

ИССЛЕДОВАНИЕ n -HgTe В СИЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛЯХ

Генкин Г. М., Ноздрин Ю. Н., Окомельков А. В., Шастин В. Н.

Приведены экспериментальные результаты исследования вольт-амперной характеристики и спонтанного излучения n -HgTe в сильных электрических полях.

Исследования бесщелевых полупроводников представляются актуальными в связи с существенной неомичностью уже в достаточно малых полях, обусловленной увеличением концентрации носителей с ростом поля. Так, например, неомичность кристалла n -HgTe исследовалась в полях до 30 В/см [1, 2]. В работе [2] было показано, что неомичность полупроводников типа n -HgTe обусловлена изменением темпа оже-рекомбинации и ударной ионизации при изменении электрического поля. Значительный интерес представляют исследования бесщелевых полупроводников в более сильных полях как для целей лучшего понимания механизмов нелинейности в бесщелевом состоянии, так и для исследования возможностей и использования таких кристаллов в прикладных целях.

В настоящем сообщении приводятся экспериментальные результаты исследования вольт-амперной характеристики и спонтанного излучения n -HgTe в сильных электрических полях. Наблюдение спонтанного излучения и изучение его спектрального состава представляют общефизический интерес, поскольку получаемая при этом информация позволяет судить о функции распределения горячих носителей в сильном электрическом поле. Кроме того, наблюдение спонтанного излучения из образца можно рассматривать в качестве первого шага в поиске возможности и условий генерации электромагнитных волн с помощью узкощелевых полупроводников. Однако, как нам известно, до настоящего времени спонтанное излучение в бесщелевых полупроводниках типа HgTe в сильном электрическом поле не наблюдалось. Это может быть объяснено отчасти большим темпом оже-процессов в таких полупроводниках, которые в слабых электрических полях превалируют над излучательными межзонными переходами.

Наблюдение спонтанного излучения проводилось нами на стандартных образцах n -HgTe с концентрацией доноров $N_d \sim 10^{15}$ см⁻³ и значением электронной подвижности при гелиевых температурах $\mu_e \sim 10^5$ см²/В·с. Геометрические размеры образцов были $4 \times 2 \times 0.5$ мм. На рис. 1 приведена типичная вольт-амперная характеристика для таких образцов в сильном электрическом поле. В полях, больших 30 В/см, эта зависимость близка к линейной, что, по-видимому, свидетельствует о стационарной концентрации носителей в сильном поле, тенденция к которой в более слабых полях наблюдалась в [2]. На рис. 2 приведена зависимость величины спонтанного излучения от поля из образца при 4 К, которое регистрировалось с помощью охлажденного приемника (кристалл p -Ge, легированный Ga) в диапазоне длин волн 60—120 мкм. Электрическое поле имело форму прямоугольных импульсов длительностью 6 мкс. Интенсивность излучения с ростом поля растет быстрее, чем ток, и пропорциональна мощности, рассеиваемой в образце. На рис. 3 изображена временная зависимость интенсивности излучения в течение длительности импульса электрического поля. Интересными представляются различные временные характеристики приложенного поля и излучения (задержка импульса излучения порядка 1—3 мкс относительно поля).

Наблюдаемое в сильном электрическом поле излучение из n -HgTe обусловлено неравновесными носителями. В пользу такой интерпретации свидетельствуют следующие обстоятельства. Излучение, обусловленное разогревом решетки под действием электрического поля, незначительное, так как за время

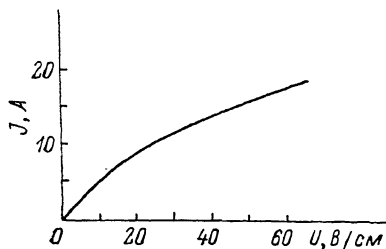


Рис. 1.

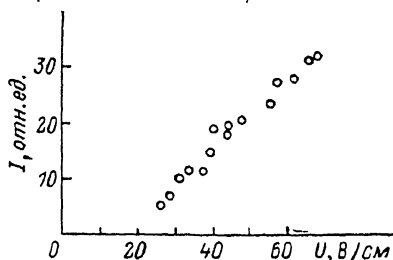


Рис. 2.

импульса электрического поля при гелиевых температурах разогрев кристаллической решетки не превышает, по оценкам, величины ~ 5 – 10 К при напряжениях электрического поля в образце ~ 50 – 80 В/см. Кроме того, об этом свидетельствуют временные характеристики наблюдаемых импульсов излучения, которые имеют характерные времена $\sim 5 \cdot 10^{-6}$ с, тогда как характерные времена остывания решетки имеют величину $\sim 10^{-4}$ с. Следовательно, равновесное излучение из образца, обусловленное разогревом решетки, существенно меньше излучения, обусловленного неравновесными носителями. Тем самым полученные результаты по спонтанному инфракрасному излучению (рост интенсивности с полем и временная задержка), по-видимому, объясняются сильной неравновесностью функции распределения носителей. Такие исследования открывают новые возможности для исследования функции распределения неравновесных носителей в сильных полях в n -HgTe, которые ранее в бесцелевых полупроводниках не использовались. Для исследования вида функции распределения горячих носителей представляет интерес, как мы считаем, проведение спектральных измерений излучения с помощью узкополосного перестраиваемого по частоте приемника.

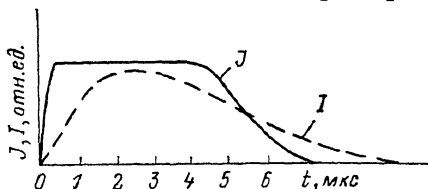


Рис. 3.

В заключение авторы выражают благодарность Н. П. Гавалешко и В. М. Фрасуняку за предоставленные кристаллы.

Список литературы

- [1] Иванов-Омский В. И., Коломиец Б. Т., Смекалова К. П., Смирнов В. А. // ФТП. 1968. Т. 2. В. 8. С. 1197–1199.
- [2] Бенеславский С. Д., Иванов-Омский В. И., Коломиец Б. Т., Смирнов В. А. // ФТТ. 1974. Т. 16. В. 6. С. 1620–1629.

Институт прикладной физики АН СССР
Горький

Получена 12.02.1990
Принята к печати 14.05.1990