Механизм формирования рельефа поверхности эпитаксиальных слоев $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ при лазерном облучении

Средин В.Г.¹, Сахаров М.В.¹, Войцеховский А.В.²

¹ Военная Академия РВСН им. Петра Великого, Балашиха, Россия

² Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия

DOI 10.34077/Semicond2019-134

Приведены результаты экспериментов по облучению эпитаксиальных слоев твердых растворов $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ с составом в диапазоне x 0.20-0.23, полученных методом жидкофазной эпитаксии на подложках $\text{Zn}_x\text{Cd}_{1-x}\text{Te}$. Толщина слоев составляла 16-19 мкм при площади поверхности порядка 1-2 см². Слои облучались импульсами лазера на DF длительностью 2 мкс на полувысоте и 4 мкс у основания. Спектральный состав излучения 3.8-4.2 мкм, полная энергия в импульсе до 50 Дж, диаметр лазерного пучка составлял 68 мм. Распределение плотности энергии излучения по поперечному сечению пучка была близка к гауссовой. При облучении половина площади эпитаксиального слоя закрывалась непрозрачной диафрагмой, при этом недиафрагмированная часть поверхности была полностью освещена. Температура облучения - 300 К.

На рисунке представлена периодическая структура, образовавшаяся на поверхности слоя после его облучения импульсом с плотностью мощности 7 МВт/см². Формирование подобных волнообразных структур при лазерном воздействии рассмотрено в [1] как следствие нелинейных оптических эффектов. В условиях нашего эксперимента длительность импульса на 3 порядка больше, чем в [1], поэтому для анализа возникающего поля температуры в слое и его релаксации использовалась модель, основанная на решении уравнения теплопроводности [2,3].

Периодическая структура на границе раздела освещенной и неосвещенной (левая часть) областей слоя $\text{Cd}_{0.2}\text{Hg}_{0.8}\text{Te}$.

Поглощенное излучение приводит к частичному испарению и выносу вещества, в результате чего на границе освещенной области возникает ступенька рельефа, видная на рисунке. Рассчитанная скорость охлаждения расплавленной части материала на поверхности до температуры кристаллизации составляет порядка 2000 К/с, причем процесс охлаждения и неравновесной рекристаллизации происходит в поле термоупругих напряжений, возникающих на границе раздела расплавленного материала и «холодной», неосвещенной части эпитаксиального слоя. Эти напряжения носят сжимающий характер и направлены от края освещенной области к границе раздела, их релаксация происходит за то же время, что и процесс рекристаллизации. Численная оценка предполагаемого эффекта по порядку величины показывает разумное соответствие с наблюдаемыми результатами.

Отметим, что ранее вклад термоупругих напряжений в механизм формирования рельефа поверхности при лазерном воздействии на полупроводниковые материалы не рассматривался.

[1] Ахманов С.А. и др. // УФН, **147**, С. 675 (1985)

[2] Сахаров М.В. и др. // Известия высших учебных заведений. Физика. **56**, № 9-2, С. 98. (2013).

[3] Средин В.Г. и др. // Прикладная физика. № 2. С. 5. (2011).