

## 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		強相関界面の微視的理解に基づく新しい光磁気材料の開拓			
研究テーマ (欧文) AZ		Development of novel spintronic materials based on atomic-scale control and characterization of correlated electron interfaces			
研究氏 代 表 名 者	カタカナ CC	姓)ヤマダ	名)ヒロユキ	研究期間 B	2007～ 2008年
	漢字 CB	山田	浩之	報告年度 YR	2009 年
	ローマ字 CZ	Yamada	Hiroyuki	研究機関名	産総研
研究代表者 CD 所属機関・職名		産業技術総合研究所 研究員			
<p>概要 EA (600 字～800 字程度にまとめてください。)</p> <p>本研究課題では、強相関酸化物磁性体をベースに、3 物質を交互積層して巨視的に空間反転対称性を破った磁性人工超格子(三色超格子)を開拓し、「極性磁性体」特有の新奇な現象の探索とその巨大化指針を得ることを目標としている。巨大化の指針として、強相関酸化物界面における電荷移動・強磁性磁化の他、スピン軌道相互作用に着目した。大きなスピン軌道相互作用を有する候補として、ペロブスカイト Ru 酸化物をベースとした超格子界面の開拓を中心的に行った。まず、CaRuO<sub>3</sub>/CaMnO<sub>3</sub>/CaTiO<sub>3</sub> 三色超格子の作製に成功し、この系が極性磁性体特有の光学的電気磁気効果(方向二色性)を示すことを見出した。この起源は常磁性体 CaRuO<sub>3</sub>と反強磁性体 CaMnO<sub>3</sub>の間の界面で発生する磁化と電荷移動であると考えられる。しかしその大きさはLaMnO<sub>3</sub>/SrMnO<sub>3</sub>界面と同様の弱さであったことから、CaRuO<sub>3</sub>側はこの効果に寄与しておらず、CaMnO<sub>3</sub>のみが寄与していると結論できる。次に強磁性体である SrRuO<sub>3</sub>を含む三色超格子に着目した。この系ではいかにして、(1) 面内磁気異方性を誘起するか(SrRuO<sub>3</sub>は強い垂直磁気異方性)、(2) SrRuO<sub>3</sub>の強磁性を壊さずに界面での空間反転対称性の破れ(電荷移動)を大きくするか、が難問となった。前者は格子定数の大きな DyScO<sub>3</sub> 基板を用いることで解決した。後者の解決手段としてまず DyScO<sub>3</sub>/SrRuO<sub>3</sub>/SrTiO<sub>3</sub> 三色超格子の作製を行った。これは DyScO<sub>3</sub>と SrRuO<sub>3</sub>の価電子不整合による空間反転対称性の破れを意図したものであるが、その指標となる SHG(第二高調波発生)はとても弱かった。すなわち、Ru 酸化物では、Mn 酸化物とは異なり、バンド絶縁体との界面において、空間反転対称性の破れに結びつく電子状態の変調は殆ど発生しないことが分かった。次に SrMnO<sub>3</sub>/SrRuO<sub>3</sub>/SrTiO<sub>3</sub> 三色超格子の作製に成功し、この系では巨大な SHG を観測した。さらに DyScO<sub>3</sub>を基板に用いることで、磁化との結合強度を表す MSHG(磁化誘起 SHG)も巨大となり、その温度依存性は SrRuO<sub>3</sub>のそれとスケールした。従って、SrMnO<sub>3</sub>-SrRuO<sub>3</sub>間の僅かな電荷移動による空間反転対称性の破れ、さらには SrRuO<sub>3</sub>の強磁性磁化とスピン軌道相互作用の複合により、強力な極性強磁性体が構築できたと考えられる。</p>					
キーワード FA	強相関酸化物	人工超格子	界面	電気磁気物性	

