

研究成果報告書

(国立情報学研究所の民間助成研究成果概要データベース・登録原稿)

研究テーマ (和文) AB		高偏極核スピンを用いた核磁気相転移の実現			
研究テーマ (欧文) AZ		Experimental implementation of nuclear phase transition using highly polarized nuclear spins			
研究氏 代表名 者	カタカナ CC	姓)カガワ	名)アキノリ	研究期間 B	2015 ~ 2016 年
	漢字 CB	香川	晃徳	報告年度 YR	2016 年
	ローマ字 CZ	Kagawa	Akinori	研究機関名	大阪大学
研究代表者 CD 所属機関・職名		大阪大学基礎工学研究科・助教			
概要 EA (600字~800字程度にまとめてください。)					
<p>ある興味対象の量子系を他の制御、観測が行いやすい量子系で模倣して解析する量子シミュレータの研究が盛んに行われている。本研究では核スピンを用いた核磁気相転移の量子シミュレータの実現を目指して研究を行った。核スピン系で磁気相転移を実現するには、系のスピン温度を下げるために核スピンの向きを揃える高偏極化を行う必要がある。高偏極化は動的核偏極と呼ばれる手法によって行われる。動的核偏極では、核スピンよりはるかに高偏極な電子スピンのマイクロ波を照射することで、超微細結合を通して核スピンの向きが揃えられる。そのような状態に回転座標系での断熱消磁を行うことでスピン温度は核スピン間の双極子結合のエネルギーより小さくなる。そこに NMR パルス列を照射し、ハミルトニアンを実効的に制御することで他のスピン系を模倣することができる。</p> <p>本研究ではまず高偏極化を行うための ENDOR 共振器を開発した。実験は電子スピン偏極がほぼ 100% の 1K 以下の極低温下で行うため、試料の冷却を十分に行う必要がある。以前用いていた ENDOR 共振器を改良し、より試料を冷却できるよう共振器の素材を変更した。実験には立方格子系である CaF_2 に不対電子スピンを持つ Tm^{2+} をドーピングしたサンプルを用いた。その結果、0.3K、2.9T において核スピン偏極を約 70% まで高めることに成功した。また磁気相転移に必要な核スピン偏極の角度依存性を数値計算から求めた。必要な核スピン偏極は最大で約 63% であり、本研究で得られた実験結果はその値より大きいものであった。今後はこの系に NMR パルス列を照射し、核磁気相転移を実現する必要がある。</p>					
キーワード FA	磁気相転移	動的核偏極	核磁気共鳴	高偏極化	

(以下は記入しないでください。)

助成財団コード TA					研究課題番号 AA									
研究機関番号 AC					シート番号									

発表文献（この研究を発表した雑誌・図書について記入してください。）									
雑誌	論文標題 ^{GB}								
	著者名 ^{GA}		雑誌名 ^{GC}						
	ページ ^{GF}	～	発行年 ^{GE}					巻号 ^{GD}	
雑誌	論文標題 ^{GB}								
	著者名 ^{GA}		雑誌名 ^{GC}						
	ページ ^{GF}	～	発行年 ^{GE}					巻号 ^{GD}	
雑誌	論文標題 ^{GB}								
	著者名 ^{GA}		雑誌名 ^{GC}						
	ページ ^{GF}	～	発行年 ^{GE}					巻号 ^{GD}	
図書	著者名 ^{HA}								
	書名 ^{HC}								
	出版者 ^{HB}		発行年 ^{HD}					総ページ ^{HE}	
図書	著者名 ^{HA}								
	書名 ^{HC}								
	出版者 ^{HB}		発行年 ^{HD}					総ページ ^{HE}	

欧文概要 EZ

Recently, quantum simulators, which permit the study of many-body problems in quantum mechanics, have been studied extensively. In order to analyze a certain quantum system, quantum simulator mimics it by using the other quantum system, which can be more easily controlled. In our study, we used highly polarized nuclear spins to construct a quantum simulator for magnetic phase transitions. Nuclear spin can be polarized more than a few tens of percent by DNP (Dynamic Nuclear Polarization) under a high magnetic field and at very low temperature. Magnetic phase transitions of the highly polarized nuclear spins have been realized by adiabatic demagnetization in the rotating frame. Furthermore, it has been proposed that quantum simulation of magnetic phase transition can be implemented by irradiating a multipulse sequence to effectively transform the dipolar interaction. Thus, it is necessary to develop an ENDOR (Electron Nuclear DOuble Resonance) resonator, which can efficiently manipulate the electron spins and the nuclear spins for the DNP experiments.

In this study, we developed ENDOR cavity to obtain highly polarized nuclear spins. Samples have to be sufficiently cooled down by a dilution refrigerator, because electron spin polarization is nearly 100% below 1 K. We improved our ENDOR cavity by changing the material for sample cooling. We used Tm^{2+} doped CaF_2 . Tm^{2+} has unpaired electron spin. We achieved c.a. 70% polarization of ^{19}F nuclear spins at 0.3K and 2.9T. We also numerically calculated the necessary polarization for nuclear magnetic phase transitions. The polarization is dependent on an angle between a static magnetic field and the sample orientation. The calculated maximum polarization is about 63%. Our experimental result is higher than the maximum polarization.