ダイヤモンド中NV中心のコヒーレンス 一窒素核スピンの影響と同位体効果-

Coherent Dynamics of Nitrogen-Vacancy Centers in Diamond Interacting with Isotopically-enriched Nitrogen Nuclear Spins 慶大理工¹, 產総研², 情報通信研究機構³, NTT 物性科学基礎研⁴

^o藤田留士郎¹, 花野郁也¹, 上杉周平¹, 渡邊幸志², 赤羽浩一³, 松崎雄一郎⁴, 早瀬潤子¹ Keio Univ.¹, AIST², NICT³, NTT-BRL⁴ ^oRyushiro Fujita¹, Ikuya Hanano¹, Syuhei Uesugi¹, Hideyuki Watanabe², Kouichi Akahane³, Yuichiro Matsuzaki⁴, and Junko Ishi-Hayase¹

E-mail: sirou@keio.jp

【背景・目的】ダイヤモンド中窒素空孔中心(NV 中心)は、優れたコヒーレンス特性を有することから、量子センサや量子情報素子への応用が期待されている。NV 中心のコヒーレントダイナミクスやデコヒーレンス特性は、NV 電子スピンと周囲の核スピンとの相互作用に大きく依存する。近年、最近接の窒素核スピンとの相互作用によって、スピンエコー信号に変調のかかることが報告されているが[1,2]、核スピンの異なる窒素同位体(¹⁵N, ¹⁴N)がコヒーレンスに与える影響は解明しきれていない。そこで本研究では、¹⁵N および ¹⁴N に同位体制御された NV 中心集合体を生成し、¹⁵N と ¹⁴N がコヒーレンスに与える影響を調べたので報告する。

【実験方法】サンプルは集束イオンビーム装置を用いて溝加工を施した(001)ダイヤモンド基板に、 窒素ドープ CVD 法で厚さ 500 nm のダイヤモンド薄膜を成長し作製した。成長の際、¹³C 核スピ ンを排除するために、[¹²C]=99.9%に同位体制御を行なった。ドープする窒素を[¹⁵N]=99.9%に同位 体制御を行い作製した¹⁵N サンプルと同位体自然比([¹⁴N]=99.6%,[¹⁵N]=0.4%)のまま成長を行い作 製した¹⁴N サンプルに対して、発光および光検出磁気共鳴(ODMR)測定を行なった。

【実験結果】測定は全て幅 20 µm、深さ 1.5 µm の溝内に生成した NV 中心について行った。図 1 に、代表的な発光マッピング像と ODMR スペクトルを示す。発光測定から、¹⁵N・¹⁴N サンプルにおける NV 中心密度や配向はほぼ変わらないことが分かった。また ODMR スペクトルには、それぞれの核スピンを反映した超微細構造分裂が観測され、窒素の同位体制御がなされていることが確認された。一方スピンエコー信号(図 2)には、超微細構造分裂に対応した数 MHz オーダーの早い振動構造が観測された他に、¹⁵N サンプルにおいてのみ核スピンのゼーマン分裂を反映した遅い振動構造が観測された。またコヒーレンス時間 *T*₂に大きな差がないことから、*T*₂に対する窒素同位体の影響はほとんどないことが分かった。当日は、これらの挙動の違いについて、詳しく考察する。

本研究の一部は,科研費(15H05868, 26220602, 50392684, 50342746)および先端光量子科学アラ イアンスの支援を受けて行なわれた.また使用したダイヤモンドサンプルは,NICT フォトニック デバイスラボ,NIMS 微細加工プラットフォームの協力の下作製した.

[1] P. Andrich et al., Nano Lett, 14 4959-4964(2014).

[2] H. Watanabe, et al., IEEE Transactions on Nanotechnology, PP, 1 (2016).



図 1. 発光マッピング像(上)と ODMR スペクトル(下) (a)¹⁵N サンプル (b)¹⁴N サンプル



(a) ¹⁵N サンプル (b) ¹⁴N サンプル