(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 <sub>GB</sub>	Optical magnetoelectric effect at CaRuO <sub>3</sub> - CaMnO <sub>3</sub> interfaces as a polar ferromagnet							
	著者名 <sub>GA</sub>	H. Yamada et al.,	雑誌名 <sub>GC</sub>	Applied Physics Letters					
	ページ <sub>GF</sub>	062508	発行年 <sub>GE</sub>	2	0	0	8	巻号 <sub>GD</sub>	9 2
雑誌	論文標題 <sub>GB</sub>								
	著者名 <sub>GA</sub>		雑誌名 <sub>GC</sub>						
	ページ <sub>GF</sub>	～	発行年 <sub>GE</sub>					巻号 <sub>GD</sub>	
雑誌	論文標題 <sub>GB</sub>								
	著者名 <sub>GA</sub>		雑誌名 <sub>GC</sub>						
	ページ <sub>GF</sub>	～	発行年 <sub>GE</sub>					巻号 <sub>GD</sub>	
図書	著者名 <sub>HA</sub>								
	書名 <sub>HC</sub>								
	出版者 <sub>HB</sub>		発行年 <sub>HD</sub>					総ページ <sub>HE</sub>	
図書	著者名 <sub>HA</sub>								
	書名 <sub>HC</sub>								
	出版者 <sub>HB</sub>		発行年 <sub>HD</sub>					総ページ <sub>HE</sub>	

#### 欧文概要<sub>EZ</sub>

The purpose of the study is to fabricate three-component superlattice (tricolor superlattice) with artificially broken space-inversion symmetry, by utilizing magnetic oxides, and to search for novel phenomena characteristics of polar ferromagnet. To enhance the functionality, we focus on spin-orbit interaction as well as interface charge-transfer and interface ferromagnetism. Perovskite ruthenates are the best candidate for this viewpoint. We fabricated CaRuO<sub>3</sub>/CaMnO<sub>3</sub>/CaTiO<sub>3</sub> tricolor superlattice, and found an optical magneto-electric effect characteristic of polar ferromagnet. This phenomenon is attributed to charge transfer and ferromagnetism at the CaRuO<sub>3</sub>/CaMnO<sub>3</sub> interface, but the magnitude is as small as that of the LaMnO<sub>3</sub>-SrMnO<sub>3</sub> interface. Therefore, it is concluded that only CaMnO<sub>3</sub> contributes to the phenomenon. Then, we moved on to develop tricolor superlattices based on a ferromagnet SrRuO<sub>3</sub>. The difficulties here are (i) to induce in-plane magnetic anisotropy to SrRuO<sub>3</sub> which prefers strong out-of-plane one, and (ii) to break space-inversion symmetry at the SrRuO<sub>3</sub> interface without suppressing the ferromagnetism. The former problem was solved by utilizing DyScO<sub>3</sub> substrate with a large lattice constant. The latter issue was first tried to solve by fabricating tricolor DyScO<sub>3</sub>- SrRuO<sub>3</sub>- SrTiO<sub>3</sub> superlattice, where the polar discontinuity between DyScO<sub>3</sub> and SrRuO<sub>3</sub> is expected to modulate the electronic state, hence break the symmetry. However, SHG (second harmonic generation), which provides the magnitude of the space-inversion broken symmetry, was found to be very small, which indicates that, unlike the case of manganites, the electronic state of SrRuO<sub>3</sub> is hardly modulated by the interface with band insulators. Then, we successfully tried the SrRuO<sub>3</sub>/SrMnO<sub>3</sub>/SrTiO<sub>3</sub> tricolor superlattice and found a gigantic SHG. By utilizing DyScO<sub>3</sub> as a substrate, we also found a gigantic MSHG (magnetization-induced SHG) which indicates the cross effect of broken space-inversion symmetry and ferromagnetism. We therefore concluded that an ideal polar ferromagnet has been constructed by enhancing the broken symmetry with the charge transfer at the SrRuO<sub>3</sub>/SrMnO<sub>3</sub> interface, as well as introducing the ferromagnetism and large spin-orbit coupling inside SrRuO<sub>3</sub>.