

УДК 53.084.6

*Є.О. Міняйло, курсант 1 курсу, Антонюк К.А. курсант 1 курсу, викладач
Слабунов С.О.*

Харківський національний університет Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба

ДИНАМІЧНИЙ АКУСТООПТИЧНИЙ ФІЛЬТР ДЛЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ ДЖЕРЕЛА ВИПРОМІНЮВАННЯ АТОМНО-АДСОРБЦІЙНОГО СПЕКТРОМЕТРА

Анотація В роботі розглянутий метод модернізації джерела випромінювання атомно-адсорбційного спектрометра за допомогою використання керованого акустооптичного фільтра та лампи з судільним спектром. Довжиною хвилі світла при цьому можна керувати змінюючи частоту ультразвукової хвилі, що подається на збуджувач акустооптичної комірки. Розглянуті переваги та недоліки керованого джерела, а також переваги використання даного методу.

Ключові слова: спектральний аналіз, атомно-адсорбційний спектрометр, дифракція Бреґа, акустооптика.

ВСТУП

У біології та медицині при аналізі складу речовини важливим фізичним методом є спектральний аналіз, який заснований на вивченні спектрів випромінювання, поглинання, відбиття і люмінесценції зразка. Спектри кожної речовини визначаються властивостями електронних оболонок атомів і молекул, що входять до його складу. Так, як атому кожного елемента відповідає певний характерний набір довжин хвиль, аналіз його спектральних характеристик дозволяє визначити склад даної речовини. Методи спектрального аналізу дають можливість виявити елементи в речовині, навіть якщо їх маса мала.

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

Розрізняють дві основні групи методів спектрального аналізу - емісійні і адсорбційні [1].

Емісійні методи спектрального аналізу засновані на реєстрації атомних спектрів за допомогою спектрографа. В основі принципу роботи спектрографа лежить фізичне явище дисперсія - залежність показника заломлення від довжини хвилі. Після проходження через призму випромінювання розкладається в спектр і потрапляє на фотографічну пластинку. Після чого спектри проб порівнюють зі спектрами відомих елементів і визначають кількість компонентів в речовині. Головним недоліком емісійного аналізу є знищення досліджуваної речовини, що піддається дослідженню.

Адсорбційний метод являє собою аналіз елементів, що містяться в пробі, який заснований на поглинанні світла вільними атомами. Для цього через пари проби пропускається випромінювання видимого та ближнього інфрачервоного діапазонів, в результаті чого електрони в атомах переходять в збуджений енергетичний стан. При цьому аналіз зразка проводиться за допомогою атомно-адсорбційного спектрометра, який в даний час широко використовується для аналізу продуктів харчування, контролю навколишнього середовища, а також в медицині, металургії, хімічній промисловості та багатьох інших областях.

В основі дії атомно-адсорбційного спектрометра лежить вимір рівня по-

глинання електромагнітної хвилі від джерела, яка проходить через атомний пар досліджуваної проби (рис. 1).

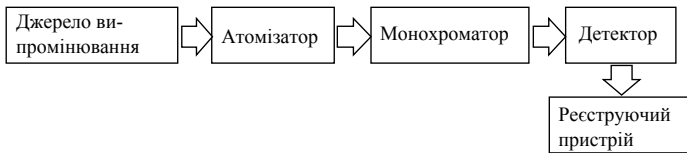


Рисунок 1. Принципова схема будови атомно-абсорбційного спектрометра

При цьому, як показав А. Уолш, результат досліджень буде тим точніше, чим більш вузька смуга діапазону довжин хвиль у джерела світла, що використовується для дослідження. Сучасні спектрометри містять кілька джерел світла, найчастіше безелектродні лампи, лампи з порожнистим катодом і лазери, які перемикаються за допомогою крокового двигуна. При цьому швидкість вимірювань істотно обмежується наявністю механічно рухомих частин, а число спектральних каналів визначається кількістю і типом джерел світла, що використовуються. Надійність джерела світла з рухомими деталями також порівняно невисока.

