

Projekt dotyczy badań polarytonów ekscytonowych, niezwykle interesujących cząstek kwantowych, które mogą znaleźć zastosowanie w różnorodnych dziedzinach, takich jak niezwykle dokładne pomiary interferometryczne, lasery o ultraniskiej mocy, czy też przetwarzanie informacji z bardzo małymi stratami energii.

Polarytony ekscytonowe powstają w materiałach półprzewodnikowych o specjalnie zaprojektowanej strukturze, na skutek silnego sprzężenia fotonów z ekscytonami, czyli cząstkami materialnymi złożonymi z elektronu i "dziury". Polarytony są cząstkami mającymi strukturę "kociego Schrödingera". Stan kwantowy zawiera dwie alternatywy: kocię żywe, gdy ekscyton istnieje, lub martwy, gdy zamiast ekscytonu w układzie znajduje się foton.

Projekt zakłada dwa główne zadania badawcze. Pierwsze z nich ma na celu zbadanie dynamiki przejść fazowych w układach polarytonowych. Przykłady przejść fazowych, które znamy z życia codziennego, np. zamarzanie cieczy czy skraplanie gazu, to przejścia fazowe pierwszego rodzaju. Znane są także liczne przykłady przejść fazowych drugiego rodzaju, jak np. przejście z ferromagnetyka do paramagnetyka wraz ze spadkiem temperatury. W takich przejściach parametry układu zmieniają się w sposób ciągły. Przejściem fazowym często towarzyszy tworzenie się różnorodnych defektów, czego przykładem może być tworzenie się struktur w płatkach igrze.

W przypadku przejść fazowych drugiego rodzaju tworzenie się defektów opisuje jako cięwo teoria zaproponowana przez Toma Kibble'a i Wojciecha Urka, polskiego badacza pracującego w Los Alamos National Laboratory. Teorii tej nie można jednak bezpośrednio zastosować w przypadku polarytonów ekscytonowych ze względu na ich silnie nierównowagowy charakter. Otóż polarytony, podobnie jak wiele innych cząstek występujących w półprzewodnikach, mają niezwykle krótki czas życia, rzędu pikosekund. Oznacza to, że układ musi być nieustannie podtrzymywany poprzez dostarczanie mu energii i tworzenie nowych cząstek. Teoria powstawania defektów w przypadku układów nierównowagowych nie jest jeszcze dobrze opracowana. W obecnym projekcie zamierzamy zbudować podstawy takiej teorii, biorąc "na warsztat" właśnie polarytony ekscytonowe, w których obserwacja przejść fazowych i defektów jest możliwa ze względu na bardzo dobrze rozwiniętą technologię struktur półprzewodnikowych.

Drugie zadanie badawcze ma na celu opracowanie modelu teoretycznego układów polarytonowych w przypadku półprzewodników z domieszkami jonów magnetycznych. Zadanie to będzie realizowane we współpracy z eksperymentatorami, korzystając z ich doświadczenia i już uzyskanych wyników. W układach takich występują gigantyczne efekty magnetyczne, które wynikają z silnego oddziaływania jonów magnetycznych z ekscytonami. prowadzi to do drastycznej zmiany struktury ekscytonów i ich własności, która znajduje swoje odzwierciedlenie w polaryzacji fotonów i emitowanego światła. Ze względu na sprzężenie ze spinem, badania te mogą znaleźć zastosowanie w rozwoju spintroniki, czyli "elektroniki przyszłości" opartej na oddziaływaniach spinowych.