

Streszczenie w języku polskim

Sieci neuromorficzne znajdują coraz szersze zastosowanie we wszystkich dziedzinach wymagających pracy na dużej liczbie danych. W ostatnich latach intensywnie rozwijane są optyczne sieci neuronowe, które potencjalnie mogą zastąpić ich elektroniczne odpowiedniki dzięki lepszej wydajności energetycznej oraz większej prędkości. Układy fotoniczne znakomicie nadają się do transmisji danych, ale posiadają słabe oddziaływania, co sprowadza się do dużych kosztów energetycznych na stworzenie nieliniowych operacji. Polarytony ekscytonowe jako cząstki posiadające małą masę efektywną oraz silne oddziaływania nieliniowe stanowią idealną platformę do tworzenia sieci neuronowych.

Przedmiotem niniejszej rozprawy są efekty nieliniowe obserwowane w polarytonach ekscytonowych badane pod kątem wykorzystania w sztucznych sieciach neuronowych. Głównym celem było wykorzystanie obserwowanych nieliniowości do stworzenia sieci neuronowej. W ramach pracy badano spektroskopowo półmagnetyczne polarytony ekscytonowe wyróżniające się unikalnymi własnościami magnetycznymi obserwowanymi w polu magnetycznym.

W pracy skupiono się na nieliniowych efektach spinowych wzmocnionych przy udziale kondensatu polarytonowego. Sprawdzono spinowe obsadzenie stanów poniżej i powyżej progu kondensacji w zewnętrznym polu magnetycznym. Przedyskutowano możliwości kontroli polaryzacji spinowej kondensatu przy pomocy zewnętrznego pola i lasera pobudzającego. Otrzymane wyniki pozwoliły udowodnić istnienie sztucznego pola magnetycznego będącego wynikiem obecności niejednorodnego potencjału fotonicznego na próbce. Ostatecznie udało się oszacować wielkości oddziaływań polaryton-polaryton w badanym układzie.

Następnie przedyskutowano wpływ potencjału fotonicznego na emisję z pobudzanych laserem miejsc. Rozpatrzono różne kształty potencjału prowadzące zarówno do lokalizacji polarytonów jak i do ich przepływu. Wykorzystano dwie konfiguracje eksperymentalne złożone z dwóch kondensatów w niejednorodnym potencjale do stworzenia nieliniowej odpowiedzi. Ponadto pokazano, że istnienie potencjału wiążącego może prowadzić do obniżenia energii potrzebnej na stworzenie nieliniowego układu.

W kolejną część została poświęcona nieliniowym efektom fazowym. W pierwszej kolejności zbadano kreację i anihilację półwirów kwantowych. Przedyskutowano ich własności i stabilność w zewnętrznym polu magnetycznym. Następnie skupiono się na efektach fazowych wynikających z oddziaływań polaryton-polaryton. Badano względną zmianę fazy polarytonów przy zmieniającej się liczbie cząstek w układzie.

Nieliniową odpowiedź uzyskano również wykorzystując efekty opóźnione w czasie. W tym celu wykorzystano pętlę sprzężenia zwrotnego. Oprócz otrzymania nieliniowej emisji oszacowano czas życia kondensatu i uzyskano dolny limit czasu życia rezerwuaru ekscytonowego.

Ostatecznie stworzono dwie opto-elektroniczne sieci neuronowe, które wykorzystano do rozpoznawania ręcznie pisanych cyfr oraz mowy. Następnie zaprezentowano w pełni optyczną bramkę logiczną XOR opartą na nieliniowej emisji polarytonów.