

УДК 537.311.322

Руслан Гуль¹, Павло Лісняк²

¹*Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя,
м. Тернопіль, Україна*

²*Бережанський агротехнічний інститут,
м. Бережани, Україна*

ВПЛИВ ПАРІВ ЕФІРУ НА ЕЛЕКТРОФІЗИЧНІ ПАРАМЕТРИ ГЕТЕРОСТРУКТУР SnO₂–n–Si.

В даній роботі наведено результати досліджень впливу насичених парів ефіру на електрофізичні властивості контактів SnO₂–n–Si. Контакти диоксид олова-n-кремній отримано шляхом окиснення плівки олова, яку наносили на пластину кремнію шляхом термічного розпорошення олова у вакуумній камері. Після нанесення плівку відпалювали в кисневій атмосфері, внаслідок чого плівка окислювалась і утворювався диоксид олова. Пластини кремнію товщиною 300 мкм виготовлялись із кремнію КЕФ, питомий опір якого становив 0,3 Ом см і були орієнтовані гранню <111>. Омичним контактом служила індій-галієва паста, а контактом з диоксидом олова служив притиснутий залізний зонд. Описаним вище методом було виготовлено зразки з товщиною плівки 20, 40, 60, 80 і 100 нм. Експериментально вивчались вольт-амперні характеристики та вольт-фарадні характеристики вказаних п'яти груп контактів як до дії, так і після дії на них насиченої пари ефіру.

Дослідження впливу газового середовища на поверхнево-бар'єрні структури проводилось за такою схемою: контакти SnO₂–n–Si з товщиною плівки 20 нм, 40 нм, 60 нм, 80 нм і 100 нм поміщались в герметичну камеру, в якій знаходилось повітря, тиск якого дорівнював атмосферному тиску. Після цього вимірювались вольт-амперні (ВАХ) та вольт-фарадні (С-V) характеристики. По завершенні вимірювань в камеру вводилась невелика кількість ефіру, який, випаровуючись, утворював насичену пару. Після утворення суміші атмосферного повітря і насиченої пари ефіру зразок витримувався в камері близько 30 хв. і після цього вимірювались ВАХ та С-V характеристики.

На рисунку 1 показано типову ВАХ контактів SnO₂–Si (товщина плівки оксиду становила 20 нм), виміряну при кімнатній температурі, коли зразок містився:

- 1) у звичайній атмосфері (крива 1);
- 2) в атмосфері, що містить насичену пару ефіру (крива 2).

Як видно із малюнка, пряма гілка ВАХ під дією парів ефіру не змінюється, а зворотний струм зростає. Із зростанням зворотної напруги вплив пари ефіру посилюється. Наприклад, якщо під дією пари ефіру сила зворотного струму зростає в 1,4 рази, коли до зразка прикладена напруга 1 В, то коли до зразка прикласти напругу 3В, сила струму зростає в 1,7 рази.

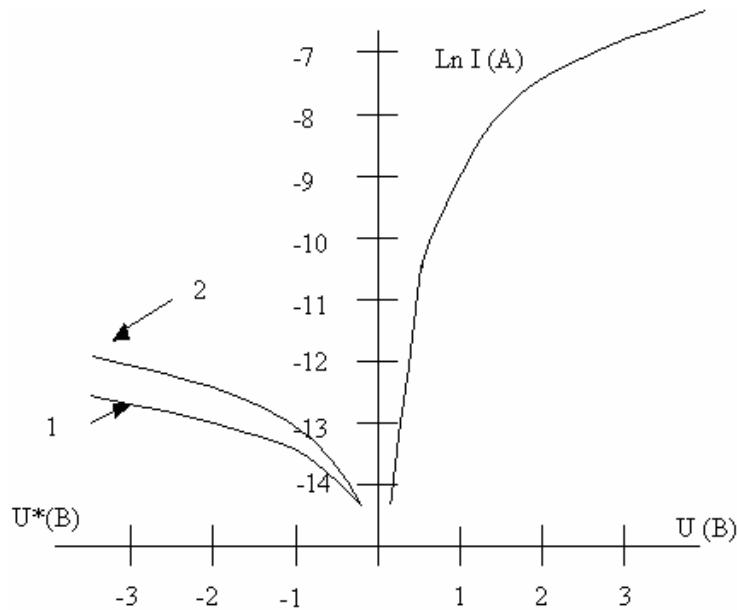


Рисунок 1 - Типові залежності ВАХ контактів SnO₂– n – Si для товщини плівки h=20 нм у звичайній атмосфері (крива 1) і в атмосфері, що містить насичену пару ефіру (крива 2)

Це говорить про те, що ефект впливу пари ефіру зростає із збільшенням зворотної напруги. Параметр ВАХ α визначається за формулою $\alpha = \frac{d \ln I}{dV}$, не змінювався, а параметр α^* , що визначається за формулою $\alpha^* = \frac{d \ln I^*}{dV^*}$ - змінювався.

