

Національний технічний університет України
"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"
Факультет Електроніки
Кафедра мікроелектроніки

ЗВІТ
Про виконання розрахункової роботи №1
з дисципліни: «Теорія поля»

Виконавець:
Студент 3-го курсу

(підпис)

А. С. Мнацаканов

Превірів:

(підпис)

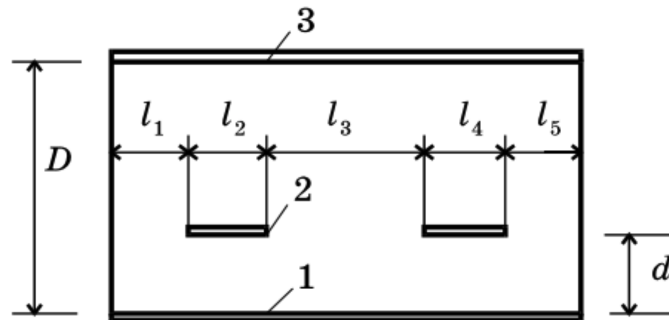
О. В. Мачулянський

ЗАВДАННЯ

1. Розрахувати розподіл потенціалу в міжелектродному просторі польового транзистора (варіант конструкції вибирається за передостанньою цифрою номера залікової книжки) з точністю до 0,01 В. Номер варіанту обирається за останньою цифрою номера залікової книжки.

2. Побудувати картини поля за допомогою екіпотенціалей і векторів напруженості електричного поля. Побудувати косокутну проекцію потенціального рельєфу $U(x,y) = -e \cdot V(x,y)$

варіант 1



$$l_1 = l_2 = l_3/2 = l_4 = l_5 = 1,0 \text{ мкм}, d = 1,0 \text{ мкм}, \\ D = 3,0 \text{ мкм} \quad 1 - \text{витік}, 2 - \text{затвор}, 3 - \text{стік}$$

вар. №	4
$-V_{3B}, B$	0.5
V_{CB}, B	3

РОЗРАХУНКИ

Одним з найбільш розповсюджених методів розрахунку розподілу потенціалу в міжелектродному просторі польового транзистора є метод скінченних різниць. В основу методу покладена заміна похідних в рівнянні Лапласа малими приростами. Розглянемо його для плоского поля $V(x, y)$. Надаючи по черзі аргументам x і y деякої неперервної функції $V(x, y)$ малого приросту з кроком h , можна приблизно (з точністю до величин другого порядку малості відносно h^2) замінити приватні похідні функції відношеннями різниць рис.1 :

$$\frac{\partial V}{\partial x} \approx \begin{cases} [V(x, y) - V(x - h, y)] / h & \text{— ліворуч,} \\ [V(x + h, y) - V(x, y)] / h & \text{— праворуч,} \end{cases}$$
$$\frac{\partial V}{\partial y} \approx \begin{cases} [V(x, y) - V(x, y - h)] / h & \text{— унизу,} \\ [V(x, y + h) - V(x, y)] / h & \text{— угорі.} \end{cases}$$

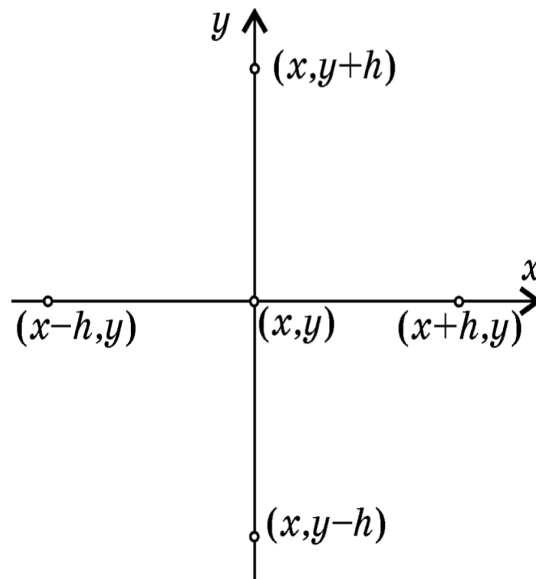


Рис. 1: П'ятиточкова схема для обчислення похідних через кінцеві прирости і розрахунку потенціалів..

Представимо всю площину транзистора як дискретний масив точок розмірністю 25x13.

