

ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРНО-ФАЗОВЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ НА ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ НАНОКОМПОЗИТОВ НА БАЗЕ “СТЕКЛО – $\text{Bi}_2\text{Ru}_2\text{O}_7$, Ag-Pd”

Ш.Д. Курмашев, Т.И. Лавренова, Т.Н. Бугаева

*Одесский национальный университет имени И.И. Мечникова,
ул. Дворянская 2, 65082, г. Одесса, Украина.*

Композиционные полупроводниковые структуры на базе “стекло – $\text{Bi}_2\text{Ru}_2\text{O}_7$, Ag-Pd” используются в качестве резистивных и проводниковых элементов гибридных интегральных схем и солнечных батарей. Данные структуры обладают низкой воспроизводимостью электрофизических параметров.

В работе исследовали влияние структурно-фазовых особенностей, дисперсности исходных материалов и температурных режимов отжига в системах “стекло – $\text{Bi}_2\text{Ru}_2\text{O}_7$, Ag-Pd” на их удельное поверхностное сопротивление и механические свойства. Установлено, что увеличение сопротивления (~50%) толстых пленок стекло – $\text{Bi}_2\text{Ru}_2\text{O}_7$ обусловлено образованием в процессе отжига исходных паст карбидов кремния, карбидов и боридов алюминия. Показано, что режимы первой стадии термообработки – выжигание органической связки оказывает большое влияние на воспроизводимость сопротивления пленки. Неполное удаление органической связки при отжиге паст приводит к выделению углерода и образованию карбидов металлов, которые увеличивают сопротивление пленок.

Получены зависимости сопротивления структур стекло – $\text{Bi}_2\text{Ru}_2\text{O}_7$ от размеров частиц стекла (0,5 мкм, 1 мкм, 3 мкм и 5 мкм) в диапазоне температур отжига 500°C - 900 °C при разных соотношениях концентраций исходных компонентов. Установлено, что сопротивление пленки (50% $\text{Bi}_2\text{Ru}_2\text{O}_7$ и 50% стекла) практически не зависит от размеров частиц в данном диапазоне температур. Однако, при увеличении концентрации стекла (от 50% до 90%) сопротивление толстой пленки зависит как от размеров частиц, так и температуры отжига, причем изменение сопротивления достигает 2-х - 4-х порядков. При использовании гомогенных порошков исходных материалов с фиксированными размерами частиц сила сцепления толстой пленки с подложкой составляет 10^7 Н/м² и при ускоренных испытаниях в камере тепла и влажности КТВ-0,5-65/155 (температура – 130°C, относительная влажность окружающей среды – 98%.) уменьшается незначительно (от 10^7 Н/м² до $5,5 \cdot 10^6$ Н/м²), а после 160

часов испытаний не изменяется. При использовании неомогенных порошков исходных материалов, размеры частиц которых лежат в пределах от долей микрона до 5-7 микрон, после ускоренных испытаний (при тех же условиях) происходит полное отделение толстой пленки от подложки.

Установлено, что на границе раздела стекло – $\text{Bi}_2\text{Ru}_2\text{O}_7$ – стекло - Ag-Pd в процессе отжига происходит диффузия серебра в тело резистивной пленки, уменьшая ее сопротивление. Глубина диффузии серебра зависит от температурных режимов отжига (температура и время термообработки), концентрации проводящей фазы рутения и достигает 330 – 750 мкм, что необходимо учитывать при проектировании толстопленочных элементов ГИС.

Исследовано влияние структурно-фазовых особенностей проводниковых композитов “стекло – Ag-Pd” на их механические свойства. В масс-спектре толстых пленок зарегистрированы ионы, которые являются осколками соединений AgPd и Ag_2Pd_3 . Подобные соединения уплотняют структуру и увеличивают механическую прочность пленок.

В масс-спектрах толстых пленок наблюдаются интенсивные пики H_3O^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , K^+ , Al^{3+} с ОН-группами. ИК-спектроскопия МНПВО адгезионной области и поверхности пленок также показала наличие ОН-групп. Присутствие гидратированных ионов и связанной воды можно объяснить образованием сольватных и гидратных структур типа $\text{Me}(\text{OH}_2)_k^1$, которые уплотняют микроструктуру толстой пленки.

Установлено, что при наличии в стеклянной матрице интерметаллических соединений AgPd и Ag_2Pd_3 и фаз сложной пространственной структуры типа $\text{Me}(\text{OH}_2)_k^1$ сила сцепления толстой пленки с подложкой велика и составляет 8,5 Мпа, при ускоренных испытаниях ($T=130^\circ\text{C}$; относительная влажность окружающей среды 98%) уменьшается незначительно (от $8,5 \cdot 10^7$ Н/м² до $5 \cdot 10^7$ Н/м²) и после 200 часов испытаний не изменяется. Исследовано влияние кристаллической фазы SiO_2 и изменение ее объема в процессе термообработки пленок и под действием рентгеновского излучения на электрофизические параметры полупроводниковых структур на базе стекло – $\text{Bi}_2\text{Ru}_2\text{O}_7$. Показано, что наличие кристаллической фазы α - SiO_2 в исходных порошках стекол и увеличение ее объема в процессе отжига и под действием рентгеновского облучения (общая доза облучения - 300 Р) приводит к увеличению удельного поверхностного сопротивления толстой пленки стекло – $\text{Bi}_2\text{Ru}_2\text{O}_7$ на 10 %.