

STACJE OPTOELEKTRONICZNE - PRZYSZŁE "RADARY" MYŚLIWCÓW WIELOZADANIOWYCH [RAPORT]

Myśliwce wielozadaniowe używają obecnie stacji radiolokacyjnych do wykrywania, śledzenia i naprowadzania uzbrojenia na cele, które znajdują się poza zasięgiem widzialności wzrokowej. Wadą radaru jest jednak aktywny proces pracy, ułatwiający namierzenie i zniszczenie nosiciela. Dlatego opracowywane są systemy wykrywania i śledzenia celów w podczerwieni, które w odróżnieniu od radarów nie pozostawiają "ślądu", ujawniającego pozycję myśliwców - pisze w analizie dla Defence24.pl Marek Dąbrowski.

Zastosowanie od czasów II Wojny Światowej techniki radarowej, wykorzystywanej przez różne powietrzne systemy bojowe i wsparcia, znacznie zwiększyło możliwości wykonywania dedykowanych dla nich zadań na polu walki. Duże możliwości, jakie daje radar w procesie wykrywania, namierzania i naprowadzania zamontowanych na platformie powietrznej systemów uzbrojenia, podczas zdobywania danych/rozpoznania, czy wykonywania zadań wsparcia sprawiło, że jest on i w najbliższym czasie będzie powszechnie używany i stale udoskonalany. Jednak zasadniczą wadą tego systemu jest jego aktywny proces pracy, co demaskuje używającą go platformę bojową a jednocześnie ułatwia innym systemom jej namierzenie i w efekcie zniszczenie.

Jednym z kierunków mających na celu wyeliminowanie tej niekorzystnej cechy jest zastąpienie (obecnie w specyficznych warunkach) aktywnych metod pracy radaru, pasywną metodą wykorzystującą kolejne generacje systemów/stacji optoelektronicznych typu Infrared Search-and-Track (IRST).

Pierwsze takie uproszczone systemy (nie do końca odpowiadające obecnym IRST) używane od lat sześćdziesiątych, wykorzystywało amerykańskie lotnictwo m.in. na samolotach F-101B *Voodoo* i F-102 *Delta Daggers*.

Ich rozwój (w zastosowaniach na samolotach wojskowych) nie był jednak tak dynamiczny jak rozwój technologiczny samych urządzeń optoelektronicznych, aż do lat osiemdziesiątych, gdy pojawiły się nowe generacje rosyjskich myśliwców - Mig 29 i Su-27 wyposażone w optoelektroniczne stacje celownicze OEPS-29 o zasięgu 18 km i OEPS-27. Był to pierwszy IRST skanujący w dwóch wymiarach, czyli budujący obraz 2D. Na bliskie odległości uzyskiwano sytuację 3D dzięki dalmierzowi laserowemu.

Kolejnym samolotem wyposażonym w system typu IRST był amerykański F-14D *Tomcat*, na którym zainstalowano system AN/AAS-42 (obrazujący sytuację w 3D), stabilizowany kardanowo i zamocowany w pojemniku pod przednią częścią kadłuba samolotu.



Myśliwiec F-14D Tomcat. Fot. SSGT MICHAEL D. GADDIS, USAF

Pojawienie się nowej generacji systemówIRST wykorzystujących rodzaj studni potencjałów w postaci studni kwantowych, spowodowało na Zachodzie ponowne zainteresowanie pasywnymi środkami wykrywania.

W najnowszych rozwiązaniach rosyjskich czy europejskich obrazowanie 3D na większe odległości uzyskuje się m.in. poprzez namiary i wykorzystanie nowych technik, takich jak zastosowanie dalmierza wykorzystującego laser półprzewodnikowy (laser rangefinder - LRF) oparty na studniach kwantowych. Na dużych wysokościach takie rozwiązania dysponują zasięgiem dochodzącym do 90 km od przedniej półsfery celu, a dla tylnej zasięg jest nawet większy (ponad 100 km).

Systemy oparte na detektorach na studniach kwantowych - Quantum Well Infrared Photodetector (QWIP studniowe fotonowe detektory podczerwieni) wykorzystują cienkie warstwy arsenku galu (AlGaAs oraz GaAs). Cechą charakterystyczną dla nich jest stosunkowo wysoka jednorodność poszczególnych elementów (pikseli) matrycy. QWIP zostały szeroko zastosowane w kamerach na podczerwień, matrycach Focal Plane Array (FPA), zapewniając wzrost rozdzielczości i zasięgu wykrywania.

