



## System do pomiarów charakterystyk widmowych detektorów promieniowania optycznego w szerokim zakresie temperatury

ROBERT ĆWIRKO, JOANNA ĆWIRKO

Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Elektroniki, Instytut Systemów Elektronicznych,  
00-908 Warszawa, ul. S. Kaliskiego 2

**Streszczenie.** W artykule przedstawiono zaprojektowany i wykonany w Wojskowej Akademii Technicznej (WAT) system do pomiarów charakterystyk widmowych detektorów promieniowania optycznego UV, VIS i IR w szerokim zakresie temperatury od 10 K do 450 K. System pomiarowy umożliwia także badanie wpływu temperatury na charakterystyki szumowe detektorów.

**Słowa kluczowe:** system pomiarowy, detektory UV, VIS, IR, pomiary fazoczułe, pomiary kriogeniczne, charakterystyki widmowe fotodetektorów

**Symbole UKD:** 535.08

### 1. Wstęp

W ostatnich latach zwiększył się znacznie zakres aplikacji fotodetektorów półprzewodnikowych wykorzystujących promieniowanie optyczne nie tylko w zakresie promieniowania widzialnego (VIS) i podczerwieni (IR), ale także w zakresie ultrafioletu (UV) [1]. Detektory VIS i IR stosowane są niemal we wszystkich dziedzinach życia: przemyśle, automatyce, aplikacjach AVT itp. Z kolei detektory UV wykorzystuje się w systemach broni inteligentnych, systemach inżynierii bezpieczeństwa, systemach rozpoznawania zagrożeń biologicznych oraz chemicznych i przemyśle półprzewodnikowym w procesach wytwarzania struktur scalonych o bardzo dużym stopniu integracji, medycynie [2]. Pierwsze detektory UV bazowały na odpowiednio zmodyfikowanym krzemie. Dopiero w 1996 r. pojawiły się pierwsze konstrukcje detektorów UV wykorzystujące węglik krzemu (SiC), czyli półprzewodnik o szerokiej

przerwie zabronionej. W kolejnych latach zaczęto używać także innych materiałów półprzewodnikowych o szerokiej przerwie zabronionej: GaN, AlGaN, TiO<sub>2</sub> i ZnO [3]. Wykorzystywane w nowych konstrukcjach detektorów UV tego typu materiały półprzewodnikowe są szczególnie zalecane do zastosowań, w których detektory są narażone na silne zakłócenia elektromagnetyczne. Detektory UV wykonane z zastosowaniem półprzewodników z szeroką przerwą zabronioną są nieczułe (ang. *solarblind detector*) na promieniowanie widzialne i z zakresu podczerwieni, gdyż krawędź absorpcji optycznej w tych materiałach występuje na ogół w zakresie od 270 nm do 390 nm. W przypadku detektorów UV wykonanych na bazie krzemu trzeba stosować dodatkowo, w celu ograniczenia zakresu charakterystyki widmowej, odpowiednie filtry optyczne.

## 2. Koncepcja systemu pomiarowego

Konstruktorzy półprzewodnikowych detektorów promieniowania optycznego wdrażają wiele rozwiązań technologicznych, aby uzyskać dużą czułość oraz wymagany kształt charakterystyki widmowej. Uzyskanie odpowiednio dużej czułości detektora sprowadza się głównie w minimalizacji szumów z równoczesnym zapewnieniem największego stosunku mocy sygnału do mocy szumu. Wiele materiałów półprzewodnikowych stosowanych do konstrukcji fotodetektorów zakresu UV stanowią materiały o szerokiej przerwie zabronionej. W tego typu materiałach duży wpływ na ich właściwości ma obecność głębokich centrów defektowych w przerwie zabronionej. Znacząca koncentracja centrów defektowych ma wpływ na czas życia swobodnych nośników ładunku oraz może być źródłem szumu generacyjno-rekombinacyjnego. Przykładowo, średni czas życia między uszkodzeniami MTBF (ang. *mean time between failures*) detektorów stosowanych w akceleratorach jest silnie zależny od szybkości degradacji ich struktury krystalicznej, na co znaczny wpływ ma obecność centrów defektowych. Czułość tych detektorów maleje w funkcji czasu, gdyż wzrasta w nich poziom szumów. Ocena wpływu obecności głębokich centrów defektowych wymaga prowadzenia pomiarów w możliwie jak najszerszym zakresie temperatury. Z doświadczeń autorów wynika na przykład, że często stosowane rozwiązanie — zmniejszania temperatury pracy detektora celem poprawy stosunku sygnału do szumu — nie jest zabiegiem skutecznym w przypadku zdefektowanej struktury półprzewodnika. Może wręcz doprowadzić do wzrostu wypadkowego poziomu szumów (spowodowanego znacznym wzrostem składowej związanej z szumem generacyjno-rekombinacyjnym) [4].

