



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(21) Numer zgłoszenia: 265022

(51) IntCl⁵:
G01N 33/00
G01H 11/08

(22) Data zgłoszenia: 06.04.1987

CZYTELNIA
OGÓLNA

(54)

Spektrometr fotoakustyczny

(43)

Zgłoszenie ogłoszono:
10.11.1988 BUP 23/88

(45)

O udzieleniu patentu ogłoszono:
30.04.1992 WUP 04/92

(73)

Uprawniony z patentu:
Polska Akademia Nauk Instytut Podstawowych
Problemów Techniki, Warszawa, PL

(72)

Twórcy wynalazku:
Jerzy Ranachowski, Warszawa, PL
Jadwiga Rzeszotarska, Warszawa, PL
Eugeniusz Adamczyk, Warszawa, PL
Zdzisław Pęski, Warszawa, PL

(57)

1. Spektrometr fotoakustyczny, posiadający komorę pomiarową wyposażoną w przetwornik elektroakustyczny do wyjścia którego dołączony jest przedwzmacniacz i wzmacniacz oraz zawierający przynajmniej jednowiązkowy tor pomiarowy posiadający układ optyczny składający się ze źródła światła, monochromatora i zespołu impulsowego a ponadto zawierający układ elektroniczny pomiarowo-analizujący, znamienny tym, że jest wyposażony w układ wzmacniająco-filtrujący, zawierający wzmacniacz (10) o regulowanym wzmocnieniu połączony kolejno z filtrem górnoprzepustowym (11) i dolnoprzepustowym (12) oraz wzmacniaczem końcowym (13) i oscyloskopem (14), zaś w torze pomiarowym znajduje się detektor synchroniczny (19) do wytwarzania iloczynu wartości chwilowych sygnału mierzonego i wartości sygnału odniesienia, który to detektor (19) połączony jest z integratorem (20) i miernikiem cyfrowym (21) a na wyjście toru włączony jest rejestrator (24).

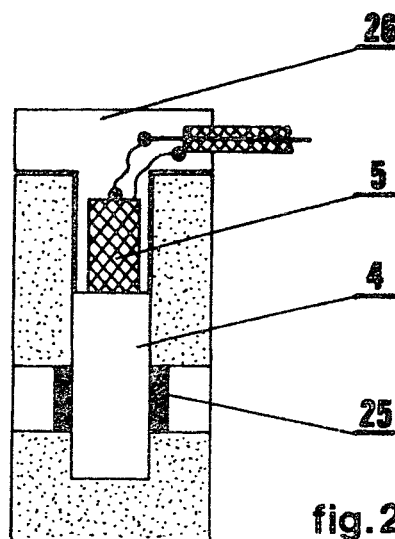


fig. 2

SPEKTROMETR FOTOAKUSTYCZNY

Z a s t r z e ż e n i a p a t e n t o w e

1. Spektrometr fotoakustyczny, posiadający komorę pomiarową wyposażoną w przetwornik elektroakustyczny do wyjścia którego dołączony jest przedwzmacniacz i wzmacniacz oraz zawierający przynajmniej jednowiązkowy tor pomiarowy posiadający układ optyczny składający się ze źródła światła, monochromatora i zespołu impulsowego a ponadto zawierający układ elektroniczny pomiarowo-analizujący, z n a m i e n n y t y m, że jest wyposażony w układ wzmacniająco-filtrujący, zawierający wzmacniacz (10) o regulowanym wzmocnieniu połączony kolejno z filtrem górnoprzepustowym (11) i dolnoprzepustowym (12) oraz wzmacniaczem końcowym (13) i oscyloskopem (14), zaś w torze pomiarowym znajduje się detektor synchroniczny (19) do wytwarzania iloczynu wartości chwilowych sygnału mierzonego i wartości sygnału odniesienia, który to detektor (19) połączony jest z integratorem (20) i miernikiem cyfrowym (21) a na wyjściu toru włączony jest rejestrator (24).

2. Spektrometr według zastrz. 1, z n a m i e n n y t y m, że obudowa komory pomiarowej (4) wykonana jest z tworzywa tłumiącego drgania akustyczne, korzystnie porowatego.

Przedmiotem wynalazku jest spektrometr fotoakustyczny przeznaczony do badań właściwości materiałów, polegających na pomiarze energii absorbowanej przez ośrodek badany.

