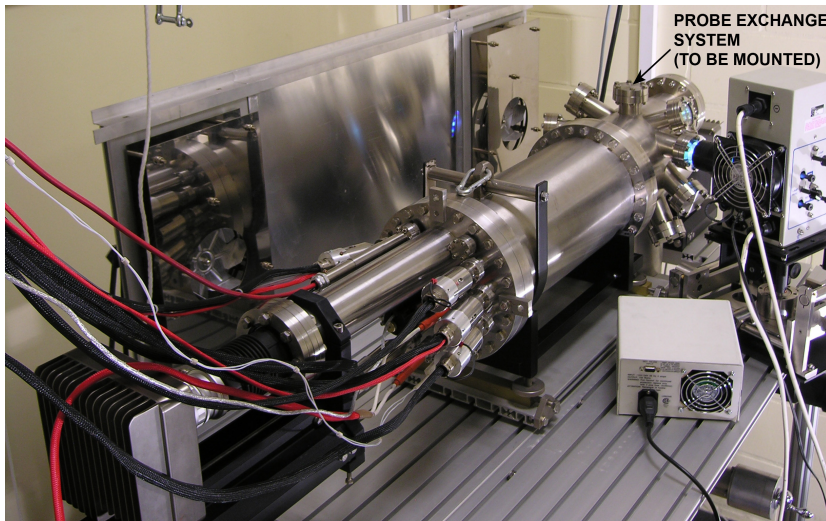


Rozwój współczesnej optoelektroniki i mikroelektroniki związany jest z postępnym prac technologicznych oraz lepszym zrozumieniem zjawisk fizycznych w strukturach półprzewodnikowych oraz z opisem tych zjawisk. Oba te obszary działalnośc badawczej wymagają z jednej strony wysokiej klasy systemów do krystalizacji związków półprzewodnikowych typu AIII BV-N, z drugiej strony dysponowaniem szerokim spektrum wysokiej klasy aparatury umożliwiającej kontrolę i wyznaczanie właściwości na poziomie pojedynczej warstwy atomowej. Istotnym jest opisanie wymiany energetycznej wewnątrz struktury półprzewodnikowej, zależności właściwości od składu i rozmiarów struktury wielowarstwowej. W tym z punktu widzenia zrozumienia właściwości struktur przyrodznych jest zrozumienie zjawisk zachodzących na powierzchni struktury półprzewodnikowej, jej struktura elektronowa, gęstość stanów energetycznych oraz jej morfologii. Istnieje wiele technik i metod wyznaczania tych właściwości.

Elektronowa mikroskopia emisyjna jest jedną z najbardziej dynamicznie rozwijających się dziedzin mikroskopowych technik pomiarowych powierzchni w ostatniej dekadzie. W przeciwieństwie do STM i SEM, w mikroskopii emisyjnej opartej na zasadzie katodowego obiektywu immersyjnego każdy punkt oświetlony elektronami lub fotonami powierzchni jest jednocześnie źródłem elektronów o natężeniach odzwierciedlających topografię oraz lokalną strukturę elektronów materii. W układzie elektrooptycznym pojawiają się naprzemiennie dwa komplementarne obrazy zawierające informacje z przestrzeni położenia (płaszczyzna obrazowa- topografia) oraz z przestrzeni wektora falowego (płaszczyzna sieci odwrotnej- dyfrakcja). W dotychczasowych rozwiązaniach tylko jedna z tych płaszczyzn mogła być rejestrowana w trakcie eksperymentu. Przełamanie między projekcją płaszczyzny dyfrakcyjnej i obrazowej wymagało bowiem nie tylko zmiany ustawień soczewek elektrooptycznych, ale również czasochłonnego przemieszczenia blendy kontrastowej i polowej. Opatentowana w Europie i USA idea „podwójnego”, spektroskopowego obrazowania w stworzonym przez wrocławską firmę OPTICON Nanotechnology nowatorskim spektromikroskopie DEEM (Dual Electron Emission spectroMicroscope) w unikalnym laboratorium- (zdecydowanie) ułożonym w WPT (Wrocławski Park Technologiczny), pozwala na jednoczesną obserwację energetycznie selektywnych płaszczyzn: dyfrakcyjnej i obrazowej w czasie rzeczywistym.