Badania detektorów promieniowania optycznego w szerokim zakresie temperatury pozwalają określić temperaturowe zmiany ich czułości oraz charakter zmienności położenia krawędzi absorpcji.

Zdecydowana większość stosowanych systemów badawczych detektorów UV, VIS i IR jest przystosowana do pomiarów w temperaturze otoczenia. Jeżeli takie badania prowadzone są w funkcji temperatury, to najczęściej jako źródło dla ustalenia warunków cieplnych pomiaru wykorzystuje się ogniwa Peltiera, umożliwiające przykładowo zmiany temperatury od  $-25^{\circ}\text{C}$  do  $+125^{\circ}\text{C}$ . O ile taki zakres zmian temperatury jest akceptowalny dla typowych pomiarów eksploatacyjnych, o tyle dla badania procesów zachodzących w strukturze detektora wymaga się pomiarów w zakresie od kilkunastu, kilkudziesięciu kelwinów do około 450 K.

Na podstawie powyższych rozważań przyjęto, że system pomiarowy powinien umożliwiać pomiary charakterystyk widmowych fotodetektorów i opcjonalnie ich charakterystyk szumowych w możliwie szerokim zakresie zmian temperatury. Podstawowe bloki funkcjonalne takiego systemu stanowią: źródło promieniowania o regulowanej długości fali, moduły odpowiedzialne za środowisko temperaturowe pomiaru i przyrządy dedykowane do tego rodzaju pomiarów.

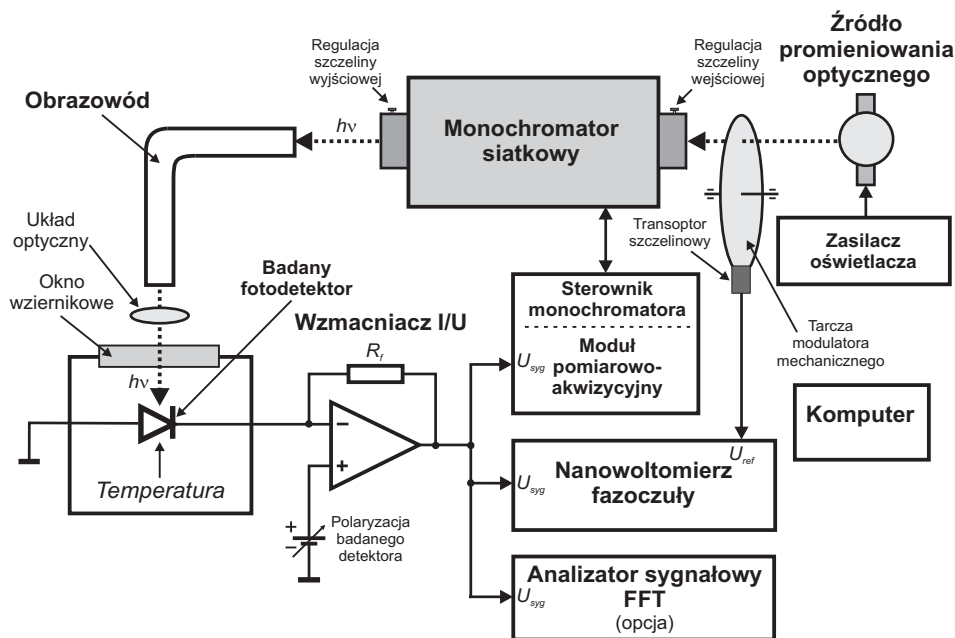
Dla zarejestrowania charakterystyk widmowych fotodetektorów długość fali promieniowania optycznego powinna zmieniać się w funkcji czasu. W systemie badawczym powinno się do tego celu stosować sterowany komputerowo monochromator z odpowiednim źródłem promieniowania i interfejs optyczny łączący wyjście monochromatora z użytym urządzeniem technologicznym ustalającym warunki cieplne pomiaru.