Spektroskopia fotoakustyczna opiera się na zjawisku zaobserwowanym w roku 1880 przez Grahama Bella, który naświetlając impulsami świetlnymi ciało stałe, stwierdził występowanie sygnałów akustycznych odpowiadających cykлом impulsów świetlnych. Podobny efekt polegający na generacji fal akustycznych w gazie zamkniętym w komorze i naświetlanym przerywanym strumieniem świetlnym opisali w roku 1881 John Tyndall i Wilhelm Roantgen.

Dotychczas stosowanymi rozwiązaniami są rozwiązania spektroskopii optycznej. Notuje się również szybki rozwój spektroskopii fotoakustycznej do badania procesów absorbcyjnych w ośrodkach stałych, ciekłych i gazowych. Rozwiązanie to pozwala na uzyskiwanie widm absorpcji podobnych do optycznych dla substancji o dowolnych stanach skupienia i postaciach jak proszki, żele, koloidy itp.

Znane są dwa zasadnicze typy aparatury pomiarowej, spektrometry z pojedynczą wiązką świetlną (jednowiązkowe) i spektrometry z podwójną wiązką (dwuwiazkowe).

Spektrometr składa się z świetlnego układu wzbudzającego komory pomiarowej i elektronicznego układu pomiarowo-analizującego. Świetlny układ wzbudzający zawiera źródło światła, monochromator i przerywacz strumienia świetlnego (chopper). Natomiast komora pomiarowa wyposażona jest w mikrofon.

W znanych konstrukcjach spektrometru układ wzbudzania wyposażony jest w elektromechaniczny przerywacz strumienia świetlnego współpracujący z lampą ksenonową i monochromatorem. Przerywacz strumienia składa się z wymienionych wirujących tarcz z jednym lub kilkoma otworami. Tarcze napędzane są silnikiem elektrycznym.

Zasadniczym zespołem spektrometru fotoakustycznego jest komora pomiarowa, w której znajduje się próbka badanego materiału oraz stanowiący integralną część komory mikrofonu. Komora pomiarowa posiada korpus wykonany z aluminium i okienka ze szkła kwarcowego, przez które przechodzi strumień świetlny, w ścianie korpusu zamocowany jest mikrofon.

Elektroniczny układ pomiarowo-analizujący zawiera przedwzmacniacz mikrofonowy oraz wzmacniacz umożliwiający dołączenie do jego wyjścia rejestratora lub innego urządzenia.

W spektroskopie fotoakustycznym badana próbka umieszczona jest w zamkniętej komorze pomiarowej i naświetlana światłem przerywanym. W wyniku bezpromienistych procesów zaniku stanów wzbudzonych następuje wydzielanie ciepła, powodując lokalną zmianę pól gęstości, ciśnienia, prędkości cząstek i temperatury propagujące się z obszarem, w którym naruszono równowagę. Zachodzące zmiany odbierane są przez znajdujący się w komorze pomiarowej mikrofon a uzyskany sygnał pozwala na określenie własności materiału badanej próbki.

Spektrometr zawierający komorę pomiarową wyposażoną w mikrofon uniemożliwia wykorzystanie w pełnym zakresie sygnałów uzyskanych tą techniką. Zakres pomiarów limitowany jest poziomem szumów mikrofonu.

Celem wynalazku było opracowanie spektrometru fotoakustycznego, który umożliwiałby pomiary, które dotychczas były bardzo utrudnione znanymi metodami.

Zgodnie z wynalazkiem spektrometr fotoakustyczny posiada układ, który zawiera wzmacniacz o regulowanym wzmacnieniu połączonym kolejno z filtrem górno- i dolnoprzepustowym oraz wzmacniaczem końcowym i oscyloskopem. W torze pomiarowym spektrometru znajduje się detektor synchroniczny do wytwarzania iloczynu wartości chwilowych sygnału mierzonego i wartości sygnału odniesienia. Detektor ten połączony jest z integratorem i miernikiem cyfrowym, a na wyjście toru włączony jest rejestrator.

Komora pomiarowa posiada obudowę wykonaną z tworzywa tłumiącego drgania akustyczne, korzystnie z tworzywa porowatego.

Spektrometr fotoakustyczny według wynalazku znajduje szerokie zastosowanie w badaniach fizykochemicznych substancji nieorganicznych i organicznych, a także struktur biologicznych.

Przedmiot wynalazku jest bliżej objaśniony w przykładzie wykonania na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia schemat blokowy spektrometru fotoakustycznego, fig. 2 pokazuje wymienną komorę pomiarową.

