Изменение температуры гетероструктуры $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}/\text{CdTe}/\text{Si}$ на начальной стадии эпитаксиального роста

Марин Д.В.¹, Швец В.А.^{1,2}, Азаров И.А.^{1,2}, Якушев М.В.¹, Рыхлицкий С.В.¹

¹ ИФП СО РАН, 630090, Новосибирск, пр. Ак. Лаврентьева, 13

² Новосибирский государственный университет, 630090, Новосибирск, ул. Пирогова, 2

DOI 10.34077/Semicond2019-140

Температура подложки играет ключевую роль при выращивании методом молекулярно-лучевой эпитаксии соединения кадмий-ртуть-теллур (КРТ). Отклонение температуры от оптимального значения на 5-10 градусов может привести к образованию прорастающих дефектов и критическим образом сказаться на качестве выращиваемых структур. В условиях, когда определяющим механизмом теплообмена является тепловое излучение, постоянство мощности нагревателя не обеспечивает постоянной температуры подложки из-за изменения теплового баланса в начале роста [1, 2]. Поэтому актуальной задачей является определение температуры и направленности её изменения на начальной стадии эпитаксии КРТ, чтобы скомпенсировать эти изменения.

Нами разработан и реализован метод бесконтактного измерения температуры подложки с буферным слоем CdTe. Он основан на температурной зависимости края поглощения CdTe, который определяется из спектров эллипсометрических параметров. Для этого создан и установлен на камеру эпитаксии КРТ адаптированный спектральный эллипсометр. Предложен алгоритм обработки спектров $\Psi(\lambda)$ и $\Delta(\lambda)$, позволяющий с высокой точностью устанавливать начало интерференционных осцилляций в 6 мкм буферном слое CdTe и определять длину волны края поглощения CdTe. Проведена калибровка зависимости края поглощения от температуры. Метод позволяет определять температуру подложки Si/CdTe перед ростом КРТ, а также в начале роста при малых толщинах КРТ, пока наблюдаются интерференционные осцилляции эллипсометрических параметров на слое CdTe.

На рис.1. показаны результаты измерения температуры в процессе выхода на температурный режим (до 1600 с) и в первые минуты роста КРТ состава $x=0.45$ (выше 1600 с). Точность измерения температуры перед началом роста составляет 2-3 градуса и ухудшается с увеличением толщины слоя КРТ из-за возрастания в нём оптического поглощения. С началом роста КРТ наблюдается тренд к возрастанию температуры. На наш взгляд это связано с изменением излучательной способности растущей структуры, что приводит к нарушению теплового баланса. Численные оценки, выполненные по модели лучистого теплообмена, согласуются с экспериментом и показывают, что при нанесении 200 нм слоя КРТ возрастание температуры в стационарных условиях может достигать 50°C.

Таким образом, проведённые расчёты и эксперимент показывают, что для поддержания оптимальной температуры роста необходимо учитывать изменение излучательной способности гетероструктуры $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}/\text{CdTe}/\text{Si}$ и компенсировать это изменением режима нагрева.

[1] K.K. Svitashv et al., *Cryst. Res. Technol.*, **29**, 931 (1994).

[2] И.А. Азаров и др. *Автоматрия*, **53**, 111 (2017).