Ze względu na wymagany zakres zmian temperatury, począwszy od wartości kriogenicznych, jedynym rozwiązaniem jest zastosowanie kriostatu jako podstawowego elementu zespołu ustalania warunków cieplnych pomiaru. Wybór typu kriostatu jest kompromisem między wymaganą minimalną temperaturą pomiaru a poziomem zakłóceń generowanych przez jego głowicę. Sprężarkowe kriostaty helowe umożliwiają zwykle pomiary w zakresie od 10 K do 320 K. Największą ich wadą są generowane, przez sprężarkę znajdującą się w głowicy kriostatu, duże udary mechaniczne przenoszące się na badaną próbkę i będące źródłem znacznych zakłóceń pochodzenia piezo- i tryboelektrycznego. Dlatego sprężarkowy kriostat helowy nie jest najlepszym rozwiązaniem w przypadku pomiarów bardzo małych sygnałów, gdyż są one maskowane przez znaczne zakłócenia. O wiele mniejszym poziomem zakłóceń charakteryzuje się przepływowy kriostat azotowy, ale jego minimalna temperatura pracy (77 K) jest wyższa niż uzyskiwana w kriostacie helowym (10 K).

Nawet przy zastosowaniu źródeł promieniowania optycznego o dużej mocy, sygnał prądowy z badanego detektora ma amplitudę o wiele mniejszą niż szumy tła. Składowe tych szumów są generowane zarówno przez zespół monochromatora, jak i interfejs optyczny dołączony do wyjścia monochromatora, badany detektor, jego układ polaryzacji oraz urządzenia technologiczne zapewniające warunki cieplne pomiaru, przedwzmacniacz itp. Dlatego też preferowane są pomiary fazoczułe. Właściwym rozwiązaniem jest użycie cyfrowego nanowoltomierza typu Lock-In.

### 3. System pomiarowy

W Wojskowej Akademii Technicznej zaprojektowano i wykonano system pomiarowy do pomiaru charakterystyk widmowych i charakterystyk szumowych półprzewodnikowych detektorów promieniowania optycznego. Schemat funkcjonalny systemu przedstawiono na rysunku 1. System ten umożliwi przeprowadzenie pomiarów detektorów w zakresie zmian temperatury od 10 K do 450 K.

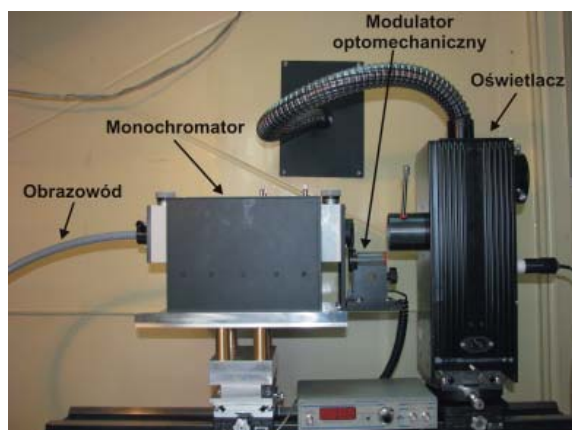


Rys. 1. Schemat funkcjonalny systemu pomiarowego

#### 3.1. Tor optyczny

Na rysunku 2 przedstawiono główne elementy składowe toru optycznego, który składa się z źródła promieniowania optycznego (lampy ksenonowej lub deuterowej), modulatora mechanicznego, monochromatora i obrazowodu światłowodowego. Zespół optyki, skupiającej wiązkę światła na badanym detektorze znajduje się w bezpośrednim sąsiedztwie urządzenia wykorzystywanego do ustalenia warunków cieplnych pomiaru.