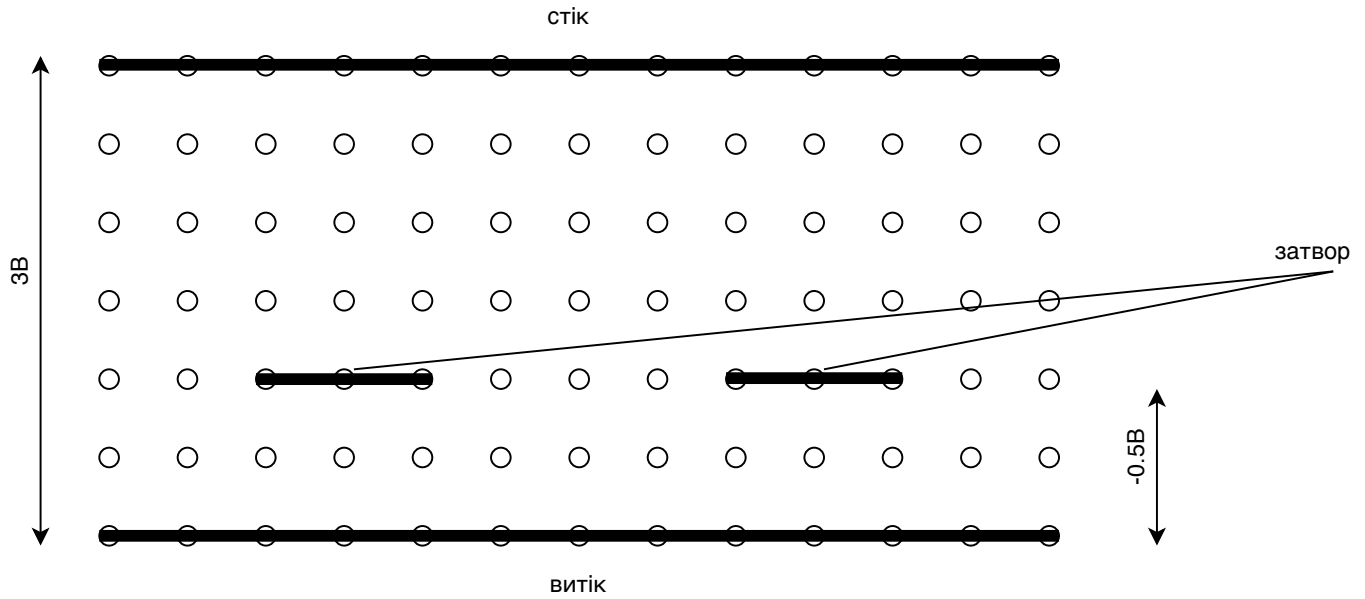


Рис. 2: Дискретизація простору інтегрування за допомогою сітки з постійним кроком 0.5 мкм^1

При цьому двомірне рівняння Лапласа

$$\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} = 0 \quad (1)$$

наближено замінюється наступним алгебраїчним рівнянням:

$$V(x + h, y) + V(x - h, y) + V(x, y + h) + V(x, y - h) - 4V(x, y) = 0 \quad (2)$$

¹Зауважимо, що для подальших розрахунків крок було зменшено вдвічі, тобто 0.25 мкм .

Спочатку програмно виведемо табл. 1 нульового наближення, а також табл.2 першого наближення.

Табл. 1: Нульове наближення

[illegible]

Табл. 2: Перше наближення

[illegible]

Результат після 39 ітерацій:

Табл. 3: Розподіл потенціалу в польовому транзисторі

[illegible]

Візуалізація цих даних було наведено на Рис. 3, Рис. 4.

