

Kwiatkowski, Damian

Decoherence and entanglement decay of
nitrogen-vacancy centers in diamond
applied to spectroscopy of environmental noise

Praca doktorska pod kierunkiem dr hab. Łukasza Cywińskiego, Prof. IF PAN

STRESZCZENIE ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

Kubity spinowe na bazie centrów azot-luka (NV) w diamencie mogą być wykorzystywane do badania dekoherencji wywołanej przez otoczenie składające się ze spinów jądrowych ^{13}C występujących w diamencie. Otoczenie to składa się z kilkuset spinów jądrowych, z których niewielka ilość jest silnie sprzężona do kubitu, a zasadnicza większość jest do niego słabo sprzężona. Poprzez zmianę zewnętrznego pola magnetycznego, można kontrolować dynamikę spinów jądrowych, obserwowalną na skali czasu dekoherencji. W ogólności, spiny otoczenia oddziałują ze sobą dipolowo. Niemniej jednak możemy w kontrolowany sposób policzyć jego wpływ na kubit, korzystając z metody rozwinięcia CCE (*ang.* Cluster-Correlation Expansion), która opiera się na hierarchii skal czasu, w których istotne stają się korelacje wielospinowe o rosnącej liczbie spinów.

Otoczenie wokół centrum NV nie jest wystarczająco duże, aby można było je dokładnie opisać używając szumu o gaussowskiej statystyce. Przebieg dekoherencji zależy bowiem silnie od położenia spinów znajdujących się blisko centrum NV. Z drugiej strony, ten fakt może być wykorzystany do częściowej rekonstrukcji otoczenia wokół kubitu. Co więcej, dynamiczna polaryzacja jądrowa pozwala w pewnym stopniu zmienić stan otoczenia i następnie zaobserwować jak ta zmiana wpłynęła na dekoherencję. W tej pracy pokazałem jak nieklasyczne efekty (takie, które nie da się opisać poprzez zastąpienie otoczenia spinowego źródłem klasycznego szumu) pojawiają się w sygnale echa spinowego w obecności polaryzacji jąder. Dodatkowo zbadałem zależność między polaryzacją a generację splątania między kubitem a otoczeniem, jak również proces powstawania tzw. stanów

17.04.2020

Kwiatkowski

rozgłaszających spektrum (*ang.* Spectrum Broadcast Structures), co ma związek z kwantowym Darwinizmem.

Analiza dekoherencji dwóch kubitów pozwala dodatkowo na obserwację przestrzennych korelacji w otoczeniu. W dekoherencji dwóch centrów NV, zlokalizowanych kilka nanometrów od siebie, można zauważyć cechy oddziaływania z otoczeniem wspólnym dla obu tych kubitów. Dodatkowo w układzie dwukubitowym można również zbadać wpływ jednego kubit na dekoherencję drugiego.

Wyniki przedstawione w tej rozprawie doktorskiej pokazują jak analiza centrum NV i otoczenia złożonego ze spinów jądrowych, pozwala badać efekty takie jak: natura przejścia kwantowo-klasycznego dla szumu otoczenia, generacja splątania pomiędzy kubitami a otoczeniem, formacja stanów rozgłaszających spektrum, skorelowana dekoherencja wielu kubitów, jak i wpływ kubit na stan otoczenia. Rozważania przedstawione w tej pracy mogą być również przebadane eksperymentalnie.

17.04.2020

Kwiatkowski