

# 5d 電子系酸化物界面におけるスピン依存伝導

松野 丈夫

理化学研究所創発物性科学研究センター (CEMS) ☎ 351-0198 埼玉県和光市広沢 2 丁目 1

(2017 年 7 月 16 日受付; 2017 年 8 月 21 日掲載決定)

## Spin-Dependent Transport Phenomena at 5d-Electron Oxide Interfaces

Jobu MATSUNO

RIKEN Center for Emergent Matter Science (CEMS), 2-1 Hirosawa Wako, Saitama 351-0198

(Received July 16, 2017; Accepted August 21, 2017)

Spin-orbit interaction in solids can be utilized for controlling spin-dependent transport phenomena. To realize them, we focus on thin films and interfaces of iridium (Ir) oxides since electron conduction there is dominated by 5d electrons with strong spin-orbit interaction. The first example is the inverse spin Hall effect, which converts a spin current into an electric voltage. The performance of IrO<sub>2</sub> as a spin-current detector is better than those of noble metals. The second is the topological Hall effect originating from magnetic skyrmions. The epitaxial bilayers consisting of SrRuO<sub>3</sub> and SrIrO<sub>3</sub> enable us to generate skyrmions through artificially broken inversion symmetry at the interfaces. These results can be a step toward future spintronics.

KEYWORDS : spin-orbit interaction, iridium oxide, oxide interface, spin Hall effect, topological Hall effect

### 1. はじめに

近年の固体物理学のキーワードとして注目されているのがスピン-軌道相互作用である。孤立原子中の電子では相対論的量子力学の結果として良く知られており、次式のような形を取る：

$$H_{SO} = \lambda \mathbf{L} \cdot \mathbf{S}$$

これは電子の運動 ( $L$ ) とスピン ( $S$ ) との結合と理解され、スピンを変化させることで電子の運動を制御する可能性を見てとることができる。本稿の主題である「スピン依存伝導」は、まさにこのスピン-軌道相互作用を利用したものである。スピン依存伝導は、スピンの自由度を利用したエレクトロニクス、すなわちスピントロニクスの要となり得る概念であり、従来型のエレクトロニクスでは実現できなかった新機能デバイスの動作原理となることが期待される。

では、固体中でスピン-軌道相互作用を活用するにはどのような物質を選択すべきであろうか？ 相対論効果

であるスピン-軌道相互作用は原子番号の大きい元素ほど強いことが知られており、具体的には 5d 電子や 6p 電子を持つ元素が有望である (Fig. 1)。実際に Hg や Bi を含む半導体はその強いスピン-軌道相互作用によるバンド反転からトポロジカル絶縁体になることが知られている<sup>1)</sup>。また、後述するように Pt などの 5d 金属はスピ

1	H																	He																															
2	Li	Be											B	C	N	O	F	Ne																															
3	Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar																															
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr																															
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe																															
6	Cs	Ba	<u>Lr</u>	Hf	Ta	W	Re	Os	<u>Ir</u>	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	<u>Bi</u>	Po	At	Rn																															
7	Fr	Ra	<u>Ac</u>	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Nh	Fl	Mc	Lv	Ts	Og																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tbody> <tr> <td><u>Lr</u></td><td>La</td><td>Ce</td><td>Pr</td><td>Nd</td><td>Pm</td><td>Sm</td><td>Eu</td><td>Gd</td><td>Tb</td><td>Dy</td><td>Ho</td><td>Er</td><td>Tm</td><td>Yb</td><td>Lu</td> </tr> <tr> <td><u>Ac</u></td><td>Th</td><td>Pa</td><td>U</td><td>Np</td><td>Pu</td><td>Am</td><td>Cm</td><td>Bk</td><td>Cf</td><td>Es</td><td>Fm</td><td>Md</td><td>No</td><td>Lr</td> </tr> </tbody> </table>																			<u>Lr</u>	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	<u>Ac</u>	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr
<u>Lr</u>	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu																																		
<u>Ac</u>	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr																																			

Fig. 1. (color online). The periodic table of the elements. Shaded elements have 5d and/or 6p orbitals with strong spin-orbit interaction.