

для вузов / Под общей ред. В. А. Фролова. – М.: Радио и связь, 1984. – 224с.

3. Хоменко В. В. Элементы теории многоцелевой оптимизации. – М.: Наука, 1983. – 124с.

## **СТВОРЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ НАНОПРОВІДНИКІВ НА ОСНОВІ Ві**

Доцент каф. «Криогенної і мікроелектронної техніки» Кулик С.П.,  
студ. Козлов О.П., КНУ ім. Т.Г.Шевченка

Нові можливості у мікроелектроніці пов'язані зі зменшенням лінійних розмірів функціональних елементів. Обмеження розмірів у плівках, дротинах, пластинах та дрібнодисперсних зразках призводить до появи ряду фізичних ефектів, різноманітних за своєю природою, які в масивних зразках слабо виражені або взагалі не спостерігаються. Енергетичний спектр квазічастинок починає залежати від форми та розмірів потенціальної ями (створеної поверхнями зразка), розміри якої менші довжини хвилі де Бройля [1]. Відповідні компоненти квазіімпульса утворюють дискретну систему станів, що приводить до осциляційної залежності термодинамічних і кінетичних характеристик зразка від його розмірів. Успішними виявилися дослідження квантового розмірного ефекту в плівках напівпровідників та напівметалів. Перспективним є дослідження КРЕ на плівках напівметалу вісмуту внаслідок малої ефективної маси електрона.

На основі цих ефектів будується нова елементна база наноелектроніки. В зв'язку з цим розробляються методи створення наноструктур, які відрізняються від традиційних підходів мікроелектроніки. В основі таких методик лежить застосування принципів електронної, зондової, атомної літографії та ін.

### **Методика експериментальних досліджень**

Для створення плівки Ві, яка б мала нанорозмірні геометричні розміри по двом координатам було створено спеціальний пристрій, що показано на рис.1. На масивній станині розмішений п'єзоелемент 1, який забезпечує переміщення наконечника в діапазоні 0-4 мкм. Наконечник закінчується кулькою розміром 600мкм. Прокалібрувавши п'єзоелемент отримуємо, що для переміщення наконечника на 50нм необхідно прикласти напругу у 4,5В (без урахування похибки на

гістерезис п'єзоелемента). На одній осі з іншого боку розташований другий наконечник, що закріплений на системі мікропідводу.

Система мікропідводу 2 забезпечує переміщення наконечника на 50мкм з точністю  $\sim 0,5\text{мкм}$ . Під місцем стику наконечників розташовується підкладинка на мінімально можливій від наконечника висоті (в нашому випадку 0,5мм).

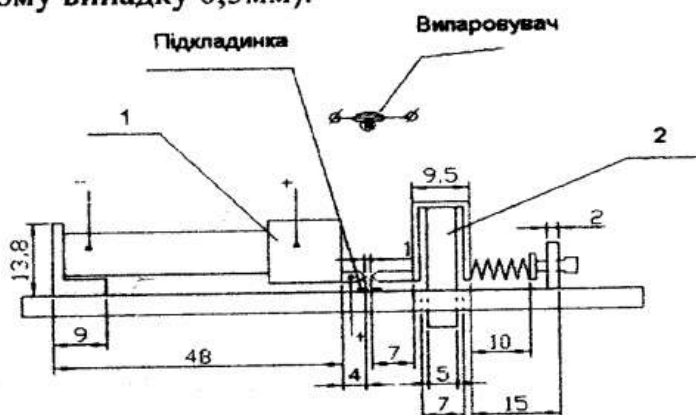


Рисунок 1 – Ескіз приладу для отримання нанорозмірних проводів. Випаровувач розміщується над утвореною наконечниками щілиною незалежно від приладу, що забезпечує регулювання висоти, а відповідно і кількості напорошення.

**Результати експериментальних досліджень та їх аналіз**

В ході експерименту було створено близько 10 структур приблизно в однакових умовах. Оцінка товщини складала від 10 до 60нм. Ширина утвореного звуження мала коливатись між значеннями 0,5-50мкм. Відповідно довжина максимального звуження  $\sim 5-100\text{мкм}$ . На рис.2 показано наноструктуру Ві створену за даною методикою.

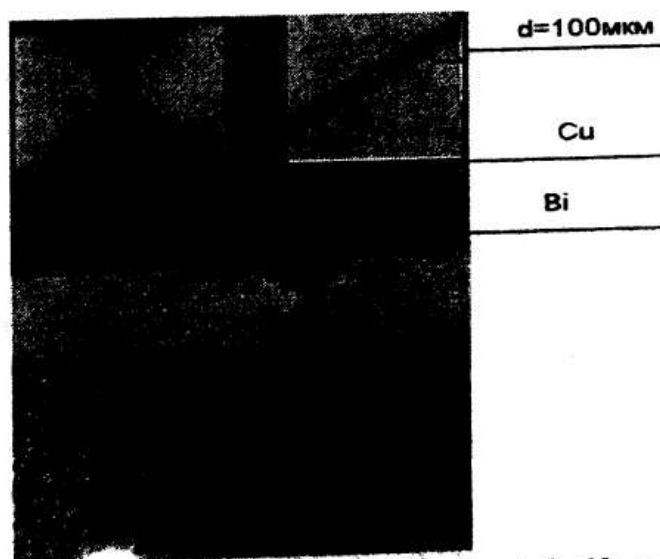


Рисунок 2 - Плівка Ві на ситаловій підкладинці  $d=60\text{ нм}$

В даній структурі звуження Ві має розміри  $a \approx 50$  мкм, а товщина плівки звуження  $d = 60$  нм. Розглянемо ВАХ даної структури.

