

Streszczenie

Głównym celem niniejszej rozprawy było wykazanie możliwości przestrzennego obrazowania pola magnetycznego za pomocą nowej platformy opartej o centra barwne NV w nanodiamentach oraz światłowody. Koncepcja takiego czujnika powstała w grupie kierowanej przez dr. hab. Adama Wojciechowskiego i prof. dr. hab. Wojciecha Gawlika w Zakładzie Fotoniki Uniwersytetu Jagiellońskiego. Sondę platformy stanowił światłowód, którego jedno z czół zostało pokryte cienką warstwą nanodiamentów zawierających centra azot-wakancja (*nitrogen-vacancy*, NV). Wartość mierzonego pola magnetycznego wyznaczono poprzez zarejestrowanie optycznie wykrywanego rezonansu magnetycznego (ODMR) na przeciwnym, skierowanym do detektora czole przewodu optycznego. Przez wprowadzenie końcówki z nanodiamentami do trudno dostępnych układów, takich jak kriostaty lub wnętrza próbek biologicznych (np. tkanek) możliwe stają się endoskopowe pomiary pola magnetycznego. Taka nowa funkcjonalność stanowi główną zaletę zaproponowanej platformy względem dotychczasowych rozwiązań wykorzystujących centra barwne azot-wakancja do zastosowań biomedycznych, gdzie występowała konieczność wyseparowania próbki i umieszczenia jej bezpośrednio w układzie mikroskopowym [1–4].

Głównym sukcesem pracy jest demonstracja zdolności mapowania pola magnetycznego (dwuwymiarowego obrazowania) na obszarze kilkudziesięciu mikrometrów poprzez zastosowanie obrazowodu zawierającego ponad 12,000 pojedynczych rdzeni optycznych. Opracowanie światłowodowego czujnika z funkcjonalnością mapowania pola magnetycznego stanowi przełomowy krok w kierunku endoskopowej magnetometrii do zastosowań biomedycznych.

W rozprawie zostały przedstawione badania autorki w kierunku opracowania nowego typu sensora w ramach jej studiów doktoranckich. Pierwszy rozdział przybliży czytelnikowi naturę centrów barwnych azot-wakancja, ich budowę i strukturę elektronową. Zostaną w nim omówione właściwości optyczne centrum NV i jego wyjątkowe właściwości spinowe. W szczególności autorka przedstawi podstawy optycznej manipulacji i odczytu spinowego stanu elektronowego defektów NV oraz wpływ różnych czynników na poziomy energetyczne centrum. Kolejne rozdziały, 2-5 przedstawiają część eksperymentalną pracy. W ich skład wchodzi rezultaty opublikowane w czterech artykułach oraz dodatkowe badania i wyniki przygotowywane do publikacji (rozdział 5). Każdy z rozdziałów zawiera wstęp przedstawiający kontekst badawczy z wyszczególnionym wkładem doktorantki w opublikowane prace.

Część badawczą rozpoczyna rozdział drugi, poruszający temat magnetometrii z użyciem zawieszin i proszków nanodiamentowych z centrami NV. W szczególności zostały tam zaprezentowane wyniki spektroskopii optycznej i mikrofalowej zawieszin nanodiamentowych oraz depozytów wytworzonych poprzez odparowanie rozpuszczalnika. Rozdział trzeci poświęcony jest procesom osadzania nanodiamentów z zawiesziny poprzez odparowywanie oraz chemiczne wiązanie z podłożem. Optymalizacja metody wytwarzania kowalencyjnych cienkich warstw nanodimantowych (tzw. filmów) stanowi jedną

z ważniejszych osi rozprawy, umożliwiając stworzenie gęstego jednorodnego pokrycia diamentowego na czole obrazowodu. W omawianych wynikach doktorantka dokonała charakterystyki otrzymanych pokryw i zbadała wpływ parametrów osadzania na ich morfologię. W czwartym rozdziale przedstawiono badania dotyczące możliwości pomiaru pola magnetycznego przez zaproponowaną platformę. Zaprezentowano pomiary sygnałów ODMR, gdzie światło wzbudzające i odpowiedź w postaci fluorescencji były dostarczane/zbierane na niepokrytym diamentami końcu przewodu optycznego. Zbadano wpływ stałego pola magnetycznego na kształt rezonansu ODMR i wykazano możliwość wyznaczenia pola magnetycznego z kwadratowego obszaru o boku ok. $15,6\text{ }\mu\text{m}$. Następnie, w rozdziale piątym, dla obrazowodu pokrytego diamentami zaprezentowano możliwość mapowania pola magnetycznego, rejestrując gradient pola w pobliżu przewodnika z prądem. Dopracowanie metody rejestracji i analizy danych oraz udoskonalenie metody wytwarzania kowalencyjnych filmów umożliwiło wyznaczenie mapy pola magnetycznego na podstawie rezonansu ODMR zmierzonego na dystalnym czole. Za pomocą skonstruowanej platformy zarejestrowano gradient pola magnetycznego w pobliżu przewodnika o szerokości $70\text{ }\mu\text{m}$, przez który przepływał prąd o natężeniu 85 mA . Udowodniono tym samym możliwość jedoczesnego odczytu wartości pola magnetycznego z kilku tysięcy rdzeni obrazowodu z bardzo dobrą rozdzielczością przestrzenną ok. $2\text{ }\mu\text{m}$. Przedstawione w tym rozdziale wyniki stanowią ważny postęp w pracach nad kwantowymi czujnikami pola magnetycznego.