ОСНОВНА ЧАСТИНА

Для адсорбційного методу спектрального аналізу вельми цікавим є кероване джерело світла на базі динамічного акустооптичного фільтра, що володіє високою селективністю.

Подібне джерело може містити лише одну лампу суцільного спектру випромінювання, світло якої спрямовується на акустооптичну комірку Брега, в якій дифрагує на ультразвукової хвилі (рис. 2). Комірка Брега уявляє собою будь-яке кристалічне чи аморфне тіло, на яке за допомогою збудника механічних коливань подається ультразвукова хвиля [2].

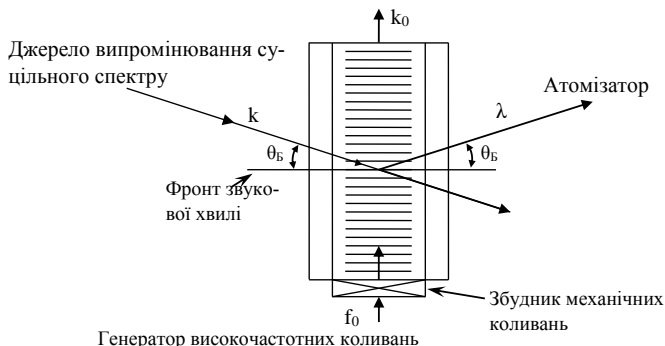


Рисунок 2. Кероване джерело світла з акустооптичною коміркою Брега

В результаті акустооптичної взаємодії в першому порядку дифракції спостерігається тільки та компонента електромагнітної хвилі, яка задоволь-

няє умові Брега:

$$\sin \theta_B = -\frac{k_0}{2k}, \quad (1)$$

де θ_B – кут між хвильовим вектором світла і фронтом ультразвукової хвилі, а k і k_0 – хвильові вектори електромагнітної і ультразвукової хвилі, відповідно.

Як видно, з наведеного виразу при постійному куті взаємодії $\theta_B = const$, умові буде задовольняти тільки та довжина хвилі, яка задається частотою ультразвуку, поданого на збудник пружних хвиль. Тобто, змінюючи частоту звукових коливань можна керувати довжиною хвилі [3], що потрапляє на атомізатор.

При використанні даного методу селекції випромінювання потрібно також врахувати, що інтенсивність відокремленої електромагнітної хвилі залежить не тільки від потужності джерела, а також від акустооптичної якості середовища, що використовуються для створення комірки Брега. Високу якість може забезпечити, наприклад, кристал парателурита (TeO_2), але цей матеріал має високу собівартість.

До переваг даного методу можна віднести відсутність механічно рухомих частин, високу селективність та широкий діапазон довжин хвиль.

ВИСНОВКИ

В роботі проведений аналіз існуючих видів спектрометрії, запропонований метод модернізації атомно-адсорбційного спектрометра, що полягає у використанні керованого джерела електромагнітних хвиль на основі акустооптичної комірки Брега. При цьому керування довжиною хвилі відбувається за допомогою зміни частоти звукових коливань, що подаються на комірку Брега.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гармаш, А. В. Введение в спектроскопические методы анализа. Оптические методы анализа / А. В. Гармаш. – М. : ВХК РАН, 1995. – 38 с.
2. Купченко, Л. Ф. Акустооптический процессор в оптоэлектронной системе, обеспечивающий динамическую спектральную фильтрацию / Л. Ф. Купченко, Н. В. Слабунова, О. А. Гурін // Формирование и обработка сигналов. – Научно-технический журнал. – Прикладная радиоэлектроника, 2016. – Т.15, № 4. – С. 359 – 361.
3. Купченко, Л. Ф. Експериментальні дослідження динамічної спектральної фільтрації оптичних зображень з використанням акустооптичного процесора / Л. Ф. Купченко, В. Д. Карлов, О. А. Гурін, А. С. Рыбьяк, Н. В. Слабунова // Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. – Серія «РАДІОФІЗИКА ТА ЕЛЕКТРОНІКА» – 2017. – Вып. 26. – С. 58 – 65.