

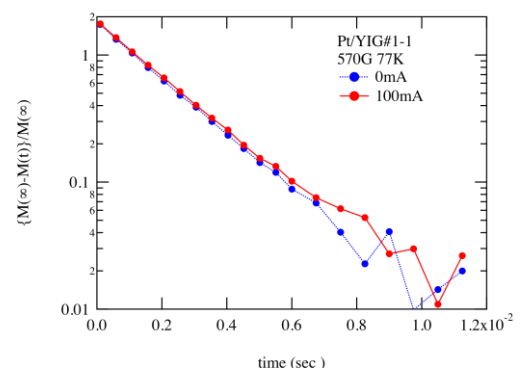
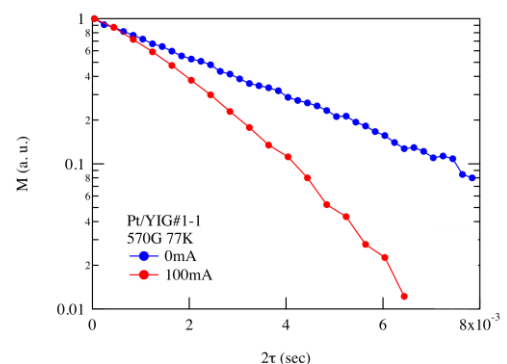
## 研究成果報告書

(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	Co/Pt ナノヘテロ構造薄膜を用いた Co-59 NMR によるスピン流の生成と検出				
研究テーマ (欧文) AZ	Generation and detection of the spin current using Co-59 FNR in Co/Pt nano-hetero film				
研究氏 代表 者	カナ文字 CC	姓)チュウドウ	名)ヒロユキ	研究期間 B	2011 ~ 2012 年
	漢字 CB	中堂	博之	報告年度 YR	2012 年
	ローマ字 CZ	Chudo	Hiroyuki	研究機関名	日本原子力研究開発機構
研究代表者 CD 所属機関・職名	日本原子力研究開発機構・先端基礎研究センター・任期付研究員				
<p>概要 EA (600 字~800 字程度にまとめてください。)</p> <p>非磁性金属から、強磁性金属や強磁性絶縁体へスピン注入し、核磁気共鳴法を用いて注されたスピン流を検出することを目的に、強磁性体中の FNR (Ferromagnetic Nuclear Resonance) の核磁気緩和時間を測定した。この目的のために、金属/強磁性絶縁体からなる二層薄膜を用いた。その最大の理由は、核磁気緩和時間の測定がスピン注入による磁気励起の小さな変化を検出できるからである。また、強磁性絶縁体においてはスピン波による核磁気緩和(3 マグノン過程)が支配的となるので、金属のような伝動電子によるよい緩和機構がないため、この効果を測定するためには絶縁体が有利である。さらに、フェリ磁性絶縁体においては、金属層からのスピン注入によりスピン流(スピン波スピン流)が誘起されることが知られている。このスピン波スピン流はフェリ磁性絶縁体中において新たな核磁気緩和機構になると期待できる。</p> <p>実際に使用した試料は Pt/YIG(Yttrium Iron Garnet) からなる二層薄膜である。Pt 層に電流を印加するとスピンホール効果により、YIG にスピン流が注入される。図1は、Pt/YIG における YIG 中の <math>^{57}\text{Fe}</math> FNR 核スピン格子緩和時間 <math>T_1</math> を示す。緩和時間の大きな変化が予想されたにも関わらず、変化は見られなかった。ところが、図2に示すように核スピンスピン緩和時間 <math>T_2</math> には Pt 層へのスピン注入により大きな変化が見られた。一般に、<math>T_1</math> は核スピン系から電子スピン系へ、10-100MHz 程度のエネルギーの移行を伴う緩和を検知している。<math>T_2</math> 過程はエネルギーの移行を伴わず、隣接する核スピン間のバーチャルマグノンを経た間接相互作用による核スピンの位相の乱れを検知する。また、局所磁場の乱雑なゆらぎも位相の情報を見失う原因となり、スピンエコーは減衰する。</p> <p>現在この現象の解釈を検討中であり、核磁気共鳴法をスピントロニクス分野へ積極的に応用していく足がかりとなると期待している。今後は、より詳細な実験を継続していく予定である。</p>					
キーワード FA	FNR	spin current	YIG		

(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									

Fig. 1 Decay of the nuclear magnetization after the saturation for  $T_1$  measurement.Fig. 2 Spin-echo decay curve for  $T_2$  measurement.

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 <sup>GB</sup>								
	著者名 <sup>GA</sup>		雑誌名 <sup>GC</sup>						
	ページ <sup>GF</sup>	～	発行年 <sup>GE</sup>					巻号 <sup>GD</sup>	
雑誌	論文標題 <sup>GB</sup>								
	著者名 <sup>GA</sup>		雑誌名 <sup>GC</sup>						
	ページ <sup>GF</sup>	～	発行年 <sup>GE</sup>					巻号 <sup>GD</sup>	
雑誌	論文標題 <sup>GB</sup>								
	著者名 <sup>GA</sup>		雑誌名 <sup>GC</sup>						
	ページ <sup>GF</sup>	～	発行年 <sup>GE</sup>					巻号 <sup>GD</sup>	
図書	著者名 <sup>HA</sup>								
	書名 <sup>HC</sup>								
	出版者 <sup>HB</sup>		発行年 <sup>HD</sup>					総ページ <sup>HE</sup>	
図書	著者名 <sup>HA</sup>								
	書名 <sup>HC</sup>								
	出版者 <sup>HB</sup>		発行年 <sup>HD</sup>					総ページ <sup>HE</sup>	

#### 欧文概要<sup>EZ</sup>

We aimed to obtain an evidence for the spin injection from nonmagnetic metals to ferromagnetic metals or insulators by measuring a change in the FNR parameters such as the nuclear magnetic relaxation time. To do this, we have attempted a feasible experiment using a bi-layer metal/ferromagnetic insulator system. The reason for this is the following. The most important fact to be taking into account for designing the experiment is that the FNR relaxation is to be sensitive to a small change of the magnetic excitations during the spin injection. This can be realized in the FNR in ferromagnetic insulators where the only three magnon process is involved, free form a relaxation through the conduction electrons. On the other hand, it is well established by now that a spin current in the insulating ferromagnets (so called “magnon current”) can be injected from the electron current in a metallic layer. This magnon current is expected to create a new relaxation channel in the ferromagnetic insulating layer.

The nuclear spin-lattice relaxation time  $T_1$  has been measured with and without current on the Pt layer for the  $^{57}\text{Fe}$  FNR. The decays of the nuclear magnetization in different values of current are shown in Fig. 1. Despite of the expectation of a large change in  $T_1$  due to the injected magnon current, there exists essentially no effect. Nonetheless, we observed a large change in the spin-echo decay time  $T_2$  when an electric current is applied on the Pt layer (Fig. 2). This is a rather unexpected and surprising result. In general,  $T_1$  proves a relaxation accompanied with an energy transfer from the nuclear spin system to the electron spin (in the present case it is magnon) and the energy scale is an order of 10~100MHz. While  $T_2$  is governed without any energy transfer, meaning the neighboring nuclear spin-spin coupling creating a virtual magnon is important. At the same time, the spin echo decay may proceed by a fluctuating random field that looses the phase memory during the FNR signal formation.

Although we do not have a plausible account for the present findings, we believe that this opens a new field to be explored in the “nuclear spintorionics”. We plan to continue the experiments under more controlled way.