

Znaczenie techniki podczerwieni wynika przede wszystkim z powszechności występowania promieniowania podczerwonego. To niewidoczne dla ludzkiego oka promieniowanie niesie wszechstronne informacje o obiektach – ich położeniu w przestrzeni, temperaturze, właściwościach powierzchni, jak również informacje o składzie chemicznym atmosfery przez którą jest transmitowane promieniowanie. Informacje niesione przez promieniowanie podczerwone mogą być odczytane i przetworzone przez odpowiednie czujniki (detektory), które przetwarzają energię promieniowania na inne rodzaje energii łatwe do bezpośredniego pomiaru. Istnieje wiele typów detektorów, niektóre z nich umożliwiają detekcję bardzo słabych sygnałów, pochodzących od pojedynczych fotonów.

Przez wiele lat detekcję słabych sygnałów umożliwiały fotopowielacze (ang. *PhotoMultiplier Tube* – PMT). Pomimo dużej czułości i wzmocnienia wynoszącego nawet kilka milionów, mają one jednak wiele wad. Charakteryzują się małą wydajnością kwantową, pracują wadliwie w obecności pól magnetycznych, mają duże wymiary oraz delikatną konstrukcję.

Najbardziej czułym, półprzewodnikowym detektorem światła jest fotodioda lawinowa (ang. *Avalanche PhotoDiode* – APD). Fotodiody lawinowe mogą wykrywać promieniowanie elektromagnetyczne o ekstremalnie małym natężeniu. Jest to możliwe dzięki wykorzystaniu zjawiska powielania lawinowego. Fotony światła padającego na fotodiodę generują pierwotne pary elektron-dziura. W wyniku polaryzacji diody odpowiednio wysokim napięciem wstecznym, nośniki ładunku są przyspieszane w zewnętrznym polu elektrycznym osiągając energię kilku elektronowoltów. Zderzenia przyspieszonych pierwotnych nośników z neutralnymi atomami powodują wybicia elektronów z zewnętrznych powłok walencyjnych, czyli jonizację atomów. W ten sposób powstają nośniki wtórne, które są również przyspieszane w polu zewnętrznym i kreują nowe nośniki – ich liczba rośnie lawinowo (stąd nazwa diody). Pierwotny fotoprąd zostaje w ten sposób wzmocniony od kilku do kilku milionów razy (zależnie od przyłożonego napięcia – im wyższe napięcie wsteczne, tym większe wzmocnienie). Fotodiody lawinowe o najwyższym wzmocnieniu pozwalają na wykrywanie pojedynczych fotonów. Fotodiody takie są nazywane jednofotonowymi (ang. *Single-Photon Avalanche Diode* – SPAD). W typowych fotodiodach lawinowych osiągnięte wzmocnienie nie przekracza 1000.

Obecne fotodiody lawinowe są równie czułe jak fotopowielacze, a przy tym są znacznie mniejsze i wygodniejsze w użyciu. Ze względu na zdolność zliczania pojedynczych fotonów i detekcję w krótkich przedziałach czasowych, fotodiody APD znajdują powszechne zastosowanie w dalmierzach laserowych, radarach optycznych, telekomunikacji światłowodowej, a także w otwartej przestrzeni oraz ultraczułej spektroskopii. Wśród nowych zastosowań wymienić można pozytonową tomografię emisyjną.

Powszechnie stosowane fotodiody APD pracują głównie w nadfiolecie, całym widmie widzialnym i bliskiej podczerwieni. Wytwarzane są z krzemu, germanu oraz związków półprzewodnikowych grupy III-V, z których najbardziej popularny jest potrójny roztwór stały arsenku galowo-indowego (InGaAs). Materiałem stosowanym do konstrukcji fotodiod lawinowych pracujących w podczerwonym zakresie widma elektromagnetycznego jest tellurek kadmowo-rtęciowy (HgCdTe). W oparciu o HgCdTe można konstruować fotodiody APD pracujące w zakresie długości fali do około 14 μm . Muszą być one jednak chłodzone do temperatury ciekłego azotu w celu zmniejszenia termicznych procesów wzbudzenia nośników ładunku. Chłodzenie kriogeniczne stwarza kosztowne i kłopotliwe ograniczenia. Z tego powodu niniejszy projekt ukierunkowany na badanie możliwości wykonania detektorów APD z HgCdTe pracujących bez chłodzenia kriogenicznego – tak zwanych detektorów HOT (ang. *High-Operating Temperature*). Kluczem do sukcesu będzie dokładne zrozumienie fizyki zjawisk fotoelektrycznych w tego typu strukturach, ich analiza przy pomocy programów komputerowych oraz opracowanie architektury fotodiod lawinowych z HgCdTe. Prowadzenie ciągłych prac badawczych pozwoli na zwiększenie konkurencyjności istniejącej w Polsce produkcji detektorów promieniowania podczerwonego i zagwarantuje utrzymanie przewagi technologicznej nad konkurencją i sprostanie potrzebom rynkowym.