Zastosowany monochromator typ M250/1800/UV firmy Optel jest zbudowany w układzie Czerny-Turnera o ogniskowej  $\frac{1}{4}$  m i umożliwia badanie fotodetektorów w zakresie od 200 do 800 nm, pod warunkiem zastosowaniu odpowiedniego źródła



Rys. 2. Wygląd głównych elementów składowych toru optycznego systemu pomiarowego

promieniowania optycznego. W monochromatorze zainstalowano siatkę dyfrakcyjną o wymiarach  $50 \times 50$  mm i rozdzielczości 1800 linii/mm. Szczeliny wejściowa i wyjściowa o wysokości 20 mm są regulowane płynnie w przedziale od 0,02 do 3 mm. Przy sterowaniu automatycznym monochromatora za pomocą interfejsów USB lub RS-232 powtarzalność ustawienia długości fali sygnału optycznego wynosi  $\pm 0,05$  nm. Przed szczeliną wyjściową został zainstalowany, przesuwany za pomocą silnika krokowego, filtr krawędziowy umożliwiający odcinanie składowych widmowych  $n\lambda$ , gdzie  $\lambda$  — zadeklarowana długość fali na wyjściu monochromatora. Monochromator współpracuje z dwoma typami źródeł promieniowania optycznego. W pierwszym zastosowano 150 W ksenonową lampę typ XBO150 W/CR OFR, z bardzo małym poziomem emisji ozonu, średnią luminancją  $1800 \text{ cd/cm}^2$  i trwałością około 3000 h. Charakterystyka widmowa lampy umożliwia pomiary detektorów od około 230 nm do 800 nm, czyli detektorów pracujących w zakresie UV, światła widzialnego i bliskiej podczerwieni. Maksymalny, o prawie stałym natężeniu, strumień świetlny występuje w zakresie od 400 do 800 nm. Jednakże dla fali o długości 230 nm natężenie strumienia świetlnego jest około 100 razy mniejsze od wartości maksymalnej. Pięciokrotne zwiększenie natężenia strumienia świetlnego dla fali o długości 230 nm można uzyskać, zastępując lampę XBO150 W/CR OFR, niestety silnie ozonującą, lampą XBO 150/W1. Wymienione lampy ksenonowe są sterowane ze stabilizowanego zasilacza prądu stałego regulowanego w zakresie od 6 A do 8,5 A z 25 kV układem zapłonowym.

Dla pomiarów detektorów UV o czułościach niewymagających tak dużych mocy oświetlacza monochromatora, jakie są możliwe do uzyskania przy użyciu lamp ksenonowych, stosuje się w systemie pomiarowym lampą deuterową typ 6006 o mocy 30 W firmy Oriel i użytkowym zakresie charakterystyki widmowej od 200 nm do 400 nm, przy czym maksimum strumienia świetlnego występuje

w okolicy 250 nm i ulega pięciokrotnemu zmniejszeniu dla skrajnych punktów charakterystyki — tzn. 200 nm i 400 nm. Jeżeli wymagana jest mała emisja ozonu, wówczas można zamiennie zastosować lampę deuterową typ 63161 o mocy 30 W. Dla oświetlacza z lampami deuterowymi stosuje się w systemie pomiarowym zasilacz typ 68942 firmy Oriel.

Problemem jest zapewnienie jak najbardziej efektywnej transmisji strumienia świetlnego z wyjścia monochromatora do wejścia urządzenia technologicznego odpowiedzialnego za ustalanie warunków cieplnych pomiaru. Optymalne jest sprzęgnięcie monochromatora, np. z kriostatem za pomocą obrazowodu złożonego z wielu światłowodów. Dodatkową zaletą tego rozwiązania jest możliwość takiego ułożenia światłowodów, że od strony monochromatora odbierają one maksymalny strumień światła emitowany przez szczelinę wyjściową, dając od strony kriostatu strumień świetlny o przekroju kołowym. Główną wadą jest relatywnie duże tłumienie obrazowodu — około 8 razy. Jest możliwość zmniejszenia tego tłumienia do około 3 przez zastąpienie obrazowodu światłowodowego, niestety znacznie droższym, obrazowodem cieczowym. Jeżeli konieczna jest jeszcze mniejsza tłumienność tego odcinka toru optycznego, to wówczas w systemie stosuje się zmianę kierunku strumienia świetlnego za pomocą układu ze zwierciadłem z naparowaną warstwą specjalnie spreparowanego aluminium [5] zapewniającego 90% współczynnik odbicia w zakresie 250-600 nm z wyjątkiem zakresu 260-400 nm, gdzie współczynnik odbicia ulega zmniejszeniu, przyjmując 78% dla 320 nm. Rozwiązanie to wymaga jednak uciążliwej kalibracji toru optycznego przy wymianie badanych detektorów. Przed oknem wziernikowym znajduje się układ optyczny kształtujący strumień świetlny padający na badany fotodetektor.