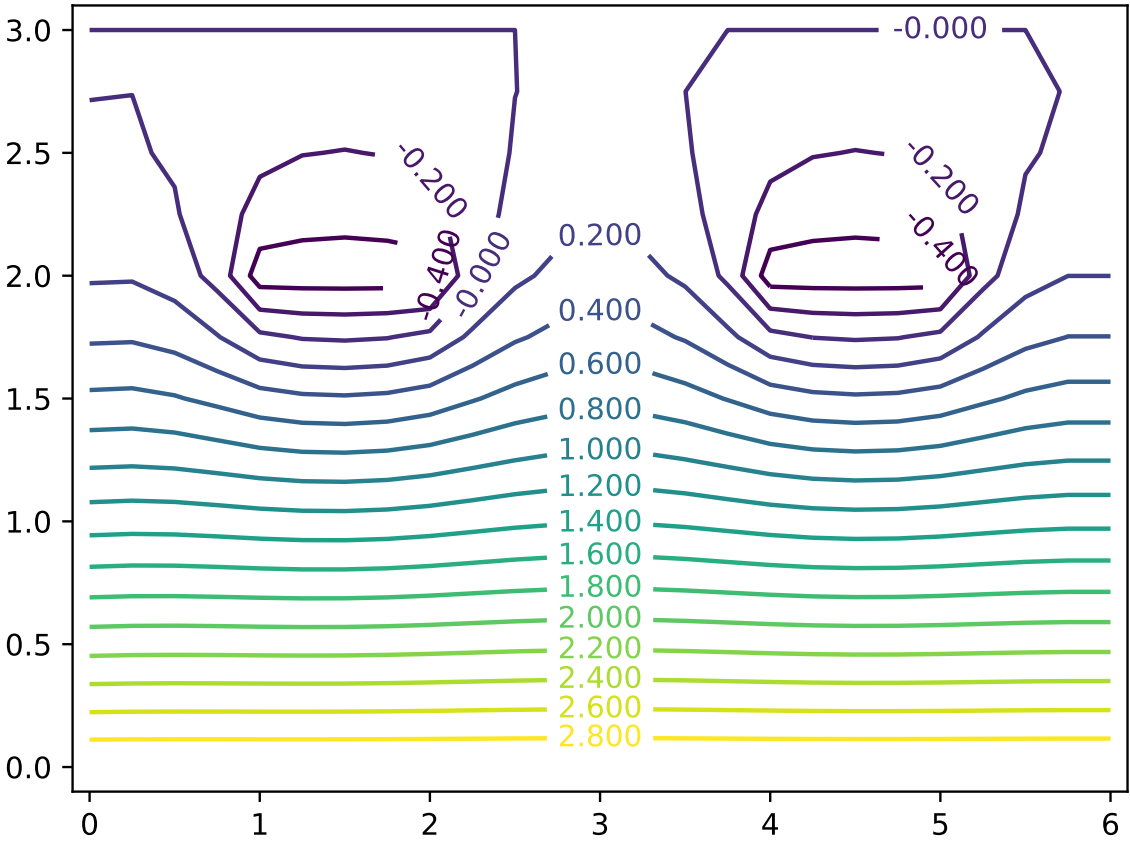


Рис. 3: Картина поля за допомогою еквіпотенціалей.

