

Title	磁気トンネル接合における巨大磁気キャパシタンス効果の発現
Sub Title	Observation of large magnetocapacitance effect in magnetic tunnel junctions
Author	海住, 英生(Kaiju, Hideo)
Publisher	慶應義塾大学
Publication year	2020
Jtitle	学事振興資金研究成果実績報告書 (2019. )
JaLC DOI	
Abstract	<p>磁性体/絶縁体/磁性体から構成される磁気トンネル接合(MTJ)は、室温にて磁気キャパシタンス効果を示すことから、近年、次世代の超高感度・低消費電力磁気メモリ素子として、国内外で大きな注目を集めている。磁気キャパシタンス効果とは磁場によりキャパシタンス(=静電容量)が変化する現象である。しかしながら、そのキャパシタンス変化率は最高でも155%となっており、応用上十分な感度に達していない。そこで、本研究では、成膜条件を最適化したMTJ素子を作製し、磁気キャパシタンス変化率の向上を目的とした。マグネトロンスパッタ法によりMgOベースのMTJ素子を作製し、その磁気キャパシタンス効果を調べた。測定には磁場中交流4端子法を用いた。磁気キャパシタンス変化率の周波数特性、及びバイアス電圧依存性を詳細に調べた結果、200%を超える磁気キャパシタンス変化率の観測に成功した。また、磁気キャパシタンス変化率の周波数特性はデバイ・フレーリッヒ模型を用いた誘電体理論により定性的に説明することができた。今後は更なる磁気キャパシタンス変化率の向上を目指すとともに、巨大磁気キャパシタンス効果の定量的理解を深める。磁気キャパシタンス効果は、MTJのみならずマルチフェロイック材料、磁気ナノグラニューラー、分子スピンバルブ素子、磁気スーパーキャパシタなどの様々な系で見出されている。最近では、有機ヘテロ接合や人工超格子においても発見されており、材料の観点から見ても大きな広がりを見せている。また、学術的な観点からも、これらの現象は空間反転対称性と時間反転対称性が同時に破れた系で見出されていることから普遍的な物理を議論する上でも興味深い。将来は、超高感度・低消費電力磁気メモリ・センサ素子への展開も期待できることから、次世代IoT技術として重要な役割を果たし、ビッグデータの取得・蓄積・解析にも大きく貢献する。これによりIT/ICT分野のみならず、環境エネルギー、医療ヘルスケア、運輸交通、農業、製造業など幅広い分野での実用化が期待できる。</p> <p>Magnetic tunnel junctions (MTJs), which consist of two magnetic layers separated by a thin insulating layer, have attracted much attention due to its large magnetocapacitance (MC) effect at room temperature. MC effect is a phenomenon in which capacitance changes with magnetic field. The largest MC ratio is 155% at present. Here we study the improvement of MC ratio using high-performance MTJs. We fabricated MgO-based MTJs using magnetron sputtering system, and investigated their MC effect. The frequency characteristics of the MC in MTJs were measured by an AC four-probe method using an Agilent Technologies 4284A LCR meter in the frequency range from 30 Hz to 1 MHz under an applied magnetic field up to 1.4 kOe at room temperature. As a result, we have successfully observed a large MC ratio beyond 200%. The frequency dependence of MC ratio can be qualitatively explained by a theoretical calculation based on Debye-Frohlich model. In future, we will achieve a larger MC ratio and provide a deeper understanding on large MC effect.</p>
Notes	
Genre	Research Paper
URL	<a href="https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=2019000007-20190265">https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=2019000007-20190265</a>

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the Keio Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

