

ВИЗНАЧЕННЯ ПИТОМОЇ МАГНІТНОЇ СПРИЙНЯТЛИВОСТІ ТА ВМІСТУ ФЕРОМАГНІТНИХ ДОМІШОК У ВУГЛЕЦЕВИХ НАНОТРУБКАХ МАГНІТОМЕТРИЧНИМ МЕТОДОМ

Властивості наноматеріалів обумовлюють їх використання у різних галузях науки і техніки. Вуглецеві нанотрубки використовуються для польових емітерів, наповнювачів нанорозмірних пристроїв. Дослідження магнітних властивостей дозволяє виявити нові ефекти, які притаманні тільки наноструктурам. Так в праці [1] виявлено, що незначні зміни магнітного поля приводять до значної зміни електричного опору наноплівки. Цей ефект «магнітного опору» знайшов практичне застосування [2] у виробництві жорстких комп'ютерних накопичувачів інформації. Вуглецеві нанотрубки є окремою самостійною формою вуглецю, властивості якої принципово відрізняються від властивостей вуглецю в інших станах. Вуглецеві нанотрубки представляють великий інтерес, як реальні природні одновимірні об'єкти, в яких відношення довжини до діаметру може складати 10^5 . Сучасні технології дозволяють отримувати одношарові нанотрубки з діаметром 10-20 нм. Залежно від типу симетрії трубок, вони можуть бути металами або напівпровідниками, причому магнітне поле впливає на величину щільності між валентною зоною і зоною провідності.

Важливим параметром, що характеризує магнітні властивості нанотрубок, є магнітна сприйнятливість. Для вимірювання магнітної сприйнятливості використовували розроблене магнітометричне обладнання, яке являло собою автоматизовані терези Фарадея (рис. 1).

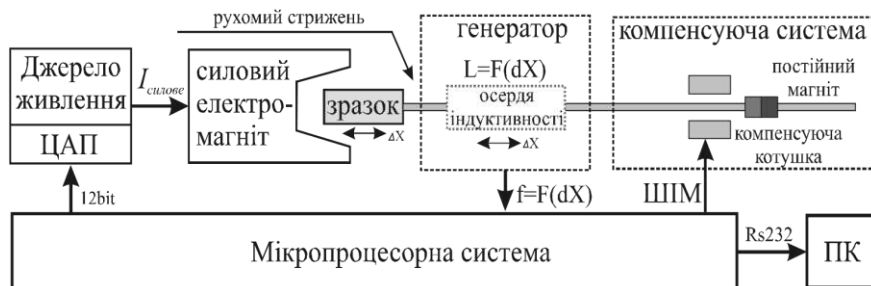


Рисунок 1 – Функціональна блок-схема установки для автоматичного управління процесом вимірювання магнітної сприйнятливості.

Чутливість виміру величини χ становила 10^{-9} м³/кг, а відносна похибка даного методу не перевищує 2-3%.

Для визначення відсоткового вмісту феромагнітних включень використовувалася методика за аналогією [3] і визначали залежність $\chi = f(1/H)$ загальної питомої магнітної сприйнятливості зразка в сильному магнітному градієнтному полі напруженістю до $8 \cdot 10^5$ А/м.

Кількість феромагнітної α -фази в об'ємних відсотках визначали за формулою:

$$P_{\alpha} = \frac{(\chi - \chi_{\infty}) \cdot H}{\sigma_{\alpha}} \cdot 100\%, \quad (1)$$

де σ_{α} – питома намагніченість феромагнітної домішки; χ – загальна питома магнітна сприйнятливості зразка; χ_{∞} – результуюча питома магнітна сприйнятливості; H – напруженість магнітного поля.

Для дослідження використовувались вуглецеві нанотрубки у вигляді порошку, отримані на підприємстві «ТМ Спецмаш» методом каталітичного піролізу вуглеводнів і які містять феромагнітні домішки. Насипна густина: 0,3 кг/м³, вигляд – чорний порошок. Матеріал чутливий до вологості повітря.

Проведені практичні виміри показали, що результуюча питома магнітна сприйнятливості $\chi_{\infty} = 3,9 \cdot 10^{-8}$ м³/кг. Кількість феромагнітної фази $P_{\alpha} = 0,35$ %. Методом екстраполяції $P_{\alpha} \rightarrow 0$ [4] знайдено значення питомої магнітної сприйнятливості матриці (відсутні феромагнітні кластери) неочищених вуглецевих нанотрубок $\chi_0 = 1,28 \cdot 10^{-8}$ м³/кг.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Пеленський Р.А. Магнітні властивості наноструктур / Р.А. Пеленський // Фізика і хімія твердого тіла. – 2010. – Т. 11. – № 1. – С. 130-133.
2. Tsymbal E.Y. Perspectives of gigant magnetoresistance / E.Y. Tsymbal, D.G. Pettifor // Solid State Physics. – 2001. – V. 56. – P. 113-237.
3. Сніжної Г.В. Магнітний стан аустеніту сталі 08X20H9Г2Б після криогенної обробки / Г.В. Сніжної, С.В. Бобирь // Фізика і хімія твердого тіла. – 2014. – Т.15. – №4. – С.814-817.
4. Snizhnoi H.V. Formation of strain-induced martensite in chromium–nickel steels of the austenitic class / H.V. Snizhnoi // Materials Science. – 2011. – V. 47. – №3. – P. 363-369. DOI: 10.1007/s11003-011-9404-7.