

Аналіз методів вимірювання магнітних характеристик тонких магнітних плівок

Бачинський Ю.Г. к.т.н., доц.

Тернопільський Національний Педагогічний Університет ім. Володимира Гнатюка, вул. Винниченка 10 м. Тернопіль, Україна

Наконечний М. С. асп.

*Тернопільський Національний Технічний університет ім. Івана Пулюя
вул. Микулинецька, 46 а, м. Тернопіль, Україна*

При розробці сучасних приладів все більш ширше використовуються нанотехнології та наноматеріали. Використання тонкопліткових матеріалів сприяє вдосконаленню високочастотної апаратури включаючи і блоки живлення. Дослідження фізичних параметрів тонких плівок вимагає пошуку нових методів, які б дозволяли проводити вимірювання електрофізичних та магнітних величин в широкому діапазоні не виключаючи при цьому і точність вимірювання, це є актуальною проблемою як в мікроелектроніці, так і в сучасній світлотехнічній галузі.

Метою даної роботи є аналіз методів дослідження магнітних матеріалів, та вибір найбільш оптимальних, для вимірювання фізичних параметрів тонкопліткових зразків.

Магнітометричні методи основані на дії досліджуваного намагніченого зразка на розташовану поблизу нього магнітну стрілку. За кутом відхилення магнітної стрілки від початкового положення визначають магнітний момент зразка. Далі можна обчислити M і B . Даний метод дає можливість знайти залежності $B(H)$ і $M(H)$, петлю гістерезису і магнітну сприйнятливність. Завдяки високій чутливості магнітометричного методу його широко застосовують для вимірювань геомагнітного поля і для вирішення ряду метрологічних задач. Даний метод дозволяє досліджувати тонкі магнітні плівки об'ємом не менше $5 \cdot 10^{-14} \text{ м}^3$, і намагніченістю більше 500 кА/м , при відносній похибці менше 1% .

Магнітооптичний (МО) метод вимірювання магнітних характеристик матеріалів базується на експериментально встановленому лінійному зв'язку між магнітооптичними ефектами Фарадея і Керра, і значенням намагніченості. Спостережуваними величинами є поворот площини поляризації лінійно поляризованого випромінювання, його еліптичність або зміна інтенсивності при проходженні або віддзеркаленні від намагніченого зразка. Зміна будь-яких з спостережуваних величин пропорційна зміні намагніченості, тобто відображає залежність $M(H)/M$.

За принципом дії динамічні магнітополяриметричні методи (МПМ) можна розділити на три групи: прямого вимірювання, стробоскопічні і вузькосмугові.

У магнітополяриметрах прямого вимірювання світловий потік проходить через поляризатор і взаємодіє з зразком, розміщеним в намагнічуючій системі, після чого азимут поляризації випромінювання періодично змінюється з частотою перемагнічування ω , причому зміни азимута поляризації прямо пропорцій-

ні змінам миттєвої намагніченості зразка. Далі зміна азимута поляризації перетворюється на зміну інтенсивності потоку випромінювання Φ . Електричний сигнал з фотоприймача після посилення в широкосмуговому підсилювачі надходить на Y-вхід регістратора (осцилографа), а на його X - вхід надходить сигнал з шунта, пропорційний напруженості намагнічуючого поля H . Таким чином, на екрані осцилографа отримується зображення петлі гістерезису. При використанні екваторіального ефекту Керра поляризаційні прилади можуть бути відсутні, тому що в цьому випадку інтенсивність відбитого потоку Φ змінюється пропорційно змінам миттєвої намагніченості досліджуваного зразка.[1,3]

Такі МПМ характеризуються простотою технічної реалізації та можливістю автоматичного розділення магнітооптичних ефектів. Проте вони мають суттєві недоліки:

- мультиплікативну похибку вимірювання, пов'язану з дрейфом інтенсивності джерела випромінювання та чутливості фотоприймача;
- обмежений частотний діапазон перемагнічування;
- обмежену потужність джерела випромінювання через можливість перегріву освітленої ділянки зразка.

Схема МПМ з диференціальним включенням фотоприймачів дозволяє зменшити мультиплікативну похибку. У такій схемі формується різниця і сума напруг фотоприймачів, а дільник забезпечує розподіл різницевої напруги на сумарну.

Ефективним засобом зменшення адитивної похибки є застосування стробоскопічної обробки сигналу. При цьому реєструється залежність намагніченості від часу, а якщо стробоскопічній обробці піддається також сигнал, пропорційний напруженості H , і оброблені сигнали подаються відповідно на Y- і X-входи осцилографа, та фіксується петля гістерезису освітленої ділянки.

Іноді для визначення характеристик магнітного поля, зокрема у промислових умовах, застосовують електродинамічний метод, при якому вимірюють кут повороту котушки з струмом під дією магнітного поля намагніченого зразка. До переваг методу належить можливість градуювання шкали приладу безпосередньо в одиницях вимірюваної величини (B або H). [2]

Магнітоелектричний метод при визначенні локальних параметрів може бути реалізований на основі активного або пасивного індукційного перетворення. У першому випадку використовується модифікація вібраційного магнітометра з вібруючою котушкою а картина розподілу складових поля розсіювання вибраної ділянки зразка виходить шляхом сканування котушки вздовж виділеного напрямку в площині зразка. У другому випадку на поверхні зразка монтується мініатюрний плоский контур, імпульс напруги в якому виникає в момент зміни межі домену під ним (чи поблизу нього). Поступальний рух межі або домену відбувається під впливом зовнішніх факторів. Застосування пасивних індукційних перетворювачів обмежена через низьку роздільну здатність, малий рівень вихідного сигналу і низьку точності вимірювань.

До найбільш ефективних приладів оснований на магнітоелектричному методі відносяться вібраційні магнітометри. Нижня границя реагування по магнітному моменті складає 10^{-10} - 10^{-11} А*м², при похибці вимірювання 1-5%.

Серед розглянутих методів найбільш перспективними для реєстрації магнітних характеристик є магнітоелектричні та магнітооптичні методи. Вони характеризуються простотою реалізації та можливістю автоматизації процесу вимірювання. Магнітооптичний метод дозволяє вимірювати локальні характеристики тонких плівок, без обмежень на форму та геометричні розміри зразка. Саме можливість вимірювання локальних параметрів, надає МО методам перевагу над іншими.

Література

1. Чечерников В. И., Магнитные измерения, 2 изд., М., 1969;
2. Р. Суху., Магнитные тонкие пленки, Мир ., М., 1987;
3. М.М. Червинский, С.Ф. Глаголев, В.Б. Архангельский, Методы и средства измерений магнитных характеристик пленок, Л.. Энергоатомиздат., 1990.