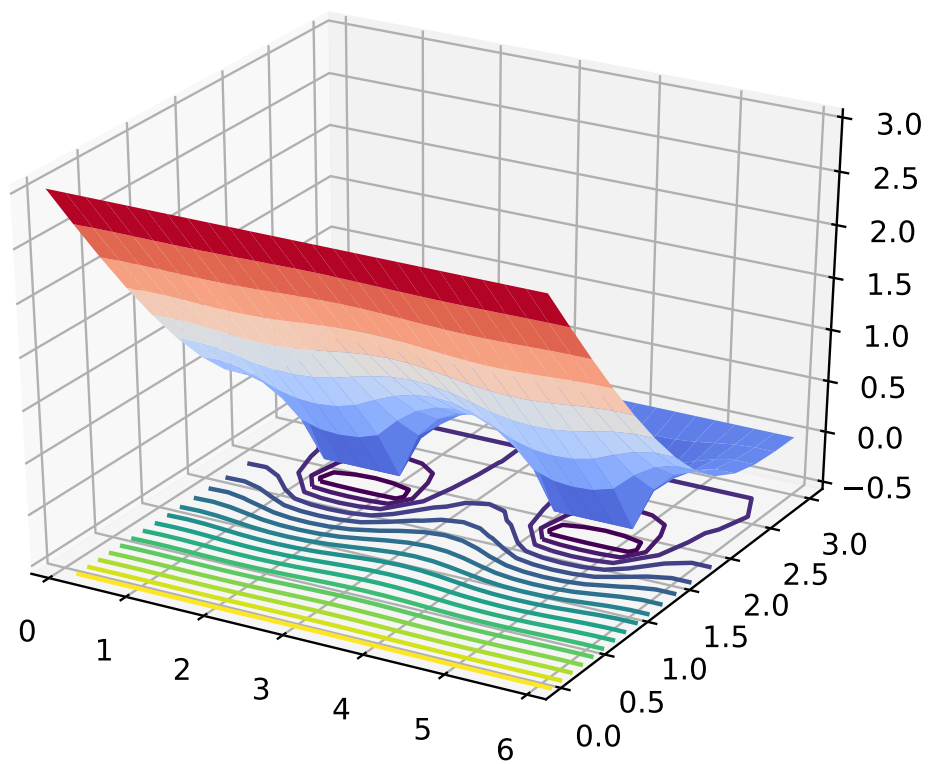


Рис. 4: Косокутна проекція потенціального рельєфу $U(x,y)$.

Розрахунок напруженості електричного поля провадиться за співвідношення $E_x = -\frac{\partial V}{\partial x}$, $E_y = -\frac{\partial V}{\partial y}$ що наближено обчислюються через кінцеві різниці. Використовуючи значення похідних зліва і справа, можна знайти середнє арифметичне

$$E_{x\ i,j} = \frac{V_{(i-1),j} + V_{(i+1),j}}{2} \quad (3)$$

$$E_{y\ i,j} = \frac{V_{i,(j-1)} + V_{i,(j+1)}}{2} \quad (4)$$

Наступним кроком я графічно зобразив вектори напруженості електричного поля в нашому польовому транзисторі (рис. 5). Дивлячись на цей рисунок можна чітко побачити що електричне поле яке прямує із стоку до затвору набагато сильніше ніж те що йде йому на зустріч, про що свідчать довжини стрілок.

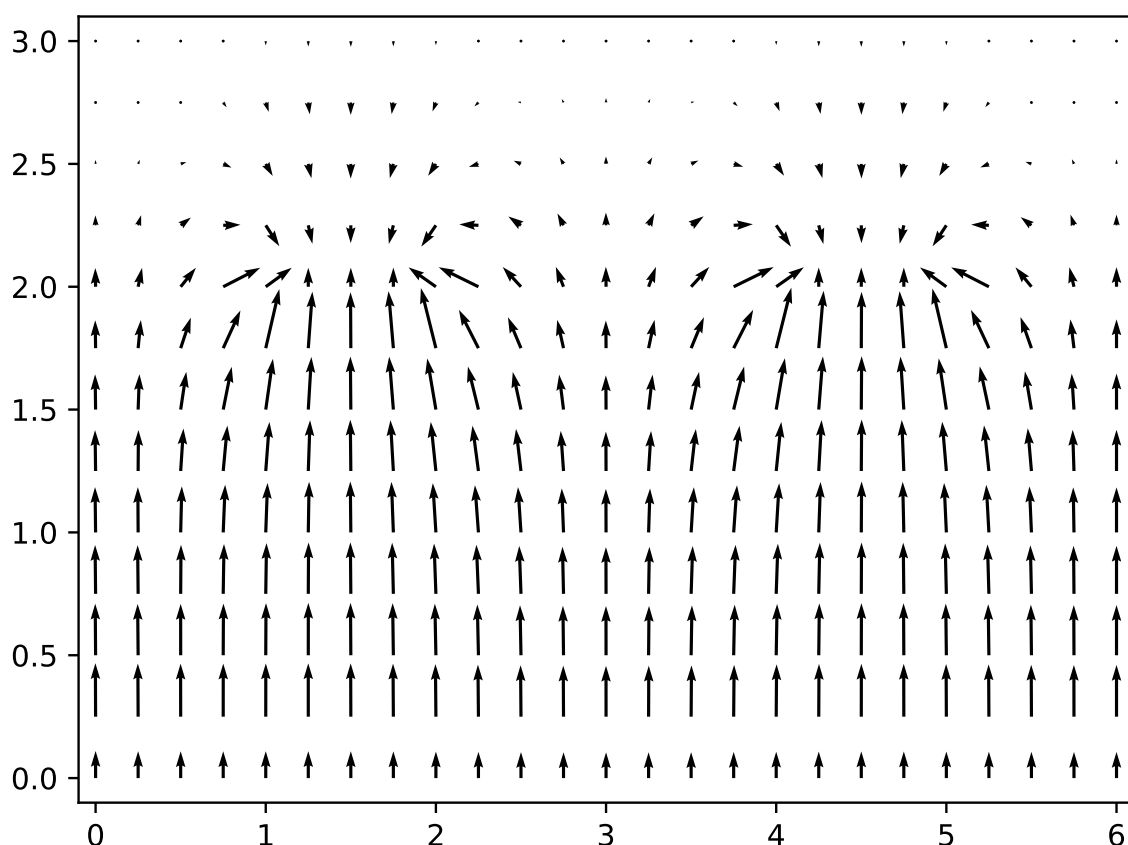


Рис. 5: Картина поля за допомогою векторів напруженості електричного поля.

