

Вольтамперные характеристики плоскопараллельных структур на основе титаната бария легированного марганцем.

А.В. Степовой

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»

Титанат стронция, титанат бария (ВТО) и их твёрдые растворы являются сегнетоэлектриками, наиболее широко используемыми в СВЧ микроэлектронике. Кристаллическая структура и состав материалов определяют диэлектрические свойства СВЧ приборов на их основе [1]. Токи сквозной проводимости в этих материалах оказывают влияние на диэлектрические потери, диэлектрический гистерезис и на управляемость структур на основе титаната бария. Введение примесей марганца (Mn) позволяет управлять диэлектрическими характеристиками и электропроводностью ВТО [2,3]. Однако имеющихся в литературе данных недостаточно для определения механизмов транспорта заряда, роли контакта металл – ВТО.

В настоящей работе представлены результаты исследований вольтамперных характеристик плоскопараллельных структур Me/ВТО/Me и Me/ВТО+Mn/Me с разной степенью легирования.

Анализ механизмов проводимости в плоскопараллельных структурах позволяет сделать вывод о том, что при низких электрических полях при всех концентрациях Mn наблюдается омическая проводимость. Наиболее выраженным механизмом проводимости для образцов с 5 вес. % и с 20 вес. % Mn является эмиссия Шоттки. При более высоких значениях полей в структурах ВТО с 5 вес.% существует механизм Пула-Френкеля, а также в структурах с 5 и 20 вес. % Mn имеет место туннелирование Фаулера – Нордгейма.

ВЫВОДЫ

В результате исследования ВАХ плоскопараллельных структур на основе титаната бария, легированного марганцем, установлено, что:

- 1) в структурах наблюдаются следующие механизмы электропроводности: эмиссия Шоттки, эффект Пула-Френкеля, туннельные механизмы (по типу Фаулера-Нордгейма).
- 2) наибольшим сопротивлением $R=65.8$ ГОм до отжига обладают чистые образцы ВТО.
- 3) наибольшим сопротивлением $R=33.3$ ГОм после отжига обладают ВТО+5%Mn.
- 4) определяющую роль в электропроводности керамических плоскопараллельных структур на основе ВТО играет контакт Шоттки.
- 5) отжиг существенно улучшает резистивные свойства легированных структур.

Литература:

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.

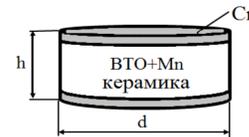
Исследуемые структуры

До отжига:

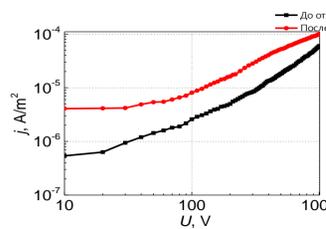
	Толщина (h), мм	Диаметр (d), мм
ВТО чистый	0.65	9.5
ВТО+15%Mn	1.1	9.8
ВТО+20%Mn	1.5	10

После отжига:

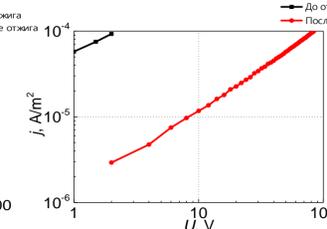
	Толщина (h), мм	Диаметр (d), мм
ВТО чистый	0.95	9.2
ВТО+5%Mn	1.11	9.8
ВТО+15%Mn	0.99	9.6
ВТО+20%Mn	1.23	9.8



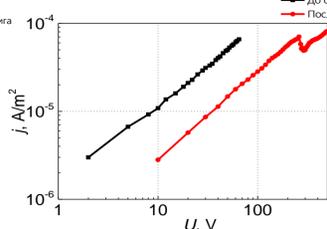
ВАХ чистых образцов ВТО до и после отжига



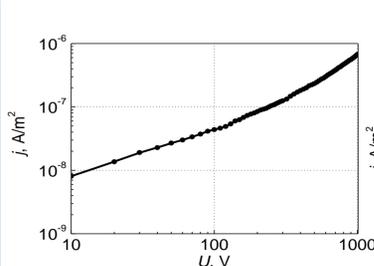
ВАХ образцов ВТО легированных 15% марганца до и после отжига



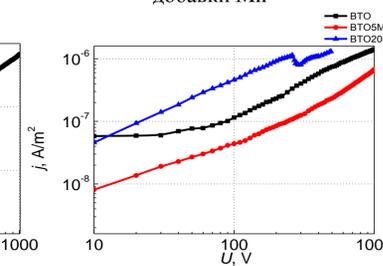
ВАХ образцов ВТО легированных 20% марганца до и после отжига



