

**А.И. Дедык¹, А.А. Семёнов¹, А.А. Никитин¹,
П.Ю. Белявский¹, Ю.В. Павлова¹, О.В. Пахомов²,
В.В. Плотников¹, И.Л. Мыльников¹, А.В. Еськов²**

¹ Санкт-Петербургский государственный электротехнический
университет «ЛЭТИ»

² Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет
информационных технологий, механики и оптики

Электропроводность многослойных структур на основе титанатов стронция и бария с различными добавками

Представлены результаты исследований вольт-амперных характеристик объёмных структур $Me/SrTiO_3/Me$ и $Me/BST/Me$, легированных Mg , и планарных мультиферроидных структур $Cu-Cr/BSTO/\alpha-Al_2O_3$ и $Cu-Cr/BSTO/GGG$ легированных Mn с концентрациями 10, 15 и 20 вес. %. Обсуждаются механизмы электропроводности, которые в различных комбинациях наблюдаются на ВАХ рассмотренных сегнетоэлектрических структур: эмиссия Шоттки; токи, ограниченные пространственным зарядом; эффект Френкеля – Пула; термоэлектронное ловушечное туннелирование; туннелирование Фаудера – Нордгейма. Для объёмных структур определена электропроводность и дана оценка толщины приконтактной области, определяющей проводимость всей структуры. Показано, что наибольшим сопротивлением обладают планарные мультиферроидные структуры $Cu-Cr/BSTO/\alpha-Al_2O_3$, легированные Mn в количестве 15 вес. %.

Ключевые слова: сегнетоэлектрики, перовскиты, мультиферроники

Титанат стронция, титанат бария и их твёрдые растворы (BST) являются сегнетоэлектриками, наиболее широко использующимися в СВЧ микроэлектронике. Кристаллическая структура и состав материалов определяют диэлектрические свойства СВЧ приборов на их основе [1]. Токи сквозной проводимости в этих материалах оказывает влияние на диэлектрические потери, диэлектрический гистерезис и на управляемость структур на основе титанатов бария – стронция. Введение примесей магния (Mg) и марганца (Mn) позволяют управлять диэлектрическими характеристиками и электропроводностью BST [2,3]. Однако имеющихся в литературе данных недостаточно для определения механизмов транспорта заряда, условий образования объёмного заряда и связанного с ним диэлектрического гистерезиса, роли контакта металл – BST.

В настоящей работе представлены результаты исследований вольт-амперных характеристик объёмных структур $Me/SrTiO_3/Me$ и $Me/BST/Me$ с 12 вес. % магнийсодержащей добавки, а также планарных мультиферроидных структур $Cu-Cr/BSTO/\alpha-Al_2O_3$ и $Cu-Cr/BSTO/GGG$ с концентрацией Mn 10 вес. %, 15 вес. %, 20 вес. %.

Ток сквозной проводимости в структурах $Me/SrTiO_3/Me$ на основе высококачественных кристаллов $SrTiO_3$ в интервале температур (450 – 200) К определяется термоэлектронной ионизацией примесей (эффект Френкеля – Пула) в объёме диэлектрика и эмиссией Шоттки из металла в диэлектрик. Удельная электропроводность монокристаллов титаната стронция при 300 К составляет $\sigma = 3 \cdot 10^{-11} \text{ Ом}^{-1}\text{м}^{-1}$.

На ВАХ керамических образцов $Me/BST/Me$ с 12 вес. % Mg в общем случае наблюдались: 1) омическая проводимость; 2) горизонтальный участок ВАХ, либо участок отрицательного дифференциального сопротивления; 3) участок экспоненциального

возрастания тока; и 4) участок вертикального роста тока, соответствующий режиму предельного заполнения ловушек. Удельная электропроводность керамических образцов BST при 300 К составляет $\sigma = 10^{-10} \text{ Ом}^{-1}\text{м}^{-1}$.

Анализ механизмов проводимости в планарных мультиферроидных структурах позволяет сделать вывод о том, что при низких электрических полях (0,35 МВ/см) при всех концентрациях Mn наблюдается омическая проводимость. Наиболее выраженным механизмом проводимости для образцов с 10 вес. % и с 15 вес. % Mn (в полях от 0,35 до 2,5 МВ/см) является эмиссия Шоттки. При более высоких значениях полей в структурах BST с 10 вес.% существует ловушечное туннелирование, а в структурах BST с 15 вес. % Mn имеет место туннелирование Фаулера – Нордгейма. Влияние материала подложки на механизмы тока утечки в легированных Mn тонких плёнках BST не было обнаружено.

В результате проведённых исследований было установлено, что для объёмных структур Me/SrTiO₃/Me контактные области начинают определять проводимость структуры при толщине кристаллов SrTiO₃ $h \leq 0,1$ мм, а для структур Me/BST/Me контактные области определяют проводимость при толщине керамики BST $h \leq 0,3$ мм. Для планарных мультиферроидных структур эмиссия Шоттки на границе металла – диэлектрик играет существенную роль во всём диапазоне напряжённостей полей. Наибольшее сопротивление $R = 10^{11}$ Ом имели мультиферроидные структуры Cu-Cr/BSTO/ α -Al₂O₃ с 15 вес. % Mn.

Исследование выполнено при поддержке гранта Президента РФ для молодых ученых-кандидатов наук МК-6229.2015.8

Библиографический список

1. Вендик О.Г. Сегнетоэлектрики в технике СВЧ/ О.Г. Вендик и др.// – Москва: Советское радио – 1979. – С.272.
2. Nenasheva E.A. Low loss microwave ceramics for high power tunable devices / Nenasheva E.A., Kartenko N.F., Gaidamaka I.M., Trubitsyna O.M., Redozubov S.S., Dedyk A.I., Kanareykin A.D. // -J. of Eur Cer. Soc. – 2010. Vol. 30. – pp. 395 400.
3. Семенов А.А. Исследование сегнетоэлектрических многослойных структур со свойствами мультиферроиков на основе пленок BSTO / Семенов А.А., Дедык А.И., Мыльников И.Л., Пахомов О.В., Богачев Ю.В., Князев М.Н., Павлова Ю.В., Белявский П.Ю. // – ФТТ. – 2015. – Т. 57. – Вып.3. – С. 523-530.