

W 1992 r. Claude Weisbuch razem ze współpracownikami opublikował pracę (*Physical Review Letters* **69**, 3314–3317 (1992)). Stanowiła ona przełom w badaniu struktur mikrownękowych typu VCSEL (ang. *Vertical-cavity surface-emitting laser*), gdyż wskazywała na istnienie mikrownękowych polarytonów ekscytonowych. Od tego czasu tematyka związana z tymi kwazicząstkami stała się jedną z najbardziej dynamicznie rozwijających się dziedzin fizyki półprzewodników. Pomimo wieloletnich badań teoretycznych i doświadczalnych nadal istnieje znaczny obszar niezbadanych zjawisk polarytonowych. W szczególności dotyczy to polarytonów w strukturach bazujących na półprzewodnikach z grup II-VI układu okresowego.

Mikrownękowe polarytony ekscytonowe to kwazicząstki powstające w warunkach silnego sprzężenia światło-materia w mikrownęce optycznej. W strukturze tej emiter kwantowy (najczęściej studnia kwantowa) umieszczony jest między dwoma lustrami półprzewodnikowymi typu braggowskiego. Światło związane w mikrownęce optycznej oraz para elektron-dziura (ekscyton) będąca stanem wzbudzonym studni kwantowej w warunkach silnego sprzężenia tworzą kwazicząstki o podwójnej naturze. Dzięki fotonowej składowej polarytony charakteryzują się małą masą ($\sim 10^{-7}$ masy atomu wodoru). Jednocześnie, zyskują możliwość wzajemnego oddziaływania, która wynika z wkładu ekscytonowego. Całkowity spin i wzajemne oddziaływanie decydują o możliwości wytworzenia kondensatu polarytonów, który może zostać opisany jedną funkcją falową analogicznie jak gazowy kondensat Bosego-Einsteina. Złożenie właściwości fotonów i ekscytonów wyposaża polarytony w unikalne właściwości z punktu widzenia badań podstawowych. Czas życia polarytonów w nierównowagowym kondensacie wynosi od kilkuset femtosekund od kilkuset pikosekund, co daje szansę na budowę nowego typu urządzeń optoelektronicznych.

Głównym celem projektu jest zbadanie efektu uporządkowanego ruchu (*płynięcia*) polarytonów ekscytonowych w półprzewodnikowej mikrownęce optycznej bazującej na materiałach grup II-VI. Dotychczasowe eksperymenty dotyczące manipulacji przepływem kondensatu dotyczyły głównie półprzewodników grup III-V. Ze względu na większą siłę oscylatora niż w półprzewodnikach III-V i krótszy czas życia polarytonów, materiały II-VI dają nadzieję na wyprodukowanie szybszych urządzeń bazujących na manipulacji przepływem polarytonów takich jak optyczne przełączniki lub modulatory.

W ramach projektu wykorzystując struktury zawierające mikrownęki optyczne ze studniami kwantowymi zamierzamy wykazać możliwość manipulacji przepływem polarytonów przez wytworzone w wyniku procesu suchego trawienia falowodów fotonicznych. Planujemy również zaobserwować tunelowanie polarytonów pomiędzy sąsiadującymi mikrostrukturami (np. dwoma mikrofilarami lub falowodami fotonicznymi). Zamierzamy także przedstawić nową koncepcję fotonicznej soczewki typu odbiciowego ogniskującej polarytony inspirowanej analogiami z dziedziny polarytonów plazmonowych i optyki geometrycznej. Ponadto zostaną przeprowadzone badania pułapkowania płynących polarytonów w defektach strukturalnych.

Zagadnienie płynu polarytonowego stanowi podstawę nowej dziedziny nauki bazującej na koherentnym, przestrzennym przepływie polarytonów, czyli polarytroniki. Wyznaczenie parametrów tego przepływu takich jak droga swobodna oraz czas życia kwazicząstek jest kluczowe dla kwestii przydatności materiałów grupy II-VI jako potencjalnego kandydata w zastosowaniach praktycznych. Dzięki kontrolowanym manipulacjom można wytwarzać ścieżki, a następnie obwody, które mogą posłużyć do budowania urządzeń kwantowych. Zagadnienia z dziedziny polarytroniki stanowią również okazję, aby poprzez badania podstawowe ukazać piękno mechaniki kwantowej.

Wyprodukowanie i zaobserwowanie wymienionych efektów w półprzewodnikach II-VI stanowi ciekawe wyzwanie z punktu widzenia produkcji struktur i jest realną szansą na wprowadzenie nowych materiałów do dziedziny polarytroniki. Tematyka badań podejmowanych w tym projekcie dotyka dziedzin z pogranicza fotoniki, kwantowej elektrodynamiki mikrownękowej, optyki kwantowej oraz kwantowej informacji.