Метод определения и профилирования компонент подвижности вблизи гетерограниц тонких пленок Si

Зайцева Э.Г., Наумова О.В., Фомин Б.И.

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

DOI 10.34077/Semicond2019-103

Для большого класса современных устройств на основе тонких пленок, в частности пленок кремний-на-изоляторе (КНИ) (волноводы и оптические модуляторы, тонкопленочные транзисторы, химические и биологические сенсоры и др.), приборно-значимыми являются как граница раздела (ГР) пленка/диэлектрик на ее поверхности, так и внутренняя ГР пленка/скрытый диэлектрик [1]. В таких устройствах микрорельеф ГР и совершенство пленки вблизи гетерограниц оказывают значительное влияние, как на рассеяние света, так и на рассеяние свободных носителей заряда. Однако, использование стандартных структурных (например, ВРЭМ, спектроскопия комбинационного рассеяния) и электрических методов для исследования тонких пленок испытывает ряд ограничений и трудностей: 1) приводят к разрушению структур; 2) дают информацию в локальной области по площади, или, наоборот, эффективную по всему объему пленки; 3) не позволяют независимо определять параметры для разных ГР пленки из-за, так называемого, coupling-эффекта (взаимосвязи потенциалов противоположащих ГР) [2].

Целью данной работы являлась разработка метода, позволяющего независимо характеризовать свойства гетерограниц тонкопленочных структур. В качестве параметра, характеризующего свойства пленок вблизи ГР, использовалась эффективная подвижность носителей заряда μ_{eff} . Известно, что μ_{eff} является многокомпонентной функцией – μ_{eff} определяется рассеянием носителей на флуктуациях потенциала, вызванных в объеме пленки фононами (μ_{b_ph}) и кулоновскими центрами (μ_c), а на гетерограницах – зарядами на поверхностных состояниях (μ_{s_c}), поверхностными фононами (μ_{s_ph}) и микрорельефом ГР (μ_{sr}) [3]. Однако, для характеристики структурных свойств системы пленка/диэлектрик наиболее интересны компоненты, обусловленные рассеянием на поверхностных фононах (μ_{s_ph}) и на микрорельефе исследуемой гетерограницы (μ_{sr}). В работе предложен метод выделения и профилирования компонент μ_{s_ph} и μ_{sr} , основанный на управляемой локализации носителей относительно гетерограниц и использовании их разной температурной зависимости. Определены условия применимости метода при сравнении компонент μ_{s_ph} и μ_{sr} для структур 1) с разными конструктивными параметрами (разной толщиной пленок, разной толщиной окружающих пленку диэлектриков), 2) при разных режимах пленки со стороны противоположных ГР (инверсия/обогащение, инверсия/обеднение). Предложенный метод был использован для исследования свойств внутренней ГР пленок КНИ и позволил получить информацию о шероховатости тестируемой ГР и о дефектности пленки в пределах (1-3) нм от нее. Предложенный метод также может быть адаптирован для характеристики тонкопленочных структур на основе других материалов диэлектрик-полупроводник-диэлектрик.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта RFMEFI58117X0026 при использовании оборудования ЦКП "Наноструктуры" ИФП СО РАН (г. Новосибирск) и ЦКП «Высокоразрешающая спектроскопия газов и конденсированных сред» ИАиЭ СО РАН (г. Новосибирск).

[1] О.В. Наумова и др., ФТП, **10**, 1360 (2015).

[2] S.Cristoloveanu et al., Solid-State Electronics, **117**, 10 (2016).

[3] Э.Г. Зайцева и др., ФТП, **4**, 446 (2017).