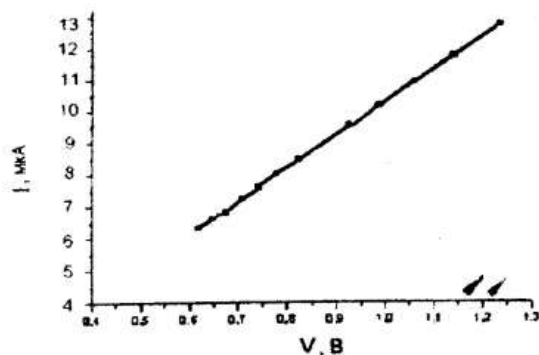


Рисунок 3 – Вольт-амперна характеристика плівки Ві

З характеристики видно, що провідність структури має лінійний та монотонний характер. Це говорить про виконання закону Ома та про відсутність проявлення квантових явищ в даній структурі. За даною методикою було також створено структури, які мали на порядок менші товщину та ширину  $a < 1$  мкм,  $d \approx 10$  нм.

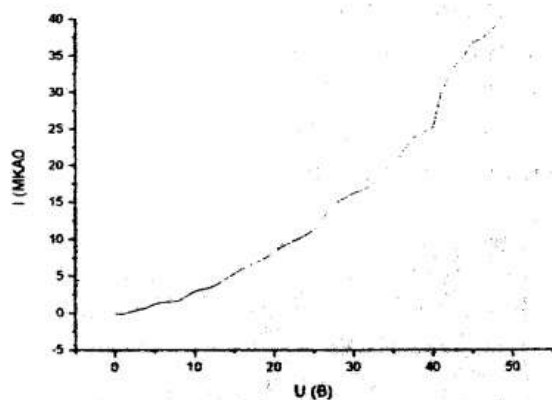


Рисунок 5-ВАХ наноструктури Ві товщиною  $d \approx 10$  нм.

Бачимо, що ВАХ даної структури має нелінійний характер. Це говорить про порушення виконання закону Ома в таких структурах. Порушення закону Ома скоріш за все обумовлено класичним розмірним ефектом оскільки ширина структури співрозмірна з довжиною вільного пробігу електронів у Ві. Також бачимо

немонотонність диференційної провідності структури (рисунок 6).

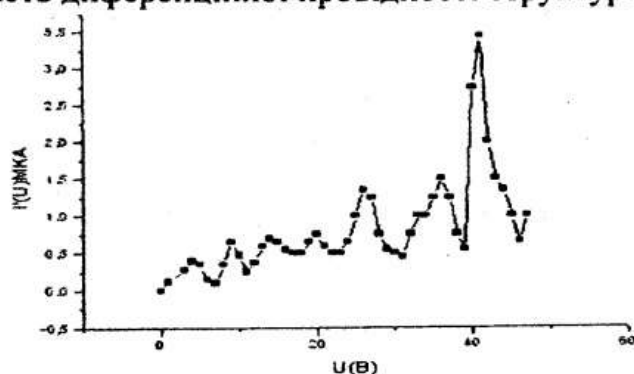


Рисунок 6-диференційна провідність наноструктури Ві

Це може бути проявом квантових ефектів оскільки товщина утвореної структури співрозмірна з довжиною хвилі де-Бройля. Але цей аспект досліджень до кінця не вивчений, тому є необхідність у подальших більш точних вимірюваннях.

Отже у роботі було створено методику для отримання наноструктур з заданими розмірами. Аналіз ВАХ показує, що для масивних структур закон Ома виконується, а для структур співрозмірних з довжиною вільного пробігу електронів та довжиною хвилі де-Бройля бачимо нелінійність та немонотонність характеристики провідності.

1. Находкін М.Г., Шека. Д.І. Фізичні основи мікро- та наноелектроніки. - К.: КНУ, 2004. - 373 с.
2. Сандомирський В.Б. Квантовый эффект размеров в пленке полуметалла // Письма в ЖЭТФ. - 1967. - Т.52, №1. - С.158-166.
3. Кулик И.О. О квантовых размерных эффектах в электропроводности тонких пленок // Письма в ЖЭТФ. - 1967. - Т.5, № 11. - С. 423-425.
4. Драгунов В.П., Неизвестный И.Г., Гридчин В.А. Основы нанозлектроники. Учеб. Пособие.- Новосибирск: НГТУ, 2000.- 332 с.

## КОНТУРНО-ГРАФІЧНИЙ МЕТОД ПЛАНУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ

Викладач к.т.н. Жуковець А.П., студ. Шуляк О., КІ Сум ДУ

При вивченні багатьох явищ, пошуках оптимальних умов проведення процесу використовують планування експерименту. Існує багато різних методів планування експериментів. Згідно відомої праці