Układ pomiarowy spektrometru fotoakustycznego składa się z zespołu optycznego i układu elektronicznego. Zespół optyczny zawiera źródło światła 1, monochromator 2 i przerywacz 3. Układ elektroniczny połączony jest z fotoakustyczną komorą pomiarową wyposażoną w przetwornik piezoelektryczny oraz regulowany przełącznikami 15, 16, 17, 18 i 22.

Spektrometr fotoakustyczny może być o układzie jedno- lub dwutorowym. W przykładzie jest przyjęty układ jednotorowy.

Komora fotoakustyczna 4 do pomiarów jest wyposażona w przetwornik piezoelektryczny 5 trwale połączony z uchwytem 26 umieszczonym u wejścia. Do przetwornika piezoelektrycznego 5 dołączony jest przedwzmacniacz 9, z którym połączony jest układ wzmacniająco-filtrujący. Układ ten zawiera wzmacniacz 10 o regulowanym wzmacnieniu połączony kolejno z filtrem górno-przepustowym 11 i dolnoprzepustowym 12 oraz wzmacniaczem końcowym 13 i oscyloskopem 14. Natomiast detektor synchroniczny 19 do wytwarzania iloczynu wartości chwilowych sygnału mierzonego i wartości sygnału odniesienia połączony jest z integratorem 20 i miernikiem cyfrowym 21 na wyjściu znajduje się rejestrator 24.

Działanie spektrometru jest następujące:

Źródłem światła 1 pobudzającego badaną próbkę jest lampa ksenonowa o mocy kilkuset watów o szerokim widmie promieniowania. Uformowana wiązka światła jest kierowana do monochromatora 2, w którym zostaje wybrany sygnał pobudzający o żądanej długości fali. Monochromator 2 może być przestrajany ręcznie lub automatycznie. W monochromatorze 2 są generowane znaczniaki w formie krótkich impulsów napięcia sygnalizujące przestrajanie go na określoną długość fali. Monochromatyczna wiązka światła przechodzi przez przerywacz 3. Częstotliwość przerywania jest regulowana i nastawiana w szerokich granicach. Jej wartość jest odczytywana we wskaźniku cyfrowym 21. Impulsy świetlne wpadają do komory pomiarowej 4, oświetlając badaną próbkę, wywołują efekt fotoakustyczny. Powstająca w komorze 4 fala akustyczna jest wykrywana za pomocą przetwornika piezoelektrycznego 5. Sygnał elektryczny zostaje wstępnie wzmacniony w przedwzmacniaczu 9. Przedwzmacniacz 9 o niskim poziomie szumów dopasowuje wysoką impedancję wyjściową przetwornika 5 do wejścia toru pomiarowego. Sygnał poda-

wany jest następnie do układu wzmacniająco-filtrującego. Wzmacniacz 10 posiada regulowane wzmocnienie dla dopasowania się do poziomu sygnału. Filtry górno- 11 i dolnoprzepustowy 12 służą do stłumienia sygnałów szumów i zakłóceń poniżej i powyżej częstotliwości detekcji.

Detektor synchroniczny 19 z integratorem 20 dokonuje wydzielenia sygnału użytecznego o amplitudzie niewielkiej w stosunku do zakłóconego tła. W detektorze 19 wytworzony jest iloczyn wartości chwilowej sygnału mierzonego i wartości sygnału odniesienia, który jest odwzorowaniem przebiegu modulacji światła w przerywaczu 3.

Funkcję mnożenia sygnałów przedstawia równanie:

$$n = K \cdot A \cos \omega t \cdot B \cos (\omega t + \varphi)$$

gdzie: $A \cos (\omega t)$ - sygnał odniesienia, $B \cos (\omega t + \varphi)$ - sygnał mierzony, K - współczynnik proporcjonalności.

W wyniku mnożenia otrzymuje się sumę składnika niezależnego od czasu i proporcjonalnego do cosinusa przesunięcia fazowego między sygnałem odniesienia a mierzonym oraz składnika będącego drugą harmoniczną sygnału mierzonego. Ten drugi składnik jest usuwany przez filtrujące działanie integratora połączonego kaskadowo z detektorem fazy.

Zmniejszenie wpływu sygnałów zakłócających jest dokonywane w integratorze 20 poprzez zawężenie pasma częstotliwości tych sygnałów. Efektywne pasmo jest związane ze stałą czasu integratora 20 i wynosi

$$\Delta F_n = \frac{1}{4\tilde{\tau}_i}$$

gdzie: $\tilde{\tau}_i$ - stała czasu integratora.