研究代表者	所属	理工学部	職名	准教授	補助額	300 (A) 千円
	氏名	海住 英生	氏名 (英語)	Hideo Kajju		
研究課題 (日本語)						
磁気トンネル接合における巨大磁気キャパシタンス効果の発現						
研究課題 (英訳)						
Observation of large magnetocapacitance effect in magnetic tunnel junctions						
1. 研究成果実績の概要						
<p>磁性体/絶縁体/磁性体から構成される磁気トンネル接合(MTJ)は、室温にて磁気キャパシタンス効果を示すことから、近年、次世代の超高感度・低消費電力磁気メモリ素子として、国内外で大きな注目を集めている。磁気キャパシタンス効果とは磁場によりキャパシタンス(=静電容量)が変化する現象である。しかしながら、そのキャパシタンス変化率は最高でも155%となっており、応用上十分な感度に達していない。そこで、本研究では、成膜条件を最適化したMTJ素子を作製し、磁気キャパシタンス変化率の向上を目的とした。マグネトロンスパッタ法によりMgOベースのMTJ素子を作製し、その磁気キャパシタンス効果を調べた。測定には磁場中交流4端子法を用いた。磁気キャパシタンス変化率の周波数特性、及びバイアス電圧依存性を詳細に調べた結果、200%を超える磁気キャパシタンス変化率の観測に成功した。また、磁気キャパシタンス変化率の周波数特性はデバイ・フレリッヒ模型を用いた誘電体理論により定性的に説明することができた。今後は更なる磁気キャパシタンス変化率の向上を目指すとともに、巨大磁気キャパシタンス効果の定量的理解を深める。磁気キャパシタンス効果は、MTJのみならずマルチフェロイック材料、磁気ナノグラニューラー、分子スピンバルブ素子、磁気スーパーキャパシタなどの様々な系で見出されている。最近では、有機ヘテロ接合や人工超格子においても発見されており、材料の観点から見ても大きな広がりを見せている。また、学術的な観点からも、これらの現象は空間反転対称性と時間反転対称性が同時に破れた系で見出されていることから普遍的な物理を議論する上でも興味深い。将来は、超高感度・低消費電力磁気メモリ・センサ素子への展開も期待できることから、次世代IoT技術として重要な役割を果たし、ビッグデータの取得・蓄積・解析にも大きく貢献する。これによりIT/ICT分野のみならず、環境エネルギー、医療ヘルスケア、運輸交通、農業、製造業など幅広い分野での実用化が期待できる。</p>						
2. 研究成果実績の概要 (英訳)						
<p>Magnetic tunnel junctions (MTJs), which consist of two magnetic layers separated by a thin insulating layer, have attracted much attention due to its large magnetocapacitance (MC) effect at room temperature. MC effect is a phenomenon in which capacitance changes with magnetic field. The largest MC ratio is 155% at present. Here we study the improvement of MC ratio using high-performance MTJs. We fabricated MgO-based MTJs using magnetron sputtering system, and investigated their MC effect. The frequency characteristics of the MC in MTJs were measured by an AC four-probe method using an Agilent Technologies 4284A LCR meter in the frequency range from 30 Hz to 1 MHz under an applied magnetic field up to 1.4 kOe at room temperature. As a result, we have successfully observed a large MC ratio beyond 200%. The frequency dependence of MC ratio can be qualitatively explained by a theoretical calculation based on Debye-Frohlich model. In future, we will achieve a larger MC ratio and provide a deeper understanding on large MC effect.</p>						
3. 本研究課題に関する発表						
発表者氏名 (著者・講演者)	発表課題名 (著書名・演題)	発表学術誌名 (著書発行所・講演学会)	学術誌発行年月 (著書発行年月・講演年月)			
R. Msiska, S. Honjo, Y. Asai, M. Arita, A. T. Fukuchi, Y. Takahashi, N. Hoshino, T. Akutagawa, O. Kitakami, M. Fujioka, J. Nishii and H. Kajju	Tunnel Magnetocapacitance in Fe/MgF <sub>2</sub> Single Nanogranular Layered Films	Appl. Phys. Lett.	2020年2月			
H. Kajju, T. Nagahama, O. Kitakami, J. Nishii, and G. Xiao	Magnetocapacitance Effect in Spintronic Devices (招待講演)	The 6th Japan-Korea International Symposium on Materials Science and Technology	2019年8月			
海住英生、長浜太郎、北上修、西井準治、Gang Xiao	磁気トンネル接合における室温巨大磁気キャパシタンス効果	日本磁気学会研究会資料	2019年7月			
海住英生、長浜太郎、北上修、西井準治、Gang Xiao	磁気キャパシタンス効果の新展開とその学理 (招待講演)	第1回慶大スピントロニクス研究開発センター研究会	2019年7月			