

Optyczne Czujniki Kwantowe Wykorzystujące Interferometrię Polarytonowo Ekscytonowe

OPIS POPULARNY

Tematem projektu jest opracowanie innowacyjnych czujników optycznych działających w domenie kwantowej. Projekt wykorzystuje połączenie fizycznych sensorów z specjalnie zaprojektowanymi falowodami i sztucznymi sieciami neuronowymi. Schemat takiego układu został przedstawiony poniżej. Jego działanie można opisać w następujący sposób: światło przenoszące informację kwantową oddziałuje z czujnikiem, wprowadzając go w stan aktywacji, skutkującą propagacją impulsów w sensorze. W każdym ramieniu czujnika impulsy te mieszają się i oddziałują ze sobą, podlegając jednocześnie skomplikowanej ewolucji. Analiza sygnału po przejściu przez ramiona sensora dostarcza cennych informacji o kwantowej naturze światła padającego na sensor. Informacje te będą następnie analizowane przez specjalnie wytrenowaną w tym celu sieć neuronową. Poprawność działania sensora kwantowego wynika bezpośrednio z właściwości materiału, z którego został on wykonany. Materiał ten dobrany jest, tak by pozwalać na optyczne wzbudzenie kwantowych kwazicząstek znanych polarytonami ekscytonowymi, których obecność umożliwia efektywną interpretację kwantowej natury analizowanego światła. Polarytony ekscytonowe to kwantowe kwazicząstki, obserwowane zazwyczaj w specjalnie zaprojektowanych strukturach półprzewodnikowych. Powstają one w wyniku silnego sprzężenia fotonów z ekscytonami, czyli cząstkami składającymi się z elektronu i tzw. "dziury". Polarytony przypominają swoją naturą słynny stan "kota Schrodingera", który może być jednocześnie żywy lub martwy. Analogia ta w przypadku polarytonu odnosi się od obecności ekscytonu lub fotonu w układzie. Ze względu na swoją kwantową i nieliniową naturę, polarytony stanowią idealną platformę do badania właściwości stanów kwantowych. Takie sensory mogą znaleźć zastosowanie w nowych kwantowych układach obliczeniowych, metrologii kwantowej, technologiach LIDAR oraz kwantowym obrazowaniu. Warto zauważyć, że zastosowania te odgrywają istotną rolę w rozwoju technologii kwantowych, na które popyt z roku na rok staje się coraz wyższy. Najnowsze prognozy finansowe, przewidują, że globalne zapotrzebowanie na sensory kwantowe w 2033 roku osiągnie wysokość co najmniej 1,170.81 milionów dolarów amerykańskich.

Projekt zakłada realizację trzech zadań badawczych. Pierwsze zadanie obejmuje opracowanie teoretycznego modelu polarytonowego czujnika kwantowego. Dla dokładnego opisu jego działania przeprowadzone zostaną szczegółowe symulacje numeryczne, bazujące na zaawansowanych metodach obliczeń kwantowych. Drugie zadanie skupi się na optymalizacji czujnika do wykonywania konkretnych zadań, takich jak wykrywanie kwantowego splątania czy określanie kwantowych cech padającego światła. Trzecie zadanie dotyczy zaprojektowanego urządzenia przy uwzględnieniu szeregu niezbędnych eksperymentalnych szczegółów, które nie były brane pod uwagę we wstępnym etapie analizy. Niniejszy projekt łączy obszar fizyki materii skondensowanej z zastosowaniem neuromorficznych układów obliczeniowych, czyli rzeczywistych urządzeń obliczeniowych (elektronicznych lub fonicznych) działających na zasadzie analogii do biologicznych sieci neuronowych. Projekt ten ma charakter interdyscyplinarny i może przyczynić się do opracowania nowej klasy detektorów działających w obszarze kwantowym, co z kolei wspiera rozwój dziedzin takich jak informatyka kwantowa czy kwantowe uczenie maszynowe.