Дослідження залежності зміни зворотного струму під дією пари ефіру від товщини шару оксиду показали, що ефективність впливу насиченої пари на параметри ВАХ залежать від товщини плівки оксиду.

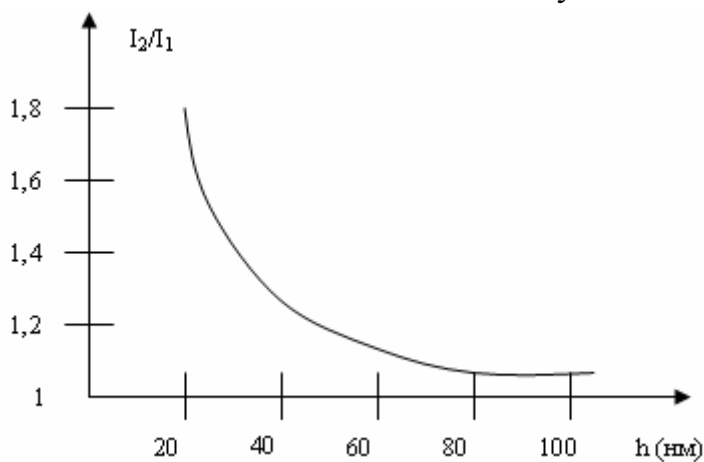


Рисунок 2 - Залежність зміни сили струму від товщини плівки оксиду олова.

На рис. 2 показано залежність зміни сили струму від товщини плівки, якщо напруга зміщення становила 3В. Як видно із малюнка, із зростанням товщини плівки відносна зміна струму зменшується внаслідок зростання товщини плівки, і коли товщина плівки досягає товщини 80 нм ($h \geq 80$ нм), впливу пари

ефіру на ВАХ не спостерігається. Із отриманих результатів можна зробити припущення про те, що із зменшенням товщини плівки ($h < 20$ нм) диоксиду металу ефективність впливу пари ефіру буде зростати.

Вимірювання вольт-фарадних характеристик проводилось на частоті 1 МГц за допомогою приладу С7-12. Як показали дослідження електроємність контактних структур, які знаходились у звичайній атмосфері, монотонно зростала і досягала насичення внаслідок прикладання прямої напруги і монотонно спадала під дією зворотної напруги.

Аналогічні зміни електроємності під дією прикладеної напруги спостерігалися і у випадку, коли досліджувані зразки знаходились в атмосфері, забрудненій насиченою парою і ефіром, але електроємність цих структур була трохи меншою. Зменшення електроємності обумовлювалось товщиною плівки диоксиду олова. Із зростанням товщини плівки відносно зміни електроємності зменшувалась.

Із вольт-фарадних характеристик визначалась висота потенціального бар'єру та параметр перехідного шару d/ε за методикою, розробленою в [1].

$$\left(\frac{dV_2}{dV_1}\right)^2 = \left(\frac{C_1 - C}{C}\right)^2 = 8(en_0\varepsilon_0\varepsilon_2)^{-1} \left(\frac{d}{\varepsilon\varepsilon_1}\right)^{-1} (\varphi_0 - eV_2)$$
$$V_2 = \frac{\varphi_0}{e} \cdot \left[\frac{1}{C_0} - \frac{1}{C_1}\right]^{-2} \left[\frac{1}{C_0} - \frac{1}{C}\right] \cdot \left[\frac{1}{C_0} + \frac{1}{C} - \frac{2}{C_1}\right],$$

$V_1 = V - V_2$, де C_0 – електроємність контакту при $V=0$.

Електроємність насичення C_1 досліджуваних структур під дією пари ефіру зменшувалась. Висота бар'єру φ_0 , визначена із залежності $\left(\frac{dV_2}{dV_1}\right)^2 = F(V_2)$,

становила 0.24 еВ і під дією пари ефіру зменшувалась на 0.08 еВ. Параметр перехідного шару d/ε , визначений для зразків, що знаходились у звичайній атмосфері, становив $5.7 \cdot 10^{-6}$ м, а для цих же зразків, які знаходились в атмосфері, яка містила насичену пару ефіру $1.2 \cdot 10^{-5}$ м.

Отримані результати показують що: досліджувані контакти змінюють свої електрофізичні параметри під дією пари ефіру; величина відгуку на дію оточуючого середовища (на пару ефіру) залежить від товщини плівки оксиду металу, із збільшенням товщини плівки величина відгуку зменшується; існує така товщина плівки, при якій досліджувані структури перестають бути чутливі до парів ефіру; спостережувані зміни ВАХ та $C-V$ –характеристик, можливо, пов'язані зі змінами параметрами перехідного шару d/ε , а сама зміна цього параметра, ймовірно, обумовлена змінами електричного заряду, який існує на поверхні перехідного шару.

1. Simon Sze, *Special Topics Semiconductor Sensors*, 576 pages
2. V.A. Vikulov, V.I. Strikha, V.A. Skryshevsku, S.S. Kilchitskaya, E. Souteyrand, J.-R. Martin. *Journal of physics D: Appl. Physics* **33**, 1957 S.S..