Możliwości kolejnych generacji systemu spowodowały, że stał się on jednym z zasadniczych elementów systemu wykrywania i namierzania rozwijanych maszyn europejskich - francuskiego *Rafale*, szwedzkiego *Gripena* czy wspólnego projektu brytyjsko-niemiecko-włosko-hiszpańskiego - wielozadaniowego *Typhoona*.

Do zalet związanych z montowaniem na samolotach stacji optoelektronicznych możemy zaliczyć:

- niską wykrywalność ze względu na pasywną pracę;
- możliwość pracy w trybie wykrywania, śledzenia, ostrzegania, wskazywania i identyfikacji celów;

- odporność na zakłócenia środkami radioelektronicznymi;
- wysoką czułość;
- automatyczne przekazywanie danych do pokładowych systemów współpracujących i współpracę z nimi;
- wykrywanie i identyfikacje w odległościach większych lub porównywalnych z 80% systemów uzbrojenia wykorzystywanego na danym typie samolotu;
- zapewnienie precyzyjnego naprowadzania pocisków, rakiet czy bomb na cele o niewielkich rozmiarach;
- odporność na pociski przeciwradiolokacyjne;
- stosunkowo niskie (w porównaniu z systemami radiolokacyjnymi) koszty produkcji;
- dużą podatność modernizacyjną.

Do wad takich rozwiązań zaliczamy:

- zależność zasięgu wykrycia i identyfikacji od sygnatury obiektu wykrywalnego;
- ograniczenia zasięgu wynikające z mocy/możliwości zainstalowanego lasera;
- ograniczone kąty obserwacji (w dużej mierze związane również ze sposobem zamontowania na samolocie);
- graniczenie zdolności wykrycia w zależności od widzialności meteorologicznej, a pułapu od pułapu chmur.

W nowoczesnych urządzeniach optoelektronicznych zauważalna jest tendencja do stosowania (w miarę możliwości) dwóch pasm pracy – w zakresie widma pracy 3-5 μm i 8-12 μm . Jednym z celów takiego podejścia jest zwiększenie odporności urządzeń na sztuczne i naturalne zakłócenia oraz zwiększenie poziomu niezawodności.

ZSRS/Rosja

Optoelektroniczna stacja celownicza na rosyjskich myśliwcach Mig-29, opracowana przez Uralską Optyczno-Mechaniczną fabrykę, składa się z trzech podsystemów:

- laserowej stacji optoelektronicznej KOLS-29 (laserowy dalmierz i termonamiernik);
- nahełmowego systemu celowniczego Szcz-3UM-1;
- bloku cyfrowego konwertera 23S/01.

Zastosowano w niej dalmierz laserowy 12P2-01 i blok elektroniki 23S/01. Jest ona elementem systemu wykrywania, śledzenia i naprowadzania wobec powietrznych i naziemnych celów oraz zapewnia określenie ich współrzędnych kątowych i prędkości kątowych. Działa też jako system podświetlania celów naziemnych (praca w trybie podświetlania i w trybie dalmierza) oraz odbiornik laserowego znacznika celu, pozwalając na odpalenia pocisku naprowadzanego na odbite od celu światło lasera, emitowane z zewnętrznego źródła (znika potrzeba naprowadzania pocisku przez nosiciela).

W wersji dla Mig 29 – OEPS-29 ma masę 78 kg, a dla Su-27 – OEPS-27 jest większa i cięższa - 174 kg, zasięg wykrywania do 15 km w przedniej i 50 km tylnej półsfery celu (dalmierz o zasięgu do 8 km). Dane z tych stacji były przekazywane m.in. do systemu wizualizacji umieszczonym na hełmie pilota (Szcz-3UM-1 w Mig-29) (helmet mounted target designation systems). Taka konfiguracja umożliwiała naprowadzanie rakiet bez konieczności manewrowania całym samolotem (a więc zwiększało to szybkość reakcji oraz zmniejszało zużycie eksploatacyjne samego samolotu).

Wersje rozwojowe tego systemu, należące do rodziny OŁS (Optiko Lokatsionnaya Stantsiya), charakteryzowały się większą precyzją i zasięgiem działania. OŁS-30 został zamontowany m.in. na Su-30 oraz na Su-30MKK/MK2 armii chińskiej.



System optoelektroniczny na myśliwcu Su-27. Fot. Msgt. D. Casey/USAF via Wikipedia.

