

ВЛИЯНИЕ СВОБОДНЫХ НОСИТЕЛЕЙ НА ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА $Pb_{0,97}Ge_{0,03}Te$ (Ga)

Барышников А.С., , Ланкин С.В.

Благовещенский государственный педагогический университет

Сегнетоэлектрики-полупроводники являются соединениями, в которых наиболее сильно проявляется влияние электронных параметров на сегнетоэлектрические свойства и сегнетоэлектрических на электронные. Для исследования диэлектрических свойств вблизи фазового перехода наиболее перспективны твердые растворы $Pb_{1-x}Ge_xTe$, в которых изменением состава можно плавно смещать фазовый переход. В [1,2] было показано, что легирование $Pb_{1-x}Ge_xTe$ галлием приводит к возникновению глубокого примесного уровня ян-теллеровского типа, расположенного примерно на 70 мэВ ниже дна зоны проводимости, и к стабилизации уровня Ферми в запрещенной зоне. Последнее приводит к значительному падению проводимости в области низких температур.

Наличие низкой проводимости и высоких значений диэлектрической проницаемости вблизи фазового перехода [1,2]; в образцах с малой концентрацией свободных носителей (порядка десять в тринадцатой степени на сантиметр кубический) позволяет определять диэлектрическую проницаемость непосредственно из ёмкости образца. Целью данной работы являлось исследование влияния свободных носителей на диэлектрические свойства $Pb_{1-x}Ge_xTe$.

В эксперименте использовались поликристаллические составы $Pb_{0,97}Ge_{0,03}Te$ (Ga) с содержанием Ga 1 ат%. Измерения проводились при медленном нагреве образца после охлаждения до 77К. Температура фиксировалась медь-константановой термопарой, вторая (опорная) термопара находилась при температуре таящего льда. Точность измерения температуры составляла ~ 0.5 К. Для измерения электрических параметров образцов использовались цифровые измерители импеданса: на частотах 1 – 100 КГц – LCR-819 и на частоте 1 МГц – E7-12.

В эксперименте с помощью измерителя импеданса определялись ёмкость образца и проводимость на заданной частоте. Дополнительно производилось измерение проводимости на постоянном токе. Предполагая, что электронная составляющая проводимости не зависит от частоты, можно получить формулу для нахождения мнимой части диэлектрической проницаемости, обусловленной поляризационной составляющей.

Как показали исследования, увеличение концентрации свободных носителей приводит к уменьшению действительной части и увеличению мнимой части диэлектрической проницаемости, а также к снижению температуры сегнето-электрического фазового перехода. Поляризационные потери в $Pb_{0,97}Ge_{0,03}Te$ (Ga) больше, чем у классических сегнетоэлектриков с фазовым переходом первого рода, и увеличиваются с ростом концентрации носителей. Причина, по-видимому, заключается в том, что в гетерополярном полупроводнике оптические колебания решетки, сопровождающиеся колебаниями дипольного момента, могут приводить к взаимодействию электронов проводимости с оптическими фононами.

Вследствие этого, во-первых, понижается подвижность свободных носителей вблизи фазового перехода. Во-вторых, в уравнении движения для ионов появляется дополнительная сила «трения», пропорциональная концентрации свободных носителей заряда n . Последнее делает существенным эффект влияния свободных электронов на частоту мягкой моды [3], который, в свою очередь, влечёт за собой сдвиг температуры фазового перехода, изменение действительной и мнимой частей диэлектрической проницаемости и, соответственно, тангенса диэлектрических потерь.

1. □ Бушмарина Г.С., Грузинов Б.Ф., Драбкин И.А., Лев Е.Я., Нельсон И. В. // ФТП. 1977. Т.11. №10. С.1874.
2. □ Скипетров Е.П., Зверева Е.А., Белоусов В.В., Скипетрова Л.А., Слынько Е.И. // ФТП. 2000. Т.34. №. 8. С.932.
3. □ Фридкин В.М. Сегнетоэлектрики-полупроводники. - М: Наука, 1976. – 408с.