

Модель изменения спектра оптического отражения однородного полупроводника при воздействии радиочастотным электрическим полем волоконного зонда с двумя электродами

Д.В. Протасеня, О.А. Рябушкин

Московский физико-технический институт (государственный университет)
НТО «ИРЭ-Полюс»

В работе развивается метод радиочастотно-оптической модуляционной спектроскопии, предложенный в [1]. Данный метод подразумевает разогрев электронного газа проводящих слоев полупроводниковой гетероструктуры промодулированным радиочастотным электрическим полем и наблюдение изменений в спектре оптического отражения на частоте модуляции. В работе [1] поле создается путем приложения напряжения к обкладкам конденсатора, в который помещен исследуемый образец, следовательно, воздействию подвергается весь образец целиком. В [2] эта идея получила развитие – один из электродов заменен стержнем диаметром 100 мкм, что улучшило локальность воздействия.

В [3] идет дальнейшее совершенствование – предлагается использовать оптическое волокно, в кварцевую оболочку которого вставлена пара металлических электродов. Таким образом, электрическое поле существует в промежутке между электродами и образцом. Свет из сердцевины волокна направлен в центр этой области, электрическое поле и свет оказываются пространственно совмещены. Данная работа посвящена моделированию эксперимента, в котором зонд из [3] используется для исследования однородного арсенида галлия с поверхностными состояниями.

Расчет состоит из нескольких шагов. Сначала решается электростатическая задача о перераспределении заряда при воздействии на полупроводник полем зонда. Затем учитывается периодичность в изменении поля и индуцированный заряд пересчитывается в ток. После этого вычисляется выделение джоулева тепла протекающим током и разогрев носителей заряда. Наконец, изменение температуры влияет на подвижность электронов и дырок, что приводит к их пространственному перераспределению и появлению дополнительного электрического поля в образце. На этом электрическая часть задачи завершена. Зная добавочное поле, решается оптическая часть задачи – вычисляются изменения в спектре оптического отражения.

При решении оптической части учитывались такие эффекты как осцилляции Тармалингама-Буляницы и воздействие электрического поля на экситоны. Полученный спектр модуляционного отражения вблизи края запрещенной зоны показан на рисунке 1. При использовании больших напряжений (100 В) и малом расстоянии между электродами и образцом (5 мкм) можно увеличить изменения в спектре отражения до 10^{-4} . Современные методы синхронного детектирования позволяют измерять $\Delta R/R$ до 10^{-7} , поэтому рассчитанные спектры воспроизводимы в эксперименте.

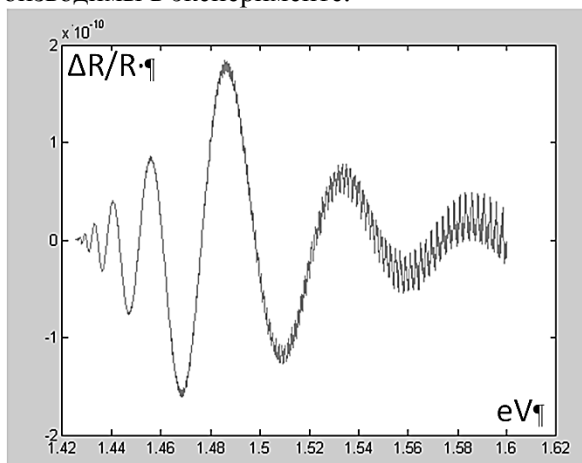


Рис. 1. Спектр модуляционного отражения. Параметры расчета: прикладываемое к электродам напряжение 1 В, частота 10 МГц, расстояние до образца 50 мкм.

Литература

1. *Рябушкин О.А., Сабликов В.А.* Модулированное радиочастотным полем отражение света в полупроводниковых гетероструктурах // Письма в ЖЭТФ, 1998, Т.67, Вых.3, С. 217-221.
2. *Ryabushkin O.A., Lonskaya E.I., Sotnikov A.E. and Chernikov M.A.* Novel modulation reflectance spectroscopy of semiconductor heterostructures // Physica Status Solidi (a). 2005. V.202. N.7. P1282-1291.
3. *Ryabushkin O.A., Protasenya D.V.* Conception of Radiofrequency-optical Fiber-scanning Modulation Spectroscopy // Progress In Electromagnetics Research Symposium, Prague, 2015.