Z powodu znacznego opóźnienia w technologii wytwarzania systemów optoelektronicznych w Rosji (m.in. nadal opierają się one na technologii detektorów liniowych o bardzo słabej rozdzielczości i zasięgu), starano się o pozyskanie jej w krajach zachodnich. Taka współpraca pozwoliła na produkcję detektorów matrycowych FPA w oparciu o QWIP.

Wersja OŁS-30Sh-01 o zwiększonych możliwościach, zbudowana została z wykorzystaniem importowanych elementów (zawiera m.in. wewnętrzny system kontroli). Stacja jest zdolna do pracy w trudnych warunkach atmosferycznych (takich jak zachmurzenie), przy niskim poziomie obserwacji powierzchni ziemi czy działaniu odblaskowym obiektów (na jej powierzchni), w dzień i w nocy oraz przy aktywnym przeciwdziałaniu przeciwnika. Dalmierz laserowy pozwala na pomiar odległości do różnych celów oraz usprawnia proces naprowadzania pocisków rakietowych klasy powietrze-powietrze krótkiego zasięgu. OŁS-30Sh-01 został zainstalowany na indyjskich Su-30MKI i malezyjskich Su-30MKM.

Rozwojowa wersja OŁS-52Sh posiada nowocześniejsze elementy składowe przy zachowaniu ogólnej konfiguracji wcześniejszych systemów. Zastosowano wydajniejszy system stabilizacji zobrazenia obiektów oraz laserowe oznaczanie celów (target designator - TD). Dla Su-35 dodatkowo optyczny system lokalizacji - zdolny do wykrywania i automatycznego śledzenia celów powietrznych, pomiaru odległości do celów lądowych podczas użycia działka pokładowego i podświetlania celów lądowych podczas użycia precyzyjnego uzbrojenia kierowanego.

Ujawniony w 2007 roku system OŁS-35 posiada termowizor z detektorem pracującym w szyku skaningowym, system kamery TV dziennej z wbudowaną możliwością lokalizacji wybranych celów, wielomodowy LEF/TD, system stabilizacji obrazu i zobrazenia. Pozwala on na wykrywanie, śledzenie i przekazywanie danych o celach powietrznych do systemów obserwacyjnych i nawigacji samolotu zwiększając możliwości w zakresie naprowadzania rakiet i użycia działka pokładowego. Dla Mig-29SM i

Mig-29SMT opracowano systemy OŁS-13S i OŁS-13SM charakteryzujące się zmniejszonymi rozmiarami i masą wobec starszych odpowiedników oraz zastosowaniem nowszych rozwiązań, poprawiających przede wszystkim zasięg detekcji i jakość zobrazowania.

OŁS-13SM-1 stworzony dla Mig-35 posiada masę 60 kg, skaningowy detektor termowizyjny, kamerę TV dzienną, LRF/TD, system stabilizacji obrazu i diagnostyki.

Podczas MAKS 2013 ujawniono prace nad nowymi systemami posiadającymi kamery termalne pracujące w zakresie pasma 3-5 μm i 8-12 μm , o zwiększonym zasięgu wykrywania i identyfikacji. Pozwala to na jednoczesne wykrywanie kilku celów powietrznych i lądowych oraz pracę w trudnych warunkach atmosferycznych. Wbudowany wielokanałowy auto-tracker umożliwia uzyskanie wysokiej precyzji w wykrywaniu i naprowadzaniu uzbrojenia. T-50 PAK-FA ma być pierwszym samolotem wyposażonym w nowy system. Innym, ujawnionym wcześniej, konkurencyjnym systemem był OLS-UE/M współpracujący z podkadłubowa stacją OLS-K. Ma on masę 78 kg i posiada matrycę-detektor o rozmiarach 320x256 pikseli i kamerę TV dzienną o rozdzielczości 640x480 pikseli. Zakres wykrywania wynosi od 15 do 45 km (w zależności od położenia celu i warunków atmosferycznych) a LRF do 20 km. Uproszczona wersja systemu jest montowana na indyjskich Mig-29K.

Stacja 101KS *Atoll* dla przyszłościowego T-50 składa się z odbiorników czujników ostrzegających (w ultrafiolecie) o opromieniowaniu - 101KS-U i lokatora optycznego 101KS-0, bloku celownika 101KS-W z głowicą przed kabiną oraz kontenera (zasobnika celowniczego) 101KS-N z optoelektroniczną aparaturą obserwacji i podświetlania celów naziemnych.

