

ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ГІПОЦИКЛОЇДАЛЬНОГО ЕЛЕКТРОННОГО СПЕКТРОМЕТРА ЗВОРОТНОГО РОЗСІЮВАННЯ

Р. О. Ортіков, Т.Ю. Попик

Інститут електронної фізики НАН України,
вул. Університетська, 21, Ужгород, 88017
e-mail: ier@ier.uzhgorod.ua

Проведено оптимізацію гіпоциклоїдального електронного спектрометра зворотного розсіювання, що покращує його роботу. Визначено залежність розподілу розсіяних електронів за енергіями від напруженості магнітного поля, виявлено оптимальне значення напруженості для проведення досліджень зворотно розсіяних повільних електронів конденсованими системами.

Вже тривалий час у відділі іонних процесів ІЕФ використовується, розроблений у цьому ж відділі, гіпоциклоїдальний електронний спектрометр (ГЕС) зворотного розсіювання, за допомогою якого можна досліджувати процеси зворотного розсіювання електронів на атомах [1–3], молекулах [4, 5] та поверхні твердого тіла [6–9]. Прототипом даного спектрометра послужив трохоїдальний спектрометр [10], особливістю якого є те, що дисперсія електронів за енергією забезпечується спільною дією схрещених магнітного та електричного полів. Трохоїдальний електронний спектрометр дає можливість реєструвати непружно розсіяні вперед (кут $\sim 0^\circ$) [11] та пружно розсіяні назад (кут $\sim 180^\circ$) електрони [12]. Однак, за допомогою даного спектрометра неможливо досліджувати непружно розсіяні назад електрони в області енергій до 10 еВ.

Створення ГЕС дозволило вивчати як пружне, так і непружно розсіювання повільних (0–10 еВ) моноенергетичних (повна ширина на напіввисоті максимуму розподілу (FWHM) – ~ 20 – 50 меВ) електронів назад (на кут 180°) на різних атомних системах [1–9]. Будову та принцип роботи спектрометра детально описано в [13]. Схематичне зображення спектромет-

ра показано на рис.1. ГЕС є дуже складною системою, його робота забезпечується комплексною взаємодією електричних полів плоских і циліндричних електродів і магнітного поля, створюваного кільцями Гельмгольца. Тому основні характеристики ГЕС (моноенергетичність пучка, енергетичне і кутове розділення, коефіцієнт пропускання, інтенсивність падаючого і відбитого пучків та інші) суттєво залежать як від напруженості магнітного поля, так і від потенціалів на електродах спектрометра.

Проведені раніше дослідження показали, що при запропонованій конструкції ГЕС, коли внутрішній циліндричний електрод монохроматора і аналізатора ізолювався від вхідного і вихідного електродів керамічними втулками, на цих втулках накопичувався електричний заряд. При тривалій роботі спектрометра цей заряд спотворював форму електронного пучка і заряджав внутрішню поверхню циліндра. Для усунення цього недоліку ГЕС вхідний та вихідний плоскі електроди спектрометра з'єднано з внутрішніми циліндричними електродами, а радіус внутрішнього циліндра збільшено на 0,25 мм. Таке конструктивне рішення дозволило уникнути зарядки внутрішньої поверхні циліндра. Така

зміна конструкції, на нашу думку, повинна призвести до покращення геометрії пучка і відфільтрувати електрони з великим кутовим розходженням.

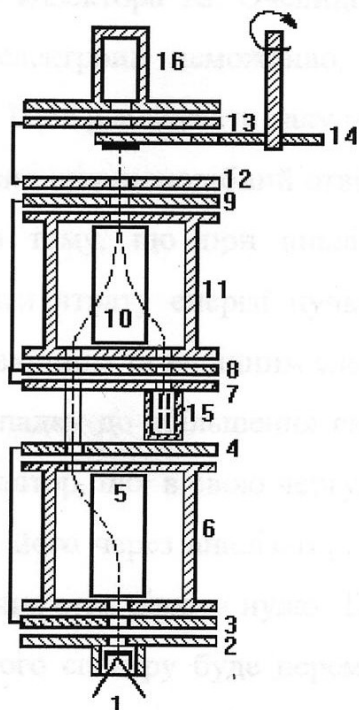


Рис. 1. Схематичне зображення електронного спектрометра зворотного розсіювання: 1 – катод; 2 – витягуючий електрод; 3, 4 – входні і вихідні електроди монохроматора; 5, 6 – внутрішній і зовнішній електроди циліндричного конденсатора монохроматора; 7, 8, 9 – входні і вихідні електроди аналізатора; 10, 11 – внутрішній і зовнішній електроди циліндричного конденсатора аналізатора; 12, 13 – прискорюючі електроди; 14 – зразок; 15 – колектор зворотно розсіяних електронів; 16 – колектор первинного електронного пучка.

Після внесення змін в конструкцію спектрометра було перевірено його основні характеристики.

Однією з найважливіших характеристик спектрометра є розподіл електронів за енергіями. Для визначення залежності розподілу електронів за енергіями від напруженості магнітного поля в удосконаленому спектрометрі було проведено серію експериментів з метою встановити

оптимальне значення напруженості магнітного поля для проведення вимірювань. Напруженість магнітного поля змінювалась шляхом зміни сили струму в кільцях Гельмгольца в межах від 3 до 3,75 ампер, що відповідає значенням напруженості магнітного поля $H \sim 6,2 \times 10^{-3} \div 7,76 \times 10^{-3}$ А/м. Визначався енергетичний розподіл електронів, відбитих від потенціального бар'єру, який створювався зарядом на плоскій поверхні зразка.

