

ФИЗИКА ПОЛУПРОВОДНИКОВ И ДИЭЛЕКТРИКОВ

УДК 537.9

DOI: 10.17223/00213411/63/7/31

Ю.С. ЖИДИК^{1,2}, П.Е. ТРОЯН¹, В.В. КОЗИК³, С.А. КОЗЮХИН^{3,4}, А.В. ЗАБОЛОТСКАЯ³, С.А. КУЗНЕЦОВА³

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПЛЕНОК ИТО *

Приведены результаты исследования электрофизических характеристик пленок ИТО, полученных методом магнетронного распыления. Показано, что значительному увеличению электропроводности пленок ИТО способствует проведение высокотемпературного отжига вследствие двух процессов. Во-первых, высокотемпературная обработка пленок ИТО после их синтеза способствует образованию кристаллической структуры, за счет чего увеличивается подвижность носителей заряда. Во-вторых, в результате проведения высокотемпературного отжига примесь в пленках ИТО становится полностью электрически активной, что приводит к увеличению концентрации электронов проводимости и смене механизма электропроводности от полупроводникового к металлическому.

Ключевые слова: пленки ИТО, электропроводность, удельное сопротивление, подвижность носителей заряда, концентрация носителей заряда.

Введение

В настоящее время характеристики современных приборов микро- и нанoeлектроники в значительной степени определяются низкоразмерными свойствами полупроводниковых материалов. В отличие от традиционных полупроводниковых материалов оксиды переходных металлов обладают более широким спектром электрофизических свойств, например сочетанием высокой электропроводности и высокого коэффициента пропускания в видимой части спектра. С учетом этого все большую значимость приобретает новое направление развития электроники, базирующееся не на основе кремния, а на основе оксидных полупроводниковых материалов, – прозрачная электроника [1–3]. В связи с этим изучение электрофизических свойств прозрачных проводящих оксидов металлов является актуальной задачей.

Наиболее используемый на данный момент в электронике материал такого класса – тонкие пленки оксида индия, легированного оловом (Indium Tin Oxide, ИТО). Оксид индия относится к вырожденным полупроводникам *n*-типа [4] с широкой запрещенной зоной (от 3.6 до 4.3 эВ) при ширине зоны вырождения $(3-5)kT$. Наличие высокой концентрации электронов проводимости в пленках ИТО обусловлено отклонением их состава от стехиометрии [5]. Электроны проводимости в таких пленках доставляются из донорных состояний, связанных с кислородными вакансиями или избытком ионов металла [3].

Относительно низкая энергия образования обычных прозрачных проводящих оксидов способствует большому дефициту кислорода даже в условиях равновесного роста [6]. Формула оксида индия в таком случае может быть записана как $\text{In}_2\text{O}_{3-x}(\text{V})_x$, где V – дважды заряженная вакансия кислорода донорного типа, поставляющая в зону проводимости два свободных электрона. Значения параметра *x* обычно менее 0.01 [7]. Концентрация свободных носителей заряда составляет $10^{19}-10^{20} \text{ см}^{-3}$. Повысить концентрацию электронов проводимости ИТО-пленок удастся путем их легирования четырехвалентным оловом, замещающим ионы In^{3+} , и кислородными вакансиями, образованными во время роста пленок или в результате высокотемпературного отжига, проводимого после осаждения пленок, что приводит к образованию соединения $\text{In}_{2-y}\text{Sn}_y\text{O}_{3-2y-x}(\text{V})_x$. В результате такого легирования концентрация свободных носителей заряда возрастает до 10^{21} см^{-3} , а их подвижность составляет от 10 до 30 $\text{см}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$ [5].

В связи с наличием двух одновременно взаимодействующих механизмов электропроводности вопросом, требующим своего решения, является детальное исследование механизмов проводимости и электрофизических свойств тонких пленок ИТО.

* Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-29-11037. Исследуемые образцы подготовлены в лаборатории ЛИОР ТУСУРа с использованием оборудования ЦКП «Импульс».

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://www.elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>