



1. 所属、氏名

工学研究科修士課程 電子工学専攻・2年次 丸山 ゆう

2. 参加期間 2023年 7月 24日 から 2023年 7月 28日

3. 会場（開催国・場所・機関等）

韓国のソウルにある Korea 大学で行われた The Korean Magnetism Society 主催の

“11th International Symposium on Metallic Multilayers (MML 2023)”に参加

4. 発表成果（概要）

7月26日に“Investigation of gate-tunable Hanle magnetoresistance in Pt films by using ionic gating”という題目でポスター発表を実施しました。この発表では、1.7 nm
の Pt 薄膜にイオンゲート法と呼ばれる電圧印加手法を用いることで、Pt 中のハンレ
磁気抵抗効果(HMR)が変調可能であることを示す実験結果について報告しました。こ
の結果は、スピントロニクス分野において重要な役割を果たすスピン軌道相互作用が
ゲート電圧印加によって変調可能であることを示唆しており、変調機構を有する新た
なスピントロニクスデバイスの実現が期待できます。発表時には、HMR 測定の先駆的
な研究を行った Felix 教授をはじめとし、様々な方に興味を持っていただき、貴重な意
見を頂くことができました。最後に、初めての国際学会への参加をご支援いただき、誠
にありがとうございました。（以下に発表で利用したポスターを添付します。）

Investigation of gate-tunable Hanle magnetoresistance in Pt films by using ionic gating

○Yuu Maruyama¹, Ryo Oshima^{1,2}, Yuichiro Ando^{1,2} and Masashi Shiraishi^{1,2}

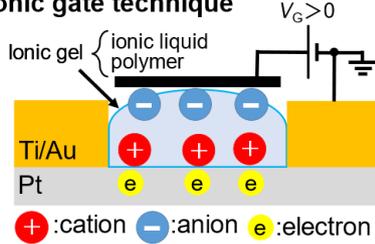
1. Kyoto University, Japan

2. Center for Spintronics Research Network, Japan

Y. Maruyama, M. Shiraishi *et al.*, Applied Physics Express **16**, 023004 (2023)

1. Background

➤ Ionic gate technique

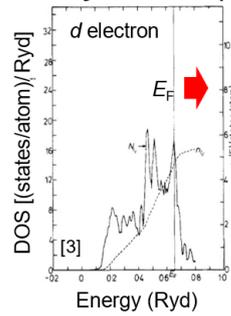


Positive gate voltage $V_G \Rightarrow$ carrier accumulation

➤ Gate-tunable phenomena

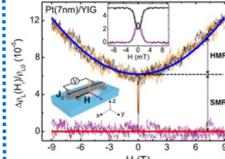
The **inverse spin Hall effect (ISHE)** in 2.0 nm Pt [1]
The **spin Hall effect (SHE)** in 1.2 nm Pt [2]

➤ Density of states (DOS)



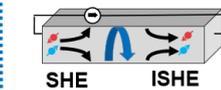
Sufficient carrier accumulation
 \Rightarrow Shift of Fermi level (E_F)
 \Rightarrow Decreasing DOS of d -electron
 \Rightarrow Decreasing spin orbit interaction

➤ the Hanle magnetoresistance (HMR)[4]



External magnetic field B
 • X, Z – axis
Positive magnetoresistance
 • Y – axis
No magnetoresistance

Without magnetic field



Smaller
Resistance ($B = 0$ T)

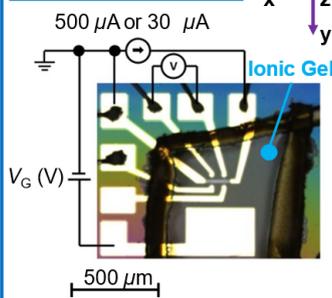
The Hanle effect



Larger
Resistance ($B \perp$ Spin)
Stable
Resistance ($B \parallel$ Spin)

Purpose: Modulation of the HMR by ionic gate

2. Measurement



Ionic gel

- PS-PMMA-PS polymer (Polymer Source, Canada)
- DEME-TFSI ionic liquid (Kanto Chemical, Japan)
- Ethyl propionate (Nacalai Tesque, Japan)