Przebieg zmierzonej charakterystyki widmowej nie odzwierciedla rzeczywistego przebiegu charakterystyki badanego detektora, należy uwzględnić kształt charakterystyk widmowych zespołu monochromatora, interfejsu optycznego itp. Dopiero zarejestrowanie w tych samych warunkach pomiarowych przebiegu charakterystyki z detektora wzorcowego pozwala opracować tablice poprawek, za pomocą których można skorygować przebieg widmowy zarejestrowany z wyjścia detektora badanego.

W systemie pomiarowym do precyzyjnej kalibracji toru optycznego używa się dwóch fotodiod wzorcowych: S2281 — National Institute of Standards and Technology NIST, USA o zakresie widmowy od 200 nm do 1100 nm i BPYP-43, pracującej w przedziale od 400 nm do 1000 nm — Instytut Technologii Elektronowej. Ze względu na skomplikowaną i długotrwałą procedurę kalibracji elementów toru optycznego z użyciem powyższych detektorów wzorcowych przy pomiarze charakterystyk widmowych badanych detektorów wykorzystuje się miernik PM100D firmy ThorLabs [6]. Miernik ten pozwala rejestrować wartości mocy i energii promieniowania optycznego w zakresach określonych użytym czujnikiem. Pomiar odbywa się dla zadeklarowanej długości fali wymuszenia optycznego i popełniany



błąd odczytu mocy lub energii zależy od stopnia monochromatyczności sygnału mierzonego. Do miernika PM100D mogą być podłączone różne typy detektorów wzorcowych o kalibrowanej charakterystyce widmowej: fotodiody i detektory termiczne — wykorzystujące zjawiska termoelektryczne i piroelektryczne. Do pomiarów sygnałów o małej mocy z akceptowalną rozdzielczością najlepiej nadają się fotodiody, jednakże w odróżnieniu od detektorów termicznych, ich czułość widmowa w funkcji długości fali świetlnej zmienia się w znacznym zakresie, co wymaga korekcji przez miernik PM100D wyświetlanych wartości mocy lub energii. W opracowanym systemie pomiarowym miernik PM100D pracuje z fotodiody S120VC (50 nW — 500 mW, 200-1100 nm). Ponieważ w praktyce każdy egzemplarz fotodiody S120VC ma inny przebieg charakterystyki widmowej w złączu służącym do podłączania fotodiody do miernika PM100D umieszczono nieulotną pamięć programowalną, gdzie producent na etapie kalibracji detektora wpisuje wartości czułości widmowej zarejestrowane co 5 nm.