Останнім кроком я побудував косокутку проекцію потенціального рельєфу
 $U(x, y) = -eV(x, y)$ рис. 6

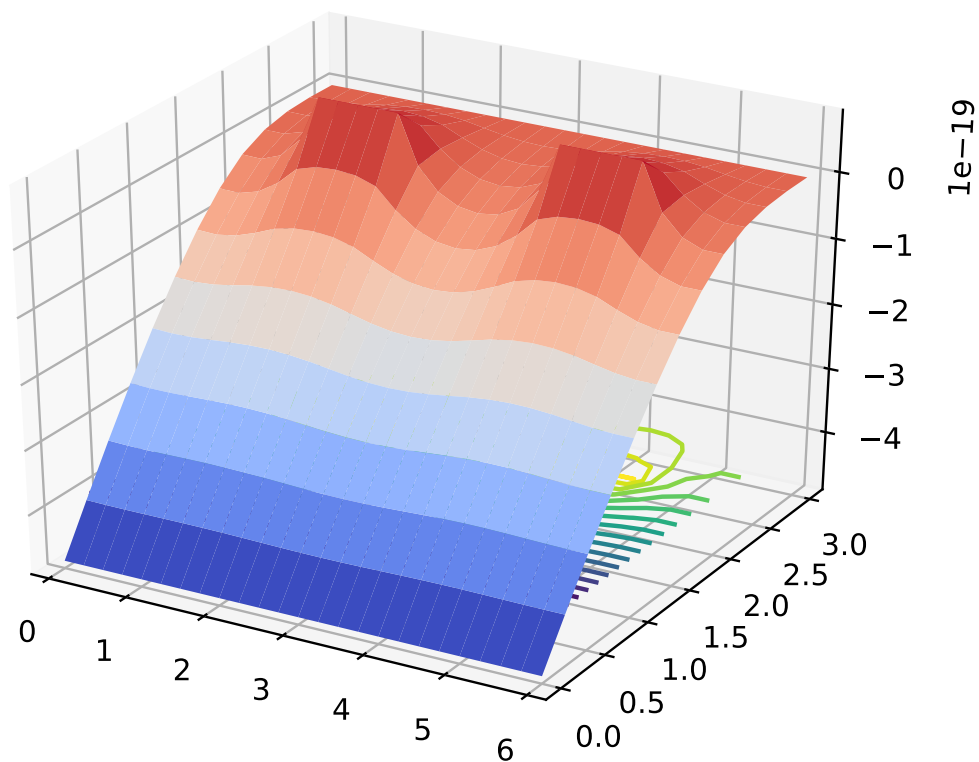


Рис. 6: Косокутна проекція потенціального рельєфу $U(x, y) = -eV(x, y)$.

Висновок:

У цій розрахунковій роботі я засвоїв принципи та методи чисельного інтегрування рівнянь Лапласа, а також способи графічно зображувати результати. Для визначення потенціалів дискретної сітки був застосований метод скінченних різниць, а також використані граничні умови Діріхле та Неймана. За допомогою ітераційного методу була досягнута задана в завданні точність $0.01V$ також були побудовані картини розподілу поля за допомогою екіпотенціальних ліній та векторів напруженості електричного поля, а також була побудована косокутна проекція потенціального рельєфу. З отриманого графіка екіпотенціалей помітні 2 ділянки, де є викривлення їх форми. Тут різко змінюється потенціал, оскільки це є затвор, на якому потенціал є постійним (в моєму випадку -0.5). При використанні векторів напруженості електричного поля, отримана картина покаже нам розподіл електричного поля в міжелектродному просторі. На отриманій же просторовій сітці, можемо побачити як вузли із розрахованим значенням потенціалу з'єднуються між собою прямими лініями, які і є екіпотенціальними лініями.