ВАХ образца ВТО легированного 5% марганца



ВАХ структур Me/ВТО/Me с различной концентрацией добавки Mn



— ВТО - чистый ВТО
— ВТО5M - ВТО+5%Mn
— ВТО20M - ВТО+20%Mn

Сопротивление исследованных образцов:

1. Чистый ВТО

До отжига: $R = 65.8$ ГОм
После отжига: $R = 15.5$ ГОм

2. ВТО+5%Mn

После отжига: $R = 33.3$ ГОм

3. ВТО+15%Mn

До отжига: $R = 26$ МОм
После отжига: $R = 850$ МОм

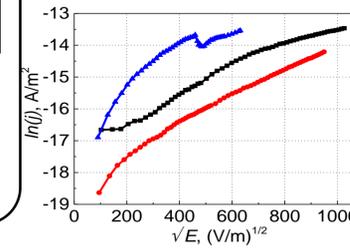
4. ВТО+20%Mn

До отжига: $R = 669$ МОм
После отжига: $R = 3.01$ ГОм

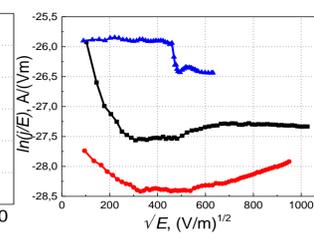
Исследование механизмов проводимости в образцах

Эффект Шоттки

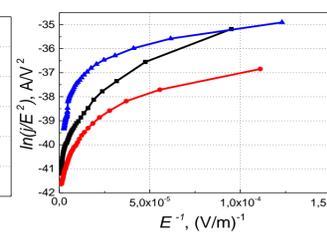
Общие графики для исследованных образцов:



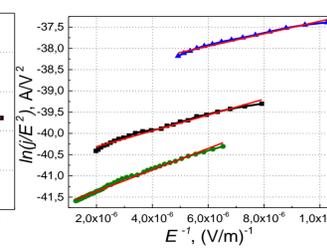
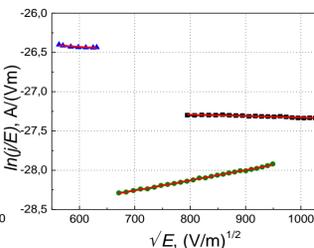
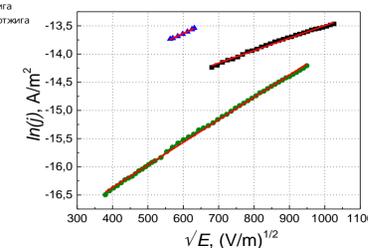
Эффект Пула-Френкеля



Туннельные механизмы (Фаулер-Нордгейм)



Графики с применением аппроксимации:



Критерии Пирсона для полученных аппроксимаций:

	Эффект Шоттки	Эффект Пула-Френкеля	Туннельные механизмы
ВТО	0.99682	-0.93947	0.99145
ВТО+5%Mn	0.99944	0.99887	0.99625
ВТО+20%Mn	0.9977	-0.89079	0.9902

Механизмы проводимости	Образцы
Омическая проводимость $J = \sigma E$	Во всех рассмотренных образцах
Эмиссия Шоттки $J = AT^2 \exp\left(\frac{1}{kT} \sqrt{\frac{q^3 E}{4\pi\epsilon_0\epsilon_d}}\right)$	Основной механизм: ➢ в чистом ВТО при $U \geq 440$ В; ➢ в ВТО+5%Mn при $U \geq 160$ В; ➢ в ВТО+20%Mn при $U \geq 390$ В. В ВТО+15%Mn данный механизм не наблюдался в исследуемых пределах плотностей тока.
Эффект Пула-Френкеля $J = C_{PF} E \exp\left(\frac{q\phi_t - \beta\sqrt{E}}{\xi kT}\right)$	Основной механизм: ➢ в ВТО+5%Mn при $U \geq 500$ В; В остальных образцах данный эффект не был обнаружен в исследуемых диапазонах плотностей тока.
Туннельные механизмы (по типу Фаулера-Нордгейма) $J \propto C_t E^2 \exp\left(-\frac{\alpha}{E} \phi_t^{3/2}\right)$	Механизм присутствует: ➢ в чистом ВТО при U от 120 до 480 В; ➢ в ВТО+5%Mn при U от 170 до 880 В; ➢ в ВТО+20%Mn при U от 120 до 250 В. В образце ВТО+15%Mn данный механизм отсутствовал в исследуемых диапазонах плотностей тока.