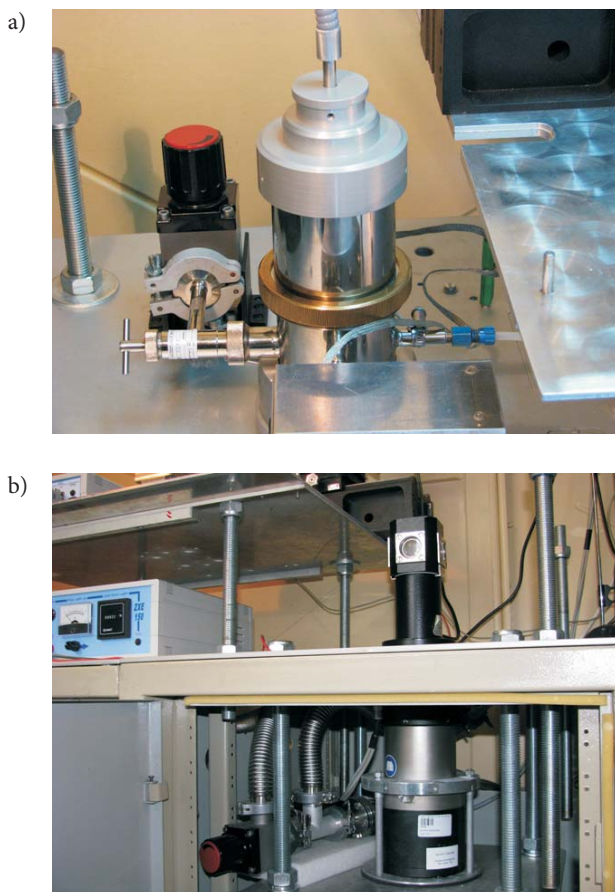
W wyborze zastosowanego w systemie pomiarowym rodzaju fotodetektora wzorcowego należy mieć na uwadze także aspekt ekonomiczny. Precyzyjnie kalibrowana fotodioda wzorcowa S2281 kosztuje 6630 USD, gdy trochę mniej dokładna, bo wtórnie kalibrowana na jej bazie fotodioda S120VC przeznaczona do pracy z miernikiem PM100D kosztuje około 465 USD.

Dla wyświetlenia przez miernik PM100D mocy promieniowania bezpośrednio w watach (lub energii w dżulach) konieczne jest zadeklarowanie rzeczywistej średnicy strumienia padającego na detektory wzorcowy lub badany. Zalecane jest, żeby średnica plamki mierzonego sygnału optycznego stanowiła co najmniej 10% powierzchni aktywnej wzorcowej fotodiody.

Miernik PM100D jest wyposażony w interfejs USB 2.0 umożliwiający podłączenie zewnętrznego komputera. W skład oprogramowania firmowego umożliwiającego przetwarzanie danych pomiarowych i ich wizualizację dołączono drivery pozwalające na napisanie własnego oprogramowania w języku LabVIEW. Rejestrowane dane mogą być także zapisane z wykorzystaniem wewnętrznego czytnika SD Memory Card 1GB.

### 3.2. Ustalanie warunków cieplnych pomiaru

Podczas badań fotodetektor znajduje się w jednym z urządzeń technologicznych zespołu ustalania warunków cieplnych pomiaru. W skład tego zespołu wchodzi: moduł kriostatowy — przepływowy kriostat azotowy typ LN2 firmy Air Liquid (rys. 3a) i sprężarkowy kriostat helowy typ RDK 10-320 firmy Leybold (rys. 3b) oraz moduł pomiarów wysokotemperaturowych i stanowisko z ogniwnem Peltiera. Stanowisko pomiarów wysokotemperaturowych pozwala na badanie fotodetektorów do temperatury 450 K. Z kolei do wstępnych pomiarów detektorów w ograniczonym zakresie zmian temperatury (255-360 K) stosuje się stanowisko z ogniwnem Peltiera



Rys. 3. Kriostaty zastosowane w systemie pomiarowym: a) przepływowy kriostat azotowy; b) helowy kriostat sprężarkowy

sterowanym z bipolarnego źródła prądowego typ 06DLT302 firmy Melles Griot. Pomimo że pomiary wykonywane przy użyciu stanowisk wysokotemperaturowego i z ogniwnem Peltiera nie wymagają stosowania próżni, to nakładane na te stanowiska kołpaki z oknami wziernikowymi umożliwiają wypchnięcie z ich wnętrza powietrza atmosferycznego przez wtłaczanie gazu obojętnego dla powierzchni badanej struktury detektora, na przykład azotu.

