Lasery przez długi czas były uważane za podobne do zjawiska kondensacji Bosego-Einsteina, ponieważ oba te zdarzenia charakteryzują się niewiarygodnie dużymi gęstościami cząstek w stanach emitujących światło i takimi samymi oscylacjami fazowy dla wszystkich cząstek w danym stanie kwantowym, a więc koherentną emisją. Ze względu na te i wiele innych podobieństw, pojawiło się kilka ważnych pytań; mianowicie, jaka jest różnica między tymi dwoma zjawiskami kwantowymi i jak odróżnić jedno od drugiego? Niniejszy projekt ma na celu udzielenie odpowiedzi na te pytania poprzez systematyczne badanie fluktuacji liczby cząstek i dynamicznej odpowiedzi konwencjonalnych laserów półprzewodnikowych oraz kondensatów Bosego-Einsteina fotonów uwięzionych w mikrownękach półprzewodnikowych.

W tym projekcie fluktuacje intensywności będą badane poprzez pomiar kwantowych korelacji drugiego rzędu fotonów. Prace teoretyczne dotyczące fizyki statystycznej układów wielu ciał przewidują, że fluktuacje liczby fotonów będą silnie różnić się w tych dwóch stanach kwantowych. W reżimie kondensacji Bosego-Einsteina fotonów w pobliżu temperatury krytycznej kondensacji przewiduje się, że fluktuacje będą niezwykle duże, podczas gdy dla konwencjonalnej akcji laserowej związanej z inwersją populacji osiągniętej powyżej prądu progowego lasera, fluktuacje intensywności będą silnie tłumione, a w idealnym przypadku żadne fluktuacje nie będą występować, co jest od dawna znaną właściwością wysoce koherentnej emisji światła. Eksperymentalna obserwacja tak dużych fluktuacji dowiodłaby, że kondensat Bosego-Einsteina fotonów jest termicznym źródłem spójnego światła, w którym makroskopowo obsadzony stan emitujący światło jest wynikiem statystycznego rozkładu bozonów, a nie stymulowanej emisji światła, jak w konwencjonalnej akcji laserowej. Będzie to potężne narzędzie do odróżniania konwencjonalnych laserów od kondensatów Bosego-Einsteina fotonów, potencjalnie rewolucjonizując nasze rozumienie emisji światła i jego zastosowań.

Układem, w którym kondensacja fotonów Bosego-Einsteina zostanie zrealizowana w ramach tego projektu, jest szeroko stosowany typ lasera półprzewodnikowego zwany laserem o emisji powierzchniowej z pionową wnęką. Jest to najnowsza platforma fizyczna, w której obserwuje się kondensację fotonów. W związku z tym jego fizyka jest wciąż niezbadana i nowa dla społeczności. Druga część projektu skupi się na podstawowych właściwościach kondensacji Bosego-Einsteina fotonów w odniesieniu do ośrodka półprzewodnikowego. Zostanie to zrealizowane poprzez scharakteryzowanie dynamicznej odpowiedzi częstotliwościowej kondensatu fotonowego na perturbacje gęstości nośników indukowane przez mało amplitudową modulację sygnału prądu sterującego. Dzięki tej dynamicznej odpowiedzi można zbadać nieliniowości układu i ich wpływ na fizykę kondensacji Bosego-Einsteina. Obserwacje mierzalnych nieliniowości miałyby ogromny wpływ na zrozumienie tego systemu, ponieważ do dziś najlepiej zbadany kondensat Bosego-Einsteina fotonów został utworzony w mikrownęce optycznej wypełnionej rodaminą 6G, w której obserwuje się jedynie nieliniowości termo-optyczne. Jednak ze względu na powolny charakter tych nieliniowości, odpowiedź kondensacji fotonów jest niemierzalna, co sprawia, że cały ten układ jest efektywnie nie oddziałującym kondensatem. Teoretycznie przewiduje się, że nieliniowości obecne w półprzewodnikach będą znacznie szybsze, co daje nowe możliwości obserwacji interakcji fotonów w stanie skondensowanym.