

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ФІЗИКА, ЕЛЕКТРОНІКА,
ЕЛЕКТРОТЕХНІКА

ФЕЕ :: 2017

**МАТЕРІАЛИ
та програма**

НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

(Суми, 17–21 квітня 2017 року)



Суми
Сумський державний університет
2017

Електричні властивості матеріалів плівкових омічних контактів на основі Fe, Cu, Cr і Ge

Власенко О.В., асистент; Захарченко Н.М., старший викладач;
Однодворець Л.В., професор
Сумський державний університет, м. Суми

Плівкові матеріали на основі металів і напівпровідників широко використовуються в електронній і сенсорній техніці. З точки зору формування омічних контактів напівпровідники (НП) можна розділити на дві групи. Перша група – НП із низькою щільністю поверхневих станів, розташованих в глибині забороненої зони (наприклад, ZnSe, SiC). Друга група – НП з високою щільністю поверхневих станів, розташованих в глибині забороненої зони (наприклад, Si, Ge, GaAs). У цих матеріалах величина роботи виходу електронів з контактує металу слабо впливає на його властивості. Виготовлення омічного контакту до таких напівпровідників зводиться або до сильного легування приповерхневої області для можливості тунельного проходження межі поділу електронами або до формування в області переходу хімічних сполук (процеси фазоутворення), що істотно знижує висоту потенційного бар'єру метал/напівпровідник. Тонкоплівкові омічні контакти на основі металів і напівпровідників можна розглядати як бар'єри Шоттки з вузьким потенціальним бар'єром.

Мета роботи полягала у визначенні електричних параметрів (ТКО і опір омічного контакту) плівкових матеріалів на основі металів (Fe, Cr або Cu) і напівпровідника (Ge) з точки зору можливості їх практичного застосування.

Матеріали для формування контактів повинні мати високу температурну стабільність і відповідно низький температурний коефіцієнт опору $\beta \sim 10^{-4} - 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ у робочому діапазоні температур; при прямому зміщенні забезпечувати інжекцію основних носіїв у НП, при зворотному зміщенні – перешкоджати інжекції неосновних носіїв у НП плівку; мати мінімальний електричний опір і лінійну вольт-амперну характеристику. Такі умови виконуються при правильному підборі пари метал (Me)/напівпровідник (НП). Для пари Me/НП *n*-типу робота виходу електронів із металу (A_{Me}) менша за роботу виходу електронів із напівпровідника ($A_{\text{НП}}$). У такій парі енергія електронів у металі більша, ніж у напівпровіднику, і при встановленні термодинамічної рівноваги

частина електронів з металу перетікає в напівпровідник. Рівні Фермі W_F в металі та напівпровіднику вирівнюються. Контактне електричне поле E_k направлене з Me у НП, що призводить до вигину рівнів енергії дна зони провідності W_c і зверху валентної зони W_v в області, збагаченій електронами. Однак напруженість контактного поля на кілька порядків менше за внутрішньоатомну, тому ширина забороненої зони і зовнішня робота виходу залишаються постійними.

Електричне поле сприяє дрейфу основних носіїв (електронів) з напівпровідника в метал і перешкоджає дрейфу неосновних носіїв. Якщо ж за рахунок вибору матеріалів величини робіт виходу електронів із металу і напівпровідника відрізняються несуттєво $A_{Me} \cong A_{НП}$ ($A_{Fe} \approx 4,31$ еВ; $A_{Cu} \approx 4,36$ еВ; $A_{Cr} \approx 4,60$ еВ і $A_{Ge} \approx 4,40$ еВ), то висота бар'єра буде мінімальною.

Проведено розрахунок опорів омічних контактів з лінійними симетричними вольт-амперними характеристиками на основі співвідношення [1]: $R_c = [(\rho + \beta\Delta T)W] / \pi r^2 p$, де $\rho \sim 10^{-7}$ Ом·м – питомий опір металу при $T \rightarrow 0$; $R(0)$ – опір зразка при початковій температурі вимірювання; $W \cong 1$ нм – ширина шару об'ємного заряду; $p \cong 2,1 \cdot 10^{10}$ м⁻² – густина дислокацій у плівці Ge, на яких можуть адсорбуватись атоми металу; r – атомні радіуси металів ($r_{Fe} = 0,126$ нм, $r_{Cu} = 0,145$ нм і $r_{Cr} = 0,166$ нм). Отримано наступні значення при $R_c < 1$ Ом/м²: 0,12 – 0,13 (Ge/Cu/П); 0,30 – 0,32 (Fe/Ge/П) та 0,03 – 0,04 (Ge/Cr/П) Ом/м² (П – ситалова підкладка), які підтверджують, що контакти на основі металів (Fe, Cu або Cr) і НП (Ge) не будуть впливати на робочі параметри елементів електронних приладів.

Результати вимірювання ТКО плівкових матеріалів у температурному інтервалі $\Delta T = 300 - 800$ К вказують на те, що плівки мають відносно високий питомий опір $\rho \cong (0,1 - 2,0) \cdot 10^{-6}$ Ом·м і низький коефіцієнт β (Fe/Ge/П) $\cong (5,8 - 6,2) \cdot 10^{-4}$ К⁻¹; β (Ge/Cu/П) $\cong (5,6 - 6,8) \cdot 10^{-4}$ К⁻¹ і β (Ge/Cr/П) $\cong (2,8 - 3,3) \cdot 10^{-5}$ К⁻¹ в інтервалі товщин 20 – 80 нм, що також відповідає вимогам до матеріалів омічних контактів.

1. Бланк Т.В., Гольдберг Ю.А. *ФТП* **41** Вып. 11, 1281 (2007).