Отримані експериментальні результати показані на рис. 2 для 4 значень сили струму в кільцях Гельмгольца. З рисунка видно, що збільшення сили струму в кільцях Гельмгольца покращує розподіл електронів, але при цьому зменшується інтенсивність пучка. Найменша ширина функції енергетичного розподілу на напіввисоті максимального значення (FWHM) спостерігається при значенні струму 3,75 А (напруженість - $7,76 \times 10^{-3}$ А/м). Інтенсивність первинного електронного пучка при цьому значенні струму в кільцях ще задовільна, що робить це значення струму оптимальним для проведення експериментів.

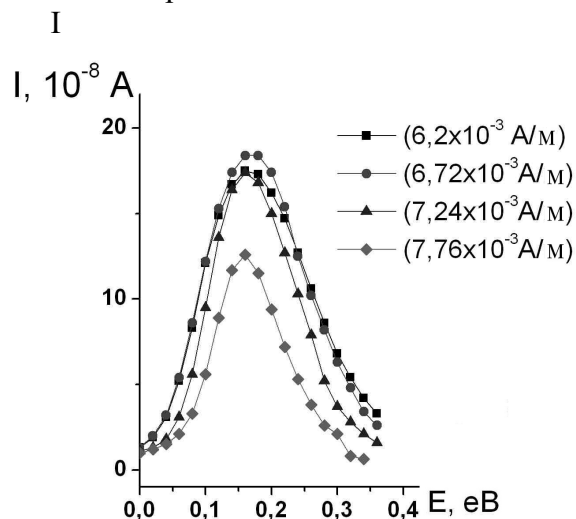


Рис. 2. Енергетичний розподіл електронів на колекторі зворотно розсіяних електронів при різних значеннях напруженості магнітного поля.

І хоча в даному експерименті не досягнуто мінімального розподілу електронного пучка за енергією, характерного

для ГЕС, оптимізація дозволила позбутися зарядки внутрішнього циліндра, стабілізувати роботу спектрометра і отримувати більш достовірні результати. Досліджено вплив нових конструктивних рішень на робочі характеристики спектрометра. Виявлено характер залежності мо-

ноенергетичності та інтенсивності електронного пучка від напруженості магнітного поля та визначено значення напруженості магнітного поля $H \sim 7,76 \times 10^{-3}$ А/м, при якому досягається оптимальне співвідношення енергетичний розкид - інтенсивність електронного пучка.

Література

1. М.І.Романюк, О.Б.Шпенник, Ф.Ф.Папп, І.В.Чернышова, Й.А.Манді, В.І.Келемен, О.П.Сабад, Є.Ю.Ремета, УФЖ 37, 1639 (1992).
2. Н.И.Романюк, О.Б.Шпенник, Й.А.Манди, Ф.Ф.Папп, И.В.Чернышова, ЖТФ 63, 138 (1993).
3. Е.Э.Контрош, И.В.Чернышова, Л.Совтер, О.Б.Шпенник, Оптика и спектроскопия 90, 394 (2001).
4. О.Б.Шпенник, Н.И.Романюк, И.В.Чернышова, Письма в ЖЭТФ 41, 500 (1985).
5. Н.И.Романюк, И.В.Чернышова., О.Б.Шпенник, ЖТФ 54, 2051 (1984).
6. Т. Yu. Popik, О.В. Shpenik, Р.Р. Puga, Yu. V. Popik, J. Optoelectron. Adv. Mater. 2, 171 (2000).
7. Т. Yu. Popik, V. M. Feyer, О.В. Shpenik, Yu. V. Popik, Rad. Phys. Chem. 68, 251 (2003).
8. Т. Ю. Попик, О.Б.Шпенник, Ю.В.Попик, ФТТ 43, 391 (2001).
9. V. M. Feyer, Т. Yu. Popik, О.В. Shpenik, Yu. V. Popik, М.М. Erdevdy, J. Electron Spectrosc. and Related Phenomena 122, 251 (2002).
10. A. Stamatovich, G. Schulz, Rev. Sci. Instrum. 41, 423 (1970).
11. W. Ch. Tamm, S. F. Wong, Rev. Sci. Instrum. 50, 302 (1979).
12. D. Rou, P. D. Barrow, J. Phys. E 8, 273 (1975).
13. О.Б.Шпенник, Н.М.Эрдевди, Н.И.Романюк, Т.Ю.Попик, А.Н.Завилопуло, ПТЭ №1, 109 (1998).

OPTIMIZATION OF PARAMETERS OF HYPOCYCLOIDAL BACKSCATTERING ELECTRON SPECTROMETER

R. O. Ortikov, T. Yu. Popik

Institute of Electron Physics, Ukr. Nat. Acad. Sci.,
Universytetska Str. 21, Uzhhorod, 88017
e-mail: iep@iep.uzhgorod.ua

Optimization of hypocycloidal electron backscattering spectrometer has been performed, improving its work. Dependence of the scattered electron energy distribution on magnetic field is determined, the optimal value of the field strength for the studies of slow electrons backscattered by condensed systems is evaluated.