



„Wysokotemperaturowe detektory podczerwieni z plazmonicznym wzmocnieniem absorpcji”

doktorant: Andrzej Janaszek

promotor dr hab. Rafał Kotyński, prof. UW

Rozwój wysokotemperaturowych (ang. HOT – high-operating-temperature) detektorów podczerwieni skoncentrowany jest w dużej mierze na poprawie ich wykrywalności, odzwierciedlającej stosunek sygnału do szumu. Może być ona zwiększana poprzez maksymalizację wydajności absorpcji promieniowania w detektorze oraz przez ograniczanie szumów związanych z generacją termiczną nośników ładunku, co dodatkowo przekłada się na wzrost rezystancji przyrządu, bardzo korzystny w kontekście integracji detektora z elektroniką. Inną ważną własnością tych urządzeń jest szybkość odpowiedzi, zwłaszcza przy zastosowaniu w zaawansowanych systemach laserowych. Wszystkie te parametry mogą ulec znaczącej poprawie dzięki implementacji plazmonicznych struktur w detektorach fotowoltaicznych. Wytworzenie w metalizacji spodniej dwuwymiarowej matrycy otworów podfalowych (ang. 2D SHA - two-dimensional subwavelength hole array) wprowadziłoby możliwość optycznego wzbudzenia plazmonów powierzchniowych i związanej z nim lokalizacji fali elektromagnetycznej w niewielkim obszarze półprzewodnika, gdzie może być ona zaabsorbowana generując foton. Taka koncentracja promieniowania umożliwia znaczną redukcję grubości absorbera bez utraty, lub nawet ze wzrostem, wydajności absorpcji. Cieńszy absorber przekłada się na niższe szумы (które pierwiastkowo zależą od jego objętości), a z drugiej strony poprawia zbieranie nośników, co ma pozytywny wpływ zarówno na czułość jak i szybkość odpowiedzi detektora. Wspomniane zalety są szczególnie istotne w przypadku detektorów długofalowych (ang. LWIR - long-wavelength infrared), tj. optymalizowanych na zakres długości fali 8-15 μm , które obciążone są zbyt małym współczynnikiem absorpcji w odniesieniu do długości drogi dyfuzji. Dotyczy to także tellurku kadmowo rtęciowego (HgCdTe) - najpowszechniej stosowanego materiału na fotonowe detektory podczerwieni. Bez wertykalnej koncentracji promieniowania, niski współczynnik absorpcji w połączeniu z krótką drogą dyfuzji uniemożliwiają dobranie grubości absorbera zapewniającej zarówno wydajne pochłanianie promieniowania jak i efektywne zbieranie nośników. Z tego powodu opracowanie detektorów podczerwieni z wzmocnieniem plazmonicznym byłoby bardzo korzystne.

Na jego drodze stoi jednak wiele wyzwań. Po pierwsze, natura oddziaływań foton-plazmon i plazmon-elektron wymaga dogłębnego poznania, w czym pomogą numeryczne symulacje optycznego wzbudzenia plazmonów, w tym charakterystyk spektralnych i kątowych, oraz generacji nośników ładunku w absorberze poprzez oddziaływanie z plazmonami. Po drugie, jako że zlokalizowane pole elektromagnetyczne zanika wykładniczo z odległością od metalicznej matrycy, absorber musi być umieszczony jak najbliżej niej. To narzuca wymóg bardzo cienkiej warstwy kontaktowej, co jest nieosiągalne przy użyciu tellurku kadmowortęciowego wytwarzanego w firmie VIGO poprzez epitaksję MOCVD. W związku z tym, użyte zostaną materiały z grupy III-V osadzone metodą MBE, co wymaga jednak prac badawczorozwojowych w celu osiągnięcia odpowiednich parametrów elektrycznych i optycznych. Po trzecie, wytwarzanie podfalowych matryc metalicznych, choć powinno być wykonalne w ramach dostępnych technik fotolitograficznych, również może dostarczać trudności technologicznych. Rozwiązywanie dwóch ostatnich problemów będzie wspierane przez zespoły epitaksji i procesingu firmy VIGO, podczas gdy doktorant w swojej pracy skupi się na pierwszym z nich a także na projektowaniu i charakteryzacji detektorów z plazmonicznym wzmocnieniem

absorpcji oraz koordynacji całości prac związanych z opracowywaniem i wdrażaniem tych przyrządów do produkcji.