Аннотация доклада

«Гетероэпитаксиальные структуры 3C-SiC/Si для роста III-N соединений»

Дата: 27 февраля 2020 г.

Докладчик: к.т.н. Федотов С.Д.

Наиболее значимой технологической проблемой гетероэпитаксии Ga(Al)N соединений является отсутствие подложки, обладающей схожими параметрами элементарной ячейки и величиной КТРЛ. Стремительное развитие технологии создания приборов на GaN, наблюдаемое в последнее десятилетие, приводит к значительному повышению технических требований к используемым эпитаксиальным структурам. На сегодняшний день стало ясно, что практически все значимые достижения в области развития GaN-электроники были сделаны на гетероэпитаксиальных структурах. Несмотря на высокую плотность прорастающих дислокаций и других структурных дефектов в гетероэпитаксиальных слоях GaN, электроника на данных структурах (светодиоды или HEMT-транзисторы) демонстрирует крайне высокую функциональность. Тем не менее, процесс роста III-N соединений на чужеродных подложках несет в себе ряд технологических проблем.

Гетероэпитаксия является единственным возможным способом изготовления GaN-материалов индустриального назначения, так как объемные подложки III-нитридов до сих пор остаются коммерчески недоступными. Сегодня в промышленности используются всего 3 материала подложки: сапфир (α-Al2O3), карбид кремния (4H- и 6H-SiC) и кремний. Однако с каждым днём всё больше институтов и инновационных предприятий по всему миру исследуют возможность использования виртуальных подложек (темплейтов) для роста III-N соединений. Под понятием виртуальной подложки или темплейта подразумевают отдельно изготовленную гетероструктуру на основе стандартной подложки Si со слоем материала или соединения, обеспечивающего решение большинства технических и технологических проблем технологии GaN-on-Si.

На сегодняшний день, наиболее распространенной и перспективной технологией создания темплейтов для роста III-N является формирование гетероструктур кубического карбида кремния на кремнии (3C-SiC/Si). При комнатной температуре Si(111) обладает термическим коэффициентом линейного расширения (ТКЛР) около 2,6×10-6 К-1 и постоянной решетки 0,384 нм, в то время как GaN(0002) имеет более высокий ТКЛР 5,6×10-6 К-1 и постоянную решетки 0,319 нм параллельно плоскости роста. Приведенные различия являются основными причинами формирования высоких механических напряжений и дефектности слоев GaN/Si. В то же время, 3C-SiC обладает ТКЛР около 4,5×10-6 К-1 и более близкой к GaN постоянной решетки 0,329 нм. Использование переходного слоя 3C-SiC обеспечивает уменьшение различий ТКЛР и кристаллической структуры GaN/Si. Теплопроводность 3C-SiC сравнима с 4H-SiC, что обеспечивает лучшее рассеяние тепла при работе GaN-электроники. Кроме того, слой 3C-SiC выполняет роль химического барьера в процессе газофазного или молекулярно-лучевого наращивания Ga(Al)N на кремнии. Кубический карбид защищает поверхность подложки Si от повреждения триметилгаллием и аммиаком, а также блокирует диффузию элементов Al и Ga в кремний.

В докладе будет произведен краткий обзор перспектив развития электроники на основе III-N соединений и SiC, показаны существующие способы формирования гетероструктур 3C-SiC/Si и продукты, вышедшие на рынок. Также будут показаны результаты серии экспериментов по росту Ga(Al)N слоев на виртуальных подложках 3C-SiC/Si, проведенных в НИУ МИЭТ (г. Зеленоград).