего магнитного поля вызывает появление серии интенсивных узких линий в спектре второй гармоники в диапазоне 1.53–1.77 эВ вблизи края фундаментального поглощения. Анализ полевых зависимостей наблюдаемого сигнала показал, что появление этой структуры в спектре второй гармоники связано с квантованием валентной зоны и зоны проводимости при приложении внешнего магнитного поля и появлением уровней Ландау. При повышении температуры выше 4 К наблюдаемые спектральные линии испытывают сдвиг в сторону более низких энергий фотонов, аналогичный температурному сдвигу края запрещенной зоны GaAs. Анализ поляризационных зависимостей сигнала второй гармоники показал, что наблюдаемую магнито-индуцированную вторую гармонику нельзя описать в электро-дипольном приближении, и требуется учет нелинейной магнито-оптической пространственной дисперсии. Это положение доказано изучением азимутальной анизотропии сигналов.

Авторы благодарят Е. Л. Ивченко и В. Н. Гриднева за плодотворное обсуждение, а также С. В. Иванова, И. В. Игнатьева и Ю. В. Жилиева за предоставленные образцы. Работа поддержана грантами РФФИ и DFG.

Литература

- [1] H. P. Wagner *et al.*, Phys. Rev. B **58**, 10751 (1996).
- [2] S. Bergfeld *et al.*, Phys. Rev. Lett. **90**, 036801 (2003).
- [3] V. V. Pavlov *et al.*, J. Opt. Soc. Am. B **22**, January (2005).
- [4] V. V. Pavlov *et al.*, Phys. Rev. Lett. (submitted).