Inną modernizacją starszej stacji OEPS-29 jest stacja OEPS-29L. Zastąpiono w niej dalmierz laserowy 12P2-01 nowym dalmierzem-znacznikiem 12P2-01L (z elementem aktywnym z materiału, który nie ulega degradacji) oraz wymieniono blok elektroniki 23S/01. Rozwiązanie dotyczące elementu chłodzenia elementu aktywnego polega na umieszczeniu wszystkich wymagających chłodzenia zespołów w stalowej, hermetycznej obudowie z trzykrotnie większą objętością medium chłodzącego. Zwiększa to niezawodność, redukuje obciążenie cieplne i przedłuża czas pracy dalmierza.

Stany Zjednoczone

AN/AAS-42 IRST posiadał detektory pracujące w zakresie 3-5 μm (MWIR) i 8-12 μm (LWIR). Wyniki testów i badań docelowo pozwoliły na wybór tego drugiego dla USN. Jego głównym zadaniem było wspomaganie zasadniczej stacji radarowej w pasywnym wykrywaniu celów powietrznych charakteryzujących się odpowiednią sygnaturą cieplną.

Zmodyfikowany AN/AAS-42 został również użyty do wykrywania i śledzenia wystrzelonych rakiet na eksperymentalnym Boeing YAL-TA wyposażonym w Airborne Laser (ABL). Jest on równie integralną częścią północnokoreańskich F-15K i singapurskich F-15SG *Eagle*.

„*SpectIR*” lub AN/ASG-34 został specjalnie stworzony dla F/A-18E/F, jest on montowany w przedniej sekcji zbiornika paliwa o pojemności 330 galonów (co zapewnia mu szerokie pole obserwacji). Składa się z trzech podsystemów:

- głowicy z detektorem z tellurku kadmu (CdTe) i rtęci pracującym w zakresie 8-12 μm , stabilizowanej (3D), zamontowanej kardanowo;
- komercyjnego procesora (COTS) o dużej pojemności danych;
- podsystemu chłodzenia, powietrzno-ciekłego w zależności od warunków środowiska pracy.

Pracujący pasywnie w całym zakresie parametrów lotu oferuje szerokie możliwości w wykrywaniu różnych celów, również podczas aktywnego przeciwdziałania radioelektronicznego. Zapewnia jednoczesne przekazywanie danych do komputera pokładowego samolotu i zobrazowanie ich w

kabinie pilota. Może pracować w dwóch reżimach:

- poszukiwania z jednoczesnym skanowaniem zadanej powierzchni;
- automatycznego śledzenia wybranego celu.

Oprócz lotnictwa pokładowego USN, wersja „*SpectIR*” była testowana w 2013 na samolocie US Naval Air Systems Command King Air oraz wcześniej na należących do USAF F-15C/D, czy F-16C Gwardii Narodowej.

AN/AAQ-40 EOTS (electro-optical targeting system) firmy Lockheed Martin jest montowany jako integralna część system wykrywania i naprowadzania samolotu F-35 *Lightning II* i łączy w sobie m.in. funkcje systemu IRST i FLIR (forward looking infrared). Jest to system trzeciej generacji, MWIR (3-5 μm) będący rozwinięciem i uzupełnieniem systemu celowniczego AN/AAQ-33 *Sniper*. LRF/TD zbudowany jest w oparciu laser pompowany diodowo oraz dodatkowo dodano kamerę dzienną TV.

System zamocowany jest w dolnej części przodu kadłuba samolotu w specjalnie zaprojektowanej owiewce, zapewnia według dostępnych informacji zasięg wykrywania ponad 50 km. Przekazuje on dane do centralnego komputera samolotu za pomocą szybkiego łącza światłowodowego i automatycznie jest otwierany podczas wyrównywania samolotu. Zapewnia zarówno aktywne, jak i pasywne możliwości pracy oraz zdolność do uzyskania wysokiej dokładności koordynat potencjalnych celów i obiektów rozpoznawanych. Dotychczas zamówiono 140 sztuk ETOS w ramach produkcji niskonakładowej, związanej z kolejnymi fazami pozyskiwania wariantów samolotu F-35.