Wynika z tego bardzo wysoka selektywność układu pomiarowego pozwalająca w praktyce na pomiar sygnału o wartości rzędu 60 dB poniżej poziomu szumów. Dodatkowo dzięki dużej stałej czasu integratora 20 następuje uśrednienie wyników pomiarów. Uśredniona wartość napięcia sygnału zostaje doprowadzona do miernika cyfrowego 21 i do wzmacniacza wyjściowego 23, w którym odbywa się sumowanie sygnału mierzonego ze znacznikami długości fali świetlnej. Sygnał sumaryczny jest podawany na wyjście, do którego podłącza się rejestrator x-t 24.

Spektrometr znajduje zastosowanie do impulsowych technik fotoakustycznych pomiaru próbek substancji słabo absorbujących, a także do badania własności fizycznych struktur warstwowych i kompozytów.

W zastosowaniu do analizy gazów możliwe jest oznaczenie dwutlenku siarki, dwutlenek azotu lub metanu w powietrzu w ilościach 1 część na bilion lub poniżej.

Szczególnie spektrometr znajduje zastosowanie do pomiarów tłumienia fal akustycznych w cieczach i gazach w zakresie częstotliwości od 1 do 10 MHz. W tym zakresie inne znane urządzenia nie znajdują zastosowania z uwagi na trudności techniczne obróbki sygnału.

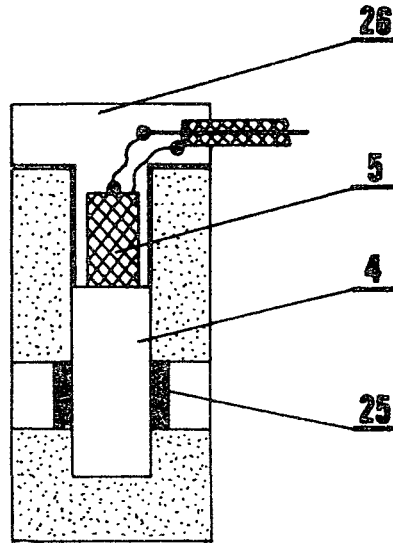


fig.2

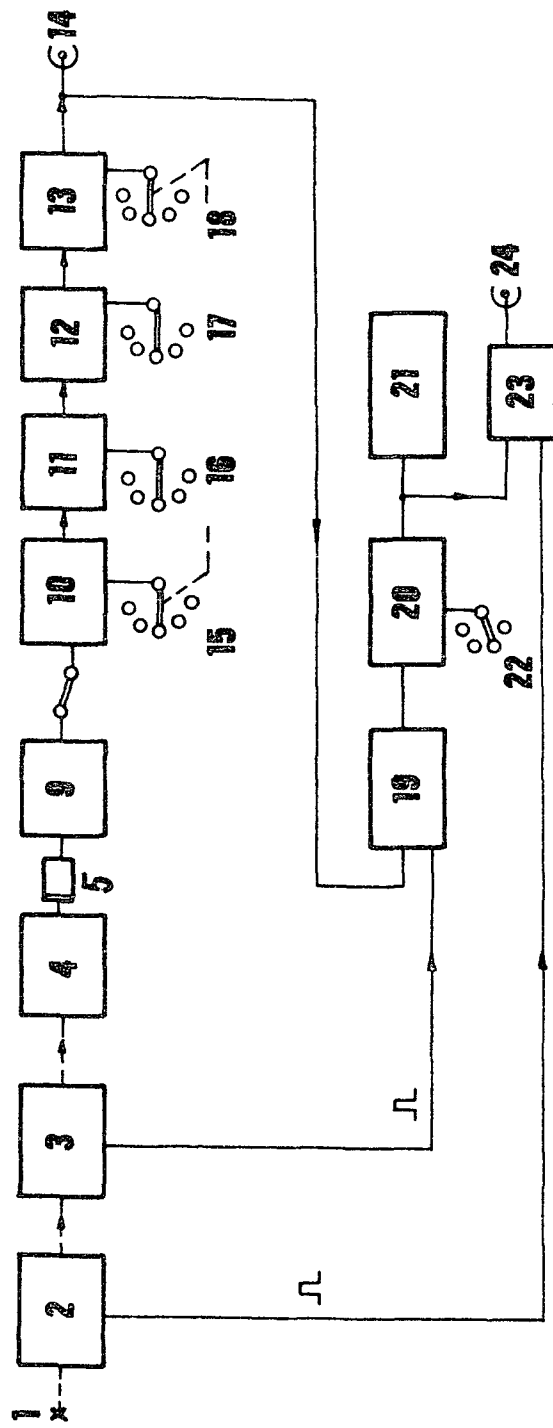


fig.1