Szeroki zakres zmian temperatury pracy w kriostatach azotowym i helowym wymaga, żeby pomiar detektora odbywał się w próżni, co minimalizuje straty energii cieplnej w obszarze badanej próbki. Ponadto w przypadku gdy struktura półprzewodnikowa badanego detektora nie jest zamknięta w hermetycznej obudowie, to jej powierzchnia może ulegać degradacji przez gazy zawarte w powietrzu atmosferycznym. Przykładowo, powierzchnia SiC wykorzystywanego w konstrukcji



detektorów UV bardzo silnie reaguje z tlenem. W obu kriostatach zespół dwóch pomp olejowej i turbomolekularnej umożliwia uzyskanie próżni na poziomie  $10^{-6}$  Tr. Do pomiaru poziomu próżni stosowany jest czujnik IONIVAC ITR090 (połączenie głowicy Piraniego i głowicy Bayarda Alperta z gorącą katodą). Czujnik ITR090 współpracuje z mikroprocesorowym miernikiem ciśnienia IT23, umożliwiającym zdalne monitorowanie wskazań i sygnalizację progów alarmowych.

Badany detektor mocowany jest za pośrednictwem odpowiedniego uchwytu na stoliku operacyjnym, w którym znajduje się zespół grzejny oraz czujnik temperatury. W kriostacie azotowym wewnątrz stolika poprowadzone są kanały, którymi przepływa ciekły azot zasysany przez pompę wibracyjną z metalowego, 30-litrowego termosu. W kriostacie helowym stolik operacyjny dołączony jest do ciepłowodu, którego przeciwny koniec zakończony jest wymiennikiem sprężarki helu. Sprężarka znajduje się w dolnej części głowicy kriostatu. Wstępne sprężanie helu odbywa się w kompresorze zewnętrznym. O ile kriostat azotowy wymaga okresowego, co około 15 godzin, uzupełnienia ciekłego azotu, o tyle sprężarkowy kriostat helowy pracuje w obiegu zamkniętym.

Chwilowa wartość temperatury stolika operacyjnego kriostatu wynika głównie z bilansu energetycznego między energią cieplną dostarczoną przez grzałkę stolika a odprowadzoną przez czynnik chłodzący (azot lub hel). Jako czujnik temperatury stolika operacyjnego zastosowano kalibrowaną diodę krzemową typu D mogącą pracować w zakresie od 4 K do 450 K. Czujnik jest dołączony do mikroprocesorowego regulatora temperatury typ LTC60 firmy Leybold, realizującego cyfrowy algorytm regulacji PID. Od optymalizacji nastaw PID zależy jakość regulacji temperatury oraz czas potrzebny do jej ustabilizowania. Drugi czujnik umieszcza się jak najbliżej badanego detektora, dzięki czemu minimalizowany jest błąd odczytu temperatury pomiaru. Głowice obydwu kriostatów są wyposażone w okna wizerunkowe ze specjalnego szkła Suprasil o transmisji światła od ultrafioletu do bliskiej podczerwieni i umożliwiają pobudzenie optyczne badanego detektora.

### 3.3. Przyrządy dedykowane

Podstawowymi przyrządami pomiarowymi w systemie są nanowoltomierz fazoczuły i dynamiczny analizator sygnałowy FFT. Pomiar przy użyciu nanowoltomierza fazoczułego SR830 firmy Stanford Research Systems (SRS) wymaga modulacji strumienia promieniowania świetlnego. Modulacja dokonywana jest za pomocą wirującej tarczy modulatora mechanicznego typ SR549 firmy SRS. Transoptor szczelinowy tego modulatora jest źródłem sygnału referencyjnego, względem którego w nanowoltomierzu fazoczułym odbywa się proces analizy sygnału z badanego detektora. Częstotliwość modulacji strumienia świetlnego powinna być tak wybrana, żeby dla tej częstotliwości i najbliższego jej otoczenia maksymalne wartości szumu były znacznie mniejsze niż wartość sygnału użytecznego detektora.

Określenie takiej częstotliwości jest możliwe przy użyciu dynamicznego analizatora sygnałowego FFT.

Sygnał prądowy z wyjścia detektora jest wzmacniany w niskoszumowym wzmacniaczu transimpedancyjnym I/U typ 428 firmy Keithley. Przyrząd ten posiada wbudowany układ polaryzacji napięciowej dla badanego detektora. Jeżeli sygnał prądowy z detektora podłączany jest bezpośrednio do wejść wewnętrznych wzmacniaczy wbudowanych w strukturę wyspecjalizowanych przyrządów pomiarowych, jak ma to przykładowo miejsce w nanowoltomierzu fazoczułym SR830, to detektor jest polaryzowany z zewnętrznego źródła napięcia. W przypadku pomiarów z użyciem nanowoltomierza fazoczułego pominięcie zewnętrznego wzmacniacza transimpedancyjnego zmniejsza poziom błędów związanych z wpływem dodatkowych przesunięć fazowych.

