

Pomiary w podczerwieni

Mgr Roman
STĘPNIEWSKI

Fale elektromagnetyczne o różnej długości fali są wytwarzane i wykrywane całkiem różnymi metodami. Wiąże się z tym zresztą nazwy tych fal.

Fale radiowe mogą być wykrywane np. za pomocą radioodbiornika. Jego antena jest zasadniczym elementem wykrywającym te fale. Pozostała część służy jedynie wzmocnieniu i odpowiedniemu przetworzeniu odebranego sygnału.

Najbardziej cennym i jednocześnie bardzo precyzyjnym detektorem światła widzialnego jest oczywiście oko, w którym elementem bezpośrednio reagującym na padające światło są komórki światłoczułe. Układ nerwowy odpowiednio przetwarza te reakcje. Innym sposobem wykrywania światła jest użycie kliszy fotograficznej. W tym przypadku padające światło zapoczątkowuje przemiany chemiczne, które są następnie „wzmacniane” w procesie wywoływania.

W środku (nie jest to zbyt precyzyjne określenie) pomiędzy falami radiowymi i światłem widzialnym znajduje się obszar promieniowania elektromagnetycznego o długości fal od 50 do 1000 mikrometrów, określane jako daleka podczerwień. Ze względu na ten pośredni charakter wykrywanie takiego promieniowania sprawiało duże kłopoty. Detekcja w sposób typowy dla zakresu radiowego jest niemożliwa, gdyż odpowiednia antena musiałaby mieć długość rzędu setek mikrometrów (porównywalną z długością fali). Z drugiej strony częstotliwość a co za tym idzie energia pojedynczego kwantu tego promieniowania jest zbyt mała, by wywołać procesy fotochemiczne (np. w emulsji fotograficznej); promieniowanie elektromagnetyczne o tak niskiej częstotliwości jest za słabe. Najczęściej stosowane metody detekcji promieniowania dalekiej podczerwieni opierają się na fakcie wzrostu temperatury ciała, na które ono pada. Bardzo prostym urządzeniem tego typu jest termopara. Jedno z jej złącz wystawione na działanie promieniowania ogrzewa się i pojawia się napięcie termoelektryczne, które jest miarą natężenia padającej wiązki. W celu zapewnienia dużej czułości, termopary są wykonywane z bardzo cienkiej folii. Jest to przyczyną małej wytrzymałości mechanicznej tych urządzeń. Nie ma tego mankamentu tzw. komórka Golaya czyli detektor ciśnieniowy.

Stanowi ona wypełnioną gazem komorę zakończoną z obu stron bardzo cienkimi membranami. Na jedną z nich, pokrytą specjalną warstwą pochłaniającą, pada badane promieniowanie powodując ogrzewanie i podwyższenie ciśnienia gazu. Druga membrana jest oświetlona z zewnątrz światłem zwykłej żarówki. Zmiany jej kształtu są obserwowane za pomocą bardzo czułego układu optycznego i następnie przetwarzane na sygnał elektryczny dzięki użyciu fotokomórki. Napięcie wyjściowe otrzymywane z komórki Golaya jest na tyle duże, że może być bez większych trudności wzmacniane za pomocą wzmacniaczy elektronicznych.

Najmniejsza moc promieniowania, jaką potrafi wykryć taki detektor, wynosi ok. 10^{-10} W. Może on np. „zobaczyć” zapalony papieros z odległości ok. 100 m. Gdyby można w prosty sposób zamienić energię mechaniczną w całości na promieniowanie podczerwone, to upadek lebką zapalki z wysokości 1 cm odbierany byłby jako bardzo silny sygnał.

Głównym ograniczeniem czułości takiego detektora jest tzw. szum termiczny. Jest to dodatkowy sygnał, który pojawia się wskutek statystycznej fluktuacji temperatury gazu w komorze.

Dla zbyt słabego natężenia promieniowania niemożliwe jest odróżnienie sygnału od szumu. Znaczną poprawę warunków pracy detektorów termicznych uzyskuje się obniżając ich temperaturę np. za pomocą ciekłego helu.

Wykorzystuje się przy tym szereg substancji, których opór silnie zależy od temperatury.

Detektory wykonane z takich materiałów nazywane są bolometrami. Do najbardziej czułych należy bolometr nadprzewodzący. Działanie jego opiera się na zjawisku gwałtownego spadku oporu niektórych metali i stopów w czasie obniżania ich temperatury, które występuje w pobliżu temperatury przejścia w tzw. stan nadprzewodzący.

Zmiana oporu bolometru wskutek padającego promieniowania jest łatwo mierzalna, a jego czułość jest ok. 100 razy większa niż czułość detektora Golaya (bolometr „widzi” papieros z odległości 1 km). Największym utrudnieniem przy jego stosowaniu jest konieczność bardzo dokładnej stabilizacji temperatury.

Całkowicie odmienną klasą są detektory wykorzystujące zjawisko fotoprzewodnictwa. Wykonuje się je najczęściej ze związku półprzewodnikowego InSb, w którym istnieją atomy innych pierwiastków, które mogą bardzo słabo wiązać elektrony. Energia wiązania jest tak słaba, że nawet promieniowanie dalekiej podczerwieni może uwolnić takie elektrony, wskutek czego stają się one nośnikami prądu, a to powoduje wzrost przewodnictwa. I w tym przypadku detektor musi być chłodzony ciekłym helem, gdyż już dla temperatury ok. 20 K drgania termiczne sieci krystalicznej spowodowałyby uwolnienie wszystkich związanych elektronów. Należy przy tym jeszcze raz podkreślić, że jest to efekt całkowicie różny od efektu bolometrycznego, w którym zmiana oporu bezpośrednio związana jest ze zmianą temperatury detektora. Tutaj bezpośrednim skutkiem padającego promieniowania jest zmiana ilości nośników prądu.

Wszystkie te urządzenia mają szerokie zastosowanie w nauce i technice. Pozwalają nam widzieć to, czego oko ludzkie zobaczyć nie potrafi. Są one używane np. w astrofizyce przy analizie promieniowania termicznego gwiazd i planet. Promieniowanie dalekiej podczerwieni ze względu na małą energię pojedynczego kwantu jest używane w celu precyzyjnego określenia właściwości elektronów w półprzewodnikach i metalach. W eksperymentach takich dokładny pomiar mocy promieniowania jest oczywiście bardzo ważny.