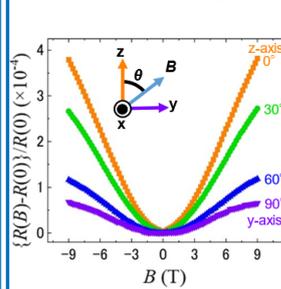
Hall bar structure

- Ultrathin Pt (3.3 or 1.7 nm)
- Deposited by sputter

Substrate

- $Y_3Fe_5O_{12}$ grown on $Gd_3Ga_5O_{12}$ (Granopt, Japan)

3. Result – angle dependence



HMR curve [4]

$$R = R_0 + R_0 r \left[1 - \sqrt{1 + \frac{(\Omega B)^2}{2(1 + (\Omega B)^2)}} \right] + aB$$

r : MR ratio ($B \rightarrow \infty$) Ω : spin precession frequency
 R_0 : R ($B = 0$) α : Background

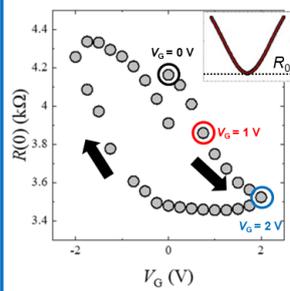
Calculation result

Result	λ (nm)	θ_{SH}
Result	2.0	0.04
Previous report [5]	1.5 ± 0.5	0.11 ± 0.08

Successful observation of the HMR

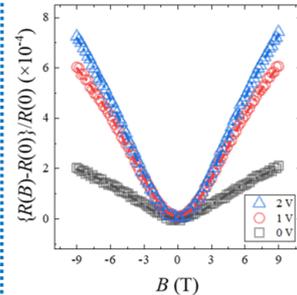
4. Result – ionic gate dependence

➤ Resistance



Successful carrier accumulation

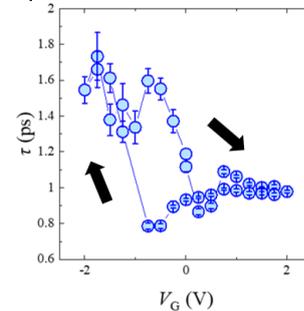
➤ HMR ratio



Modulation of the HMR

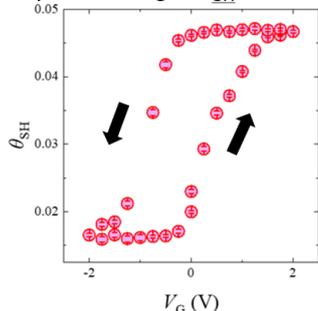
➤ Analysis

Spin life time τ



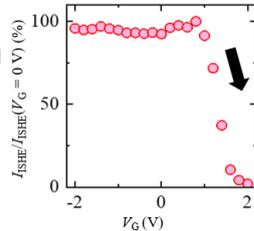
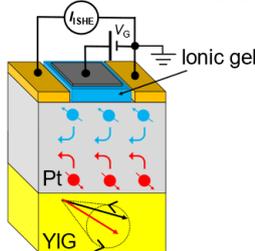
Observation of **increase tendency of spin orbit interaction (SOI)** ($V_G > 0$)

Spin Hall angle θ_{SH}



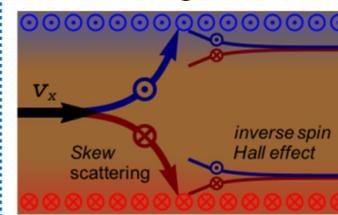
5. Discussion

➤ Previous report [1]



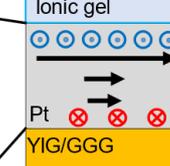
Suppression of the SOI

➤ Possible origin



Occurrence of the ISHE at top and bottom surfaces [4]

Electrical Field



- Modulation of current distribution
 - Enhancement of the Rashba SOI
- \Rightarrow **Modulation of the HMR**

Summary

- Observation of the **HMR** in an **ultrathin Pt** films
- **Modulation of the HMR by ionic gating**

Reference

- [1] S. Dushenko *et al.*, Nat. Commun. **9**, 3118 (2018).
- [2] R. Oshima *et al.*, Sci. Rep. **11**, 21779 (2021).
- [3] N. E. Christensen, J. Phys. F: Metal Phys. **8**, L51 (1978).
- [4] S. Vézé *et al.*, Phys. Rev. Lett. **116**, 016603 (2016).
- [5] M. Althammer *et al.*, Phys. Rev. B **87**, 224401 (2013).