Innym z pasywnych systemów zamontowanych na F-35 jest AN/AAQ-37 Distributed Aperture System (DAS). Składa się on z sześciu sensorów IR zamontowanych w różnych miejscach kadłuba, tak by zapewnić 360° obszar wykrywania i śledzenia nadlatujących platform powietrznych, czy wystrzelonych do własnego samolotu rakiet. Innymi zadaniami systemu jest wypracowanie danych nawigacyjnych, czy zapewnienie możliwości IRST. Łączenie tych wszystkich funkcji i wymianę danych z innymi systemami samolotu zapewnia zintegrowany wewnętrzny procesor. Detektory DAS pracujące w paśmie NIR/MWIR zbudowane są z antymonku indu (InSb), co pozwala uzyskiwać wysoką rozdzielczość. Jednym z ważniejszych zadań systemu jest prowadzenie automatycznego rozpoznania i klasyfikowania celów (ATRC).



System IRST21 na myśliwcu Super Hornet. Fot. Lockheed Martin

Europa Zachodnia

PIRATE (Passive InfraRed Airborne Tracking Equipment) rozwijany dla wielozadaniowego Eurofighten *Typhoon* od 1995 roku na zlecenie brytyjskiego ministerstwa obrony, podobnie jak EOTS również posiada zdolności IRST i FLIR. Obecnie jest on efektem współpracy firm Selex ES (lider zespołu), Thales Optronics i Grupo TecnoBit of Spain. Montowany w specjalnej owiewce, znajdującej się po lewej stronie kadłuba, przed kabiną pilota (ogranicza to możliwości systemu FLIR). Działa w zakresie 3-5 μm i 8-12 μm i zapewnia, według dostępnych informacji wykrywanie obiektów powietrznych na dystansach ponad 50 km oraz przekazywanie danych do centralnego komputera oraz na systemy HDD (head-down displays) i HMD (helmet-mounted displays). Zastosowane rozwiązania (firmy Thales) pozwalają na uzyskanie tłumienia fałszywych sygnałów.

Możliwości systemu w zakresie operacji powietrznych to przede wszystkim:

- MTT - multiple target tracking;
- STT - single target tracking;
- działanie nadążne za wskazaniami uzyskiwanymi z HMD lub automatyczne po wykryciu celu.

Ograniczone działania FLIR sprowadzają się do nawigacji, śledzenia wskazanych za pomocą HMD celów oraz ich identyfikacji (w współdziałaniu z STT).

Ponad 400 systemów PIRATE dostarczono wraz z samolotami *Typhoon* dla lotnictwa Wielkiej Brytanii, Włoch, Arabii Saudyjskiej, Hiszpanii oraz - od 2015 - dla Omanu.

OSF (Optronique Secteur Frontal), wprowadzony do użycia od połowy 2006 roku na dwumiejscowych samolotach wielozadaniowych *Rafale B* w wersji F2 i docelowo przeznaczony dla wszystkich w wersji

F3. Jest to efekt współpracy firm Thales Optronique (systemy elektrooptyczne) i Sagem Défense Sécurité (detektory podczerwieni). OSF wraz z systemem przeciwdziałania SPECTRA i radarem typu AESA (active electronically scanned array) RBE2 stanowi triadę systemów nawigacyjnych i naprowadzania uzbrojenia samolotu. Składa się z pasywnego sensora promieniowania podczerwonego (o szerokim polu widzenia), kamery CCD TV (charge-copuled device - o wąskim polu widzenia) i LRF. Możliwość systemu zwiększa połączenie go z głowicą (sensorami) przeszukiwania pocisków MICA. Wersją rozwojową systemu jest OSF-IT (OSF - Improved Technologies) o zwiększonych możliwościach zamontowanych sensorów, a tym samym wykrywania i naprowadzania uzbrojenia (używany na wersji F-3-OT4 samolotu *Rafale*).



Fot. Siły powietrzne Francji

Już w latach dziewięćdziesiątych Saab Dynamics rozwijała system IRST, wówczas nazywany IR-OTIS dla samolotu JAS-39 *Gripen*. Obecnie wraz z najnowszą wersją *Gripen NG (Gripen E)* oferowany jest system *Skayward-G* (pierwotnie rozwijany jako samodzielna inicjatywa) firmy Selex ES. Pasywny sensor elektrooptyczny operuje w zakresie LWIR i jest zdolny do wykrycia i naprowadzania uzbrojenia na cele powietrzne i lądowe. Dodatkowo składa się z systemu wymiany danych z samolotem oraz procesora nadzoru.

