

1. Wstęp

Zjawisko fotoakustyczne, które można najkrócej opisać jako wytwarzanie odpowiedzi akustycznej na okresowe pobudzenie światłem badanej próbki, zostało odkryte jeszcze w XIX wieku przez Bella, podczas jego prac nad fotofonem. Dynamiczny rozwój fotoakustyki rozpoczął się jednak dopiero w latach 70. ubiegłego wieku i należy go w znacznej mierze zawdzięczać szerszej dostępności wysokoczułych przetworników fal akustycznych (mikrofonów i detektorów piezoelektrycznych) oraz laserów.

Początkowo głównym obszarem wykorzystania fotoakustyki były badania spektroskopowe. Istotnymi zaletami techniki fotoakustycznej w takich zastosowaniach są wysoka czułość i dokładność. Wynikają one bezpośrednio z mechanizmu zjawiska fotoakustycznego, w którym amplituda wzbudzonej odpowiedzi akustycznej jest wprost proporcjonalna do zaabsorbowanej energii fotonów. Dla porównania spektrofotometria absorpcyjna opiera się na pomiarze stosunku natężenia światła przed i po przejściu przez badaną substancję. W przypadku słabej absorpcji sprowadza się to do pomiaru dwóch dużych wartości, które bardzo niewiele się od siebie różnią, a to powoduje znaczne błędy pomiarowe i w konsekwencji ogranicza maksymalną czułość pomiarów.

Ważną zaletą techniki fotoakustycznej jest możliwość jej wykorzystania do badania ciał o dowolnym stanie skupienia i o dowolnej postaci. Może być ona bowiem stosowana do badania zarówno gazów, jak i cieczy lub ciał stałych, zarówno proszków, jak i żeli, próbek silnie pochłaniających, jak i rozpraszających lub odbijających światło itd.

Z upływem czasu zakres zastosowań fotoakustyki ciągle się poszerza. Prowadzone eksperymenty potwierdziły m.in. możliwość jej wykorzystania do analizy zjawisk relaksacyjnych w gazach i ciałach stałych, reakcji chemicznych i zjawisk fotochemicznych. Znane są liczne zastosowania fotoakustyki do badania procesów termicznych, przejść fazowych i zjawisk sorpcyjnych, a także do pomiarów

grubości, analizy powierzchni i warstw podpowierzchniowych, czy nawet mikroskopii i tomografii. Ze względu na nieniszczący charakter pomiarów, fotoakustyka ma bardzo szerokie możliwości wykorzystania w medycynie i biologii. Przykładowymi, zweryfikowanymi doświadczalnie jej zastosowaniami w tych dziedzinach są badania materiałów roślinnych, bakterii, krwi, tkanek oraz leków w tkankach, procesów dojrzewania, a nawet soczewek ludzkiego oka.

Wymienione wyżej przykłady pozwalają dostrzec potencjał techniki fotoakustycznej, choć ukazują one zaledwie wycinek jej możliwości. Mimo swoich licznych zalet, do których należy zaliczyć również prostotę metody i potencjalnie niskie koszty jej implementacji, w realizacjach praktycznych fotoakustyka nie jest jednak wykorzystywana na tak szeroką skalę, jak wiele innych technik pomiarowych. Oferta komercyjnych przyrządów fotoakustycznych jest bardzo ograniczona, a ich ceny są wysokie. Fotoakustyczne eksperymenty naukowe nie są już taką rzadkością, są jednak zwykle realizowane za pomocą dużych i wyrafinowanych systemów pomiarowych, których poziom skomplikowania i koszt nie wytrzymuje konkurencji ze stosowanymi obecnie na szerszą skalę popularnymi technikami pomiarowymi. Wynika to prawdopodobnie stąd, że większość z tych systemów składana jest z gotowych przyrządów, będących już w posiadaniu danego laboratorium, a wykorzystywanych także do innego rodzaju pomiarów. O ile takie podejście jest całkowicie zrozumiałe w przypadku ośrodków badawczych, które tematyką fotoakustyczną zajmują się okazjonalnie, to w przypadku ośrodków prowadzących regularne badania fotoakustyczne jest ono już nieco zastanawiające. Można się bowiem spodziewać, że koszt, rozmiary, masa i pobór mocy aparatury elektronicznej zoptymalizowanej pod kątem zastosowań fotoakustycznych w porównaniu do wspomnianych systemów zestawianych z oddzielnych urządzeń będzie znacząco mniejszy i to przy zachowaniu pełnej elastyczności w zakresie regulacji poszczególnych parametrów wykonywanych pomiarów. Można zatem postawić tezę, że wiele elementów konstrukcyjnych lub metod realizacji pomiarów fotoakustycznych można choćby częściowo zoptymalizować, prowadząc do poprawy parametrów urządzeń fotoakustycznych, redukcji ich kosztu i zmniejszenia rozmiarów, a docelowo – do dalszego upowszechnienia fotoakustyki zarówno jako praktycznej techniki pomiarowej, jak i jako narzędzia badawczego. Powyższa teza stanowiła bezpośrednią motywację podjęcia badań, których podsumowaniem jest niniejsza praca.