Effekt ten uzyskano dzięki zastosowaniu dwóch niezależnych kolumn obrazujących oraz kompensacji błędów chromatycznych i sferycznych deflektora/analizatora wiązki elektronowej. Składa się on z komplementarnych i koncentrycznych sferycznych elementów: analizatora- odchylającego wiązki o  $85^\circ$  oraz kompensatora- odchylającego wiązki o dalsze  $85^\circ$  (oraz wspólnego deflektora magnetycznego odchylającego wiązki o  $15^\circ$ ), co prowadzi do równoległości osi elektrooptycznych. Zarówno na osi pierwotnej jak i równoległe przesuniętej umiejscowione są wspomniane kolumny obrazujące służące projekcji na dwóch niezależnych ekranach obrazu rzeczywistego i dyfrakcyjnego. Przełamanie wiązki pomiędzy tymi kolumnami pozwala na quasi „jednoczesną” rejestrację dwuwymiarowej informacji z a) przestrzeni położenia i b) przestrzeni wektora w trakcie eksperymentu. Wykorzystanie w spektromikroskopie DEEM dyspersyjnych właściwości pierwszego elementu odchylającego (analizatora) prowadzi do uzyskania informacji o lokalnej strukturze elektronowej obserwowanej materii (półprzewodników złożonych) badanych przedmiotów naukowych w opisywanym projekcie. Umiejscowiony na wyjściu z analizatora detektor mierzy sygnał elektronowy w funkcji energii. Blendy dyspersyjnej pozwalają na selekcję ze spektrum elektronowego tylko elektronów charakterystycznych dla obserwowanej materii i wykorzystanie ich w procesie obrazowania w drugim elemencie odchylającym (kompensatorze). Prowadzi to do uzyskania chemicznie selektywnych obrazów powierzchni (chemical mapping) przy jednoczesnym skorelowaniu ich z dwuwymiarowym, monoenergetycznym obrazem projekcji wektora falowego w strefie Brillouina, powiązaniem bezpośrednio z lokalnymi stanami elektronowymi. Warunkiem uzyskania kontrastu chemicznego jest możliwość oświetlenia obserwowanego fragmentu powierzchni wysoko energetycznymi wiązkami elektronów lub fotonów. Ze względu na ograniczony dostęp do światła synchrotronowego, DEEM zostanie wyposażony w działo Auger emitujące elektrony o energii od 200 do 2000 eV oraz źródło światła w głębokim ultrafiolecie, co umożliwi uzyskanie pełnej informacji o powierzchniowo selektywnej elektronowej strukturze pasmowej i topografii powierzchni w warunkach laboratoryjnych. Tworzona przez nas Spektromikroskopia DEEM jest uniwersalną, obrazującą techniką analityczną, pozwalającą na jednoczesną rejestrację i wizualizację w czasie rzeczywistym na poziomie nanometrycznym elektronowej struktury pasmowej powiązanej z obserwowanym fragmentem powierzchni oraz wielu istotnych parametrów zachodzących na niej procesów (epitaksja, kataliza, dyfuzja, segregacja, korozja, desorpcja, przejścia fazowe, itp.) w funkcji temperatury, czasu, napięcia, ekspozycji, itp. Nowatorski charakter tej autorskiej koncepcji spektromikroskopii elektronowej i jej przydatność dla szeroko pojętych prac badawczych i naukowych znajduje w ostatnim czasie potwierdzenie w wielu prezentacjach na międzynarodowych konferencjach oraz w kilku publikacjach naukowych i stanowi obiecujący fundament dla planowanych w tym projekcie prac naukowo badawczych nad półprzewodnikami złożonymi. Opracowanie tej metodyki badawczej ma decydujące znaczenie dla zrozumienia korelacji między

technologii wytwarzania struktur półprzewodnikowych a stanem energetycznym i składem chemicznym ich powierzchni. W tym celu zostaną przeprowadzone badania krystalizacji struktur półprzewodnikowych z InGaAsN/GaAs oraz InGaAs/InP w systemie epitaksyjnym MOVPE (epitaksja z fazy gazowej) oraz przygotowane z ich zastosowaniem specjalne struktury testowe umożliwiające zbadanie i opisanie zjawisk fizycznych na powierzchni oraz określenie wpływu warunków wytwarzania na zjawiska fizyczne.