System pozwala na wykrywanie, identyfikowanie i śledzenie celów powietrznych i lądowych, pracę w trybie MTT, skanowanie powierzchni, kontrolę działania LRF/TD poprzez łącze ethernetowe oraz przekazywanie danych do HMD. Pierwszy lot z zamontowanym systemem odbył się 31 marca 2014 roku i potwierdził wysokie parametry działania i możliwości systemu. Pozwalają one na śledzenie wszystkich statków powietrznych poruszających się z prędkością nawet ponad 300 węzłów, nawet przy zredukowanej sygnaturze gazów wylotowych.

System podwieszany *ProtecyIR* (oferowany przez Moog) jest określany jako FLIR piątej generacji i dotychczas został zamówiony m.in. przez Zjednoczone Emiraty Arabskie. W jego skład wchodzi

głowica z kamerą podczerwoną, radar z syntetyczną aperturą, system zarządzania i obróbki danych, system elektronicznej mapy terenu, cyfrowe moduły przekazywania informacji i gromadzenia danych. Zapewnia on podniesienie zdolności w zakresie wykrywania i identyfikacji, określania dokładnych koordynat celów zlokalizowanych na wysokości powyżej 6000 m nad poziomem morza i w odległości do 24 km.

Podsumowanie

Powietrzne systemy typuIRST są obecnie intensywnie rozwijane, mają dużą przyszłość w zastosowaniu na najnowszych i przyszłych samolotach bojowych. Oprócz wymienionych wyżej krajów intensywnie pracuje się nad nimi w Niemczech, Izraelu, czy Chinach (stacja EORD-31 na J-20 czy EOTS-89). Nowe i przyszłe możliwości technologiczne zapewniają im zwiększenie zasięgu oraz precyzję działania, co w połączeniu z systemami nosiciela (nawigacyjnymi, uzbrojenia, wymiany danych i zobrazowania) daje unikatowe zdolności w pasywnym wykrywaniu, naprowadzaniu uzbrojenia czy pozyskiwaniu danych.

Detektory QWIP o temperaturowej zdolności rozdzielczej 20÷40 mK mają jednak wady, czyniące z nich układy mniej wydajne w systemach na podczerwień IR. Zasadniczo są one przewidziane dla rozwiązań o niższych częstotliwościach widma pracujących w paśmie LWIR, co przedkłada się na gorszą rozdzielczość na matrycy FPA, zwłaszcza przy szczególnych warunkach atmosferycznych i temperaturowych. Najnowsze zachodnieIRST stosują technologię matryc FPA w oparciu o antymonek indu (InSb), co daje zdecydowanie lepsze wyniki w tym zakresie widmowy, zapewniając akceptowalną kombinację zasięgu i rozdzielczość poprzez pracę w dwuzakresowym paśmie podczerwieni nisko i średniofalowym (LWIR/MWIR), który jest również używany przez większość nowoczesnych IR raket i systemów rozpoznawczych. Stosując InSb można uzyskać rozdzielczości rzędu 4096x4096 pikseli, przy detektorach QWIP tylko ok. 2048x2048.

Marek Dąbrowski

Pośrednimi systemami są te oparte na wykorzystaniu fal milimetrowych. Klasyfikują się one pomiędzy systemami pasywnymi, a pokładowymi radarami (pracującymi w zakresie częstotliwości ok. 10-100 GHz). Co prawda posiadają one ograniczenia związane z pojemnością przekazywanych danych, ale najnowsze rozwiązania dają już pewien kompromis pomiędzy jakością zobrazowania IR a obrobionym sygnałem uzyskiwanym podczas pracy pokładowej stacji radiolokacyjnej.

Obecnie technologia budowy detektorów w oparciu o wykorzystanie rodzaju studni potencjałów w postaci studni kwantowych podlega intensywnemu rozwojowi. Zajmują się nią m.in. firmy Lockheed-Martin, Boeing czy BAE Systems. Natomiast NASA rozwija technologię QWIP dla przyszłych statków i bezałogowych sond kosmicznych. Wiele wskazuje na to, że zastosowanie sensorów podczerwieni na samolotach myśliwskich będzie się nadal zwiększało. Jednym z takich systemów jestIRST21, rozwijany przez Boeing i Lockheed Martin. System ma w założeniu umożliwić wykrywanie celów na dużych

odległościach, porównywalnych z zasięgami stacji radiolokacyjnych współczesnych samolotów myśliwskich, znacznie poza obszarem widzialności wzrokowej.

Marek Dąbrowski