Свойства анодных слоев, сформированных на поверхности InAlAs(001) в таунсендовской газоразрядной плазме

Аксенов М.С., Валишева Н.А., Ковчавцев А.П., Гутаковский А.К.

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

DOI 10.34077/Semicond2019-88

Пассивация поверхности полупроводников III-V диэлектрическими слоями является одним из основных процессов при изготовлении различных приборных структур на их основе. InAlAs является перспективным материалом для создания транзисторов с высокой подвижностью электронов и микроволновых фотоприемников. Анодные оксидные слои на InAlAs и high-k диэлектрики, используемые в настоящее время в качестве затворного и пассивирующего диэлектрических слоев, обеспечивают на границе раздела с полупроводником высокую плотность электронных состояний ($\sim 10^{12}$ эВ⁻¹см⁻² или более) [1-3].

Одним из методов пассивации поверхности, который позволяет значительно уменьшить величину плотности состояний (D_{it}) на границе раздела анодный оксид (АО)/III-V, по аналогии с границей раздела SiO₂/Si, является модификация анодного слоя галогенами (хлор, фтор). Образование фторсодержащего анодного оксида (ФАО) на поверхности InAs путем электролитического окисления [4] или сухого окисления в таунсендовской газоразрядной плазме (ТПП) [5] позволяет резко уменьшить D_{it} до 5×10^{10} эВ⁻¹см⁻² (77 K) на границе раздела SiO₂/InAs. Эффект значительного уменьшения D_{it} наблюдался также при окислении во фторсодержащей плазме поверхности GaAs [6].

В данной работе проведено исследование процесса окисления поверхности InAlAs(001) новым способом с использованием таунсендовской газоразрядной плазмы смеси газов O₂, CF₄, Ar при комнатной температуре. Описаны конструкция установки и принципиальная схема окисления. На основе изучения кривых Пашена и ВАХ разряда определены параметры окисления InAlAs (давление газовой смеси и напряжение на разрядном промежутке при различных соотношениях CF₄/O₂), обеспечивающие латеральную однородность горения и минимальную энергию ионов плазмы. Методом АСМ показано, что окисление при оптимальных режимах не влияет на морфологию и шероховатость поверхности. Изучены кинетические закономерности роста слоев. Методом эллипсометрии показано, что скорость окисления определяется соотношением O₂/CF₄.

Изучение методом РФЭС химического состава слоев, выращенных при различных соотношениях O₂/CF₄, показало, что слои без фтора состоят, в основном, из оксидов элементов полупроводника (In₂O₃, Al₂O₃, As₂O₃). Введение 10% CF₄ в состав окислительной среды приводит к образованию оксифторидов In, Al и As с соотношением O/F >> 1. Анализ ВРЭМ-изображений границы раздела АО/InAlAs показал, что граница характеризуется резким переходом аморфный слой/полупроводник, а также высокой гладкостью (шероховатость не превышает 1-2 монослоя). Формирование анодного слоя во фторсодержащей ТПП приводит к увеличению шероховатости границы раздела примерно в два раза. Анализ ВФХ Au/SiO₂/InAlAs МДП-структур показал, что окисление поверхности InAlAs в ТПП в среде без фтора перед осаждением SiO₂ приводит к уменьшению D_{it} вблизи середины запрещенной зоны. Фторсодержащий анодный подслой на границе раздела SiO₂/InAlAs приводит к закреплению уровня Ферми ниже середины запрещенной зоны.

[1] B. Brennan et al. *Appl. Phys.* **114** (2013) 104103.

[2] H. Guan et al. *Chin. Phys. B*, **24** (2015) 126701.

[3] L.-F. Wu et al. *J. Appl. Phys.* **54** (2015) 110303.

[4] G. L. Kuryshv et al. *Semiconductors* **35** (2001) 1063.

[5] M.S. Aksenov et al. *Appl. Phys. Lett.* **107** (2015) 173501.

[6] R.K. Ahrenkiel et al. *J. Vac. Sci. Technol.* **21** (1982) 434.