

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 ( $A_{\text{Me}}$ ) 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 Ме 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<sup>-2</sup> – 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/м<sup>2</sup>: 0,12 – 0,13 (Ge/Cu/П); 0,30 – 0,32 (Fe/Ge/П) та 0,03 – 0,04 (Ge/Cr/П) Ом/м<sup>2</sup> (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  $\beta$  (Fe/Ge/П)  $\cong (5,8 - 6,2) \cdot 10^{-4}$  К<sup>-1</sup>;  $\beta$  (Ge/Cu/П)  $\cong (5,6 - 6,8) \cdot 10^{-4}$  К<sup>-1</sup> і  $\beta$  (Ge/Cr/П)  $\cong (2,8 - 3,3) \cdot 10^{-5}$  К<sup>-1</sup> 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).