

Polarytony ekscytonowe (zwane dalej polarytonami) są unikalnymi cząstkami kwantowymi powstałymi w wyniku silnego sprzężenia pomiędzy światłem i materią. Do oddziaływania między tymi dwoma bytami dochodzi w specjalnie zaprojektowanych strukturach pozwalających na lokalizację zarówno fotonu jak i ekscytonu. Polarytony są szczególnie interesujące ze względu na szereg cech otrzymanych od tworzących je komponentów. W szczególności posiadają one małą masę efektywną, pozwalającą na ich lokalizację w pułapkach potencjału o rozmiarach rzędu mikrometrów. Ponadto ze względu na ekscytonowy komponent mają one własności spinowe oraz możliwość oddziaływania. Ostatecznie podlegają one statystyce Bosego-Einsteina i mogą tworzyć kondensat, w którym wszystkie obsadzają jeden makroskopowy stan kwantowy. Wszystkie wyżej wymienione cechy zostaną w pełni wykorzystane w proponowanym przeze mnie projekcie.

Własności polarytonów ekscytonowych mogą być modyfikowane głównie poprzez zmianę wkładu składnika fotonowego i ekscytonowego do polarytonu. W szczególności bardziej „fotonowy” polaryton będzie miał większą zdolność do lokalizacji ale będzie słabiej oddziaływał z polarytonami w swoim otoczeniu. Możliwe jest jednak wprowadzenie dodatkowych własności do układu już na etapie wzrostu struktury. Unikalnym na skalę światową zabiegiem stosowanym na Uniwersytecie Warszawskim jest wprowadzanie niewielkiej ilości jonów magnetycznych w trakcie hodowania kryształu i wytworzenie półprzewodnika półmagnetycznego. W takiej konstrukcji polarytony nabywają własności magnetycznych nieobserwowanych w niemagnetycznych próbkach. Niewątpliwą zaletą takiego zabiegu jest wzbogacenie systemu o oddziaływania spinowe.

Mój projekt opiera się na badaniu nieliniowych oddziaływań zależących od spinu i wykorzystaniu ich do zbudowania bramki logicznej XOR. Realizacja bramki logicznej wiąże się z klasyfikacją danych nie wykazujących separowalności liniowej. Oznacza to, że nie istnieje żaden liniowy system, który pozwoli taką bramkę stworzyć. W tym celu można jednak wykorzystać nieliniowości występujące w układach polarytonowych. Obecność nieliniowych oddziaływań umożliwi stworzyć metodę pozwalającą z dużą efektywnością rozwiązać problem nieseparowalności liniowej i stworzyć bramkę logiczną XOR. Ponadto potwierdzi to, że na proponowanym przeze mnie układzie możliwe jest zrealizowanie dowolnej bramki logicznej. Niezwykłe własności spinowe pozwolą zredukować system symulujący bramkę XOR do pojedynczego kondensatu pobudzanego przy pomocy dwóch przeciwnie spolaryzowanych kołowo wiązek pobudzania. Wykorzystanie spinu obecnego w badanym przeze mnie układzie wprowadzi dodatkowy stopień swobody i pozwoli znacząco uprościć eksperyment.

Proponowane przeze mnie badania pozwolą lepiej zrozumieć układy polarytonowe pod kątem nieliniowych oddziaływań oraz własności spinowych. Ponadto pozwolą one na stworzenie pierwszego układu realizującego dowolną bramkę logiczną. Wyniki tego projektu będą stanowiły podstawę do stworzenia sieci neuronowych na układach polarytonowych.