Za pomocą analizatora sygnałowego FFT typ HP35665A firmy Hewlett-Packard wyznaczane są także charakterystyki szumowe fotodetektorów w szerokim zakresie zmian temperatury.

#### 4. Podsumowanie

Podstawowe parametry fotodetektorów to kształt charakterystyki widmowej oraz czułość związana bezpośrednio z poziomem szumów własnych. Zaprojektowany i wykonany w Wojskowej Akademii Technicznej system pomiarowy (rys. 4) umożliwia pomiar charakterystyk widmowych i szumowych fotodetektorów w zakresie od 10 K do 450 K. Zrealizowany system pomiarowy pozwala między innymi na określanie zmienności położenia krawędzi absorpcji w funkcji temperatury — po-



Rys. 4. Fotografia głównych podzespołów systemu pomiarowego

łożenie krawędzi absorpcji jest charakterystyczne dla zastosowanych w konstrukcji detektora materiałów półprzewodnikowych.

Możliwe jest także określenie temperaturowych zmian czułości detektorów na podstawie analizy ich charakterystyk szumowych. Dla fotoodbiorników hybrydowych, zawierających w jednym układzie scalonym zarówno detektor, jak i wzmacniacz transmitancyjny można określić ponadto wpływ temperatury na ten moduł wzmacniający, w tym także na jego elementy zewnętrzne (rezystory sprzężenia zwrotnego, podzespoły kompensacji częstotliwościowej itp.).

Ze względu na militarne zastosowania detektorów optycznych ważnym problemem jest zapewnienie niezawodności długoczasowej. Klasyczne rozwiązanie problemu to prowadzenie wielomiesięcznych badań. W oparciu o zrealizowany system pomiarowy zostanie podjęta próba prognozowania niezawodności detektorów na podstawie badań wpływu temperatury na ich charakterystyki optyczne i szumowe.

Artykuł wpłynął do redakcji 5.05.2009 r. Zweryfikowaną wersję po recenzji otrzymano w maju 2009 r.

#### LITERATURA

- [1] A. ROGALSKI, *Advanced Technologies in Development of Optical Detectors*, Elektronika, 12, 2004, 12-19.
- [2] A. BEDNARKIEWICZ, P. GACEK, J. JAROŃSKI, *Wykorzystanie światła niebieskiego do diagnostyki nowotworów i stanów przednowotworowych*, Elektronika, 3, 2006, 12-13.
- [3] N. BIYAKLI, T. KARTALOGLU, O. AYTUR, I. KIMUKIN, E. OZBAY, *High-speed visible-blind GaN-based indium-tin-oxide Schottky photodiodes*, Applied Physics Letters, vol. 79, 17, 2001, 2838-2840.
- [4] J. ĆWIRKO, R. ĆWIRKO, *Adaptacyjny system badawczy materiałów i przyrządów półprzewodnikowych*, Przegląd Elektrotechniczny, 5, 2008, 265-268.
- [5] Katalog: The Newport Resource 2008/2009, www.newport.com
- [6] *Diode Laser Drivers 06DLD 3xx Series, User Manual*, Melles Griot. Photonics Components Group, USA, 2006, www.mellesgriot.com

R. ĆWIRKO, J. ĆWIRKO

#### **A system for measurement spectral characteristics in wide temperature range**

**Abstract.** The paper presents an integrated system, developed at the Military University of Technology (MUT), used for measurements of spectral characteristic of UV, VIS, and IR detectors. The setup provides also the possibility of noise measurements in a wide temperature range — from 10 K to 450 K.

**Keywords:** measurement system, UV, VIS, and IR detectors, lock-in detection, cryogenic measurements, spectral response of photodetectors

**Universal Decimal Classification:** 535.08

