

電荷レス・スピン流によるナノスピndeバイスの超高性能化と新機能創出

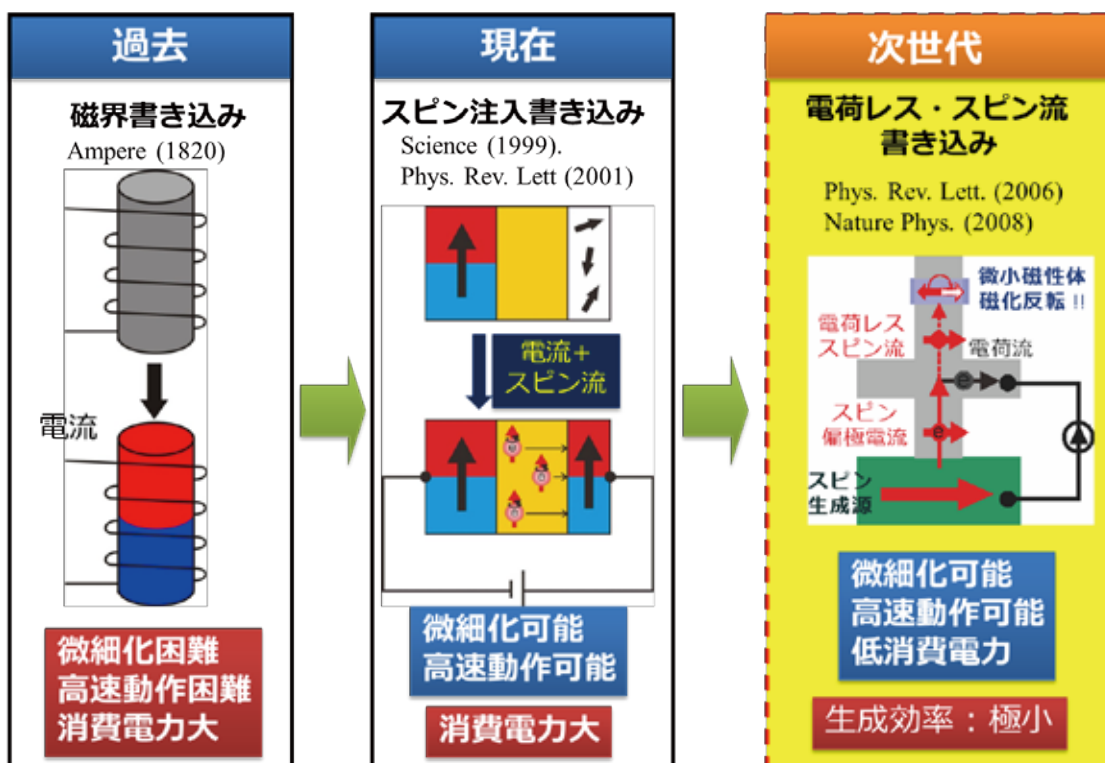
研究代表者 木村 崇（稲盛フロンティア研究センター，理学研究院 物理）

研究の目的

集積化限界に直面しつつある半導体デバイスに取って代わるエレクトロニクスデバイスとして、スピンの不揮発性を利用したナノスピndeデバイスが注目され、世界的な競争が繰り広げられている。

本プロジェクトは、研究代表者が有する電気の流れの無いスピンの流れ『電荷レス・スピン流』の制御技術を基軸にして、本学の研究グループが有する高品質な半導体 - 強磁性金属ヘテロ構造におけるスピン注入技術、及びナノ磁性体における革新的磁気記録技術等を融合し、超高性能で革新的なスピndeデバイスの開発を推進するもので、本学にスピントロニクスの研究拠点形成を目指すものである。

スピン制御（磁気記録）技術の推移と本プロジェクトの狙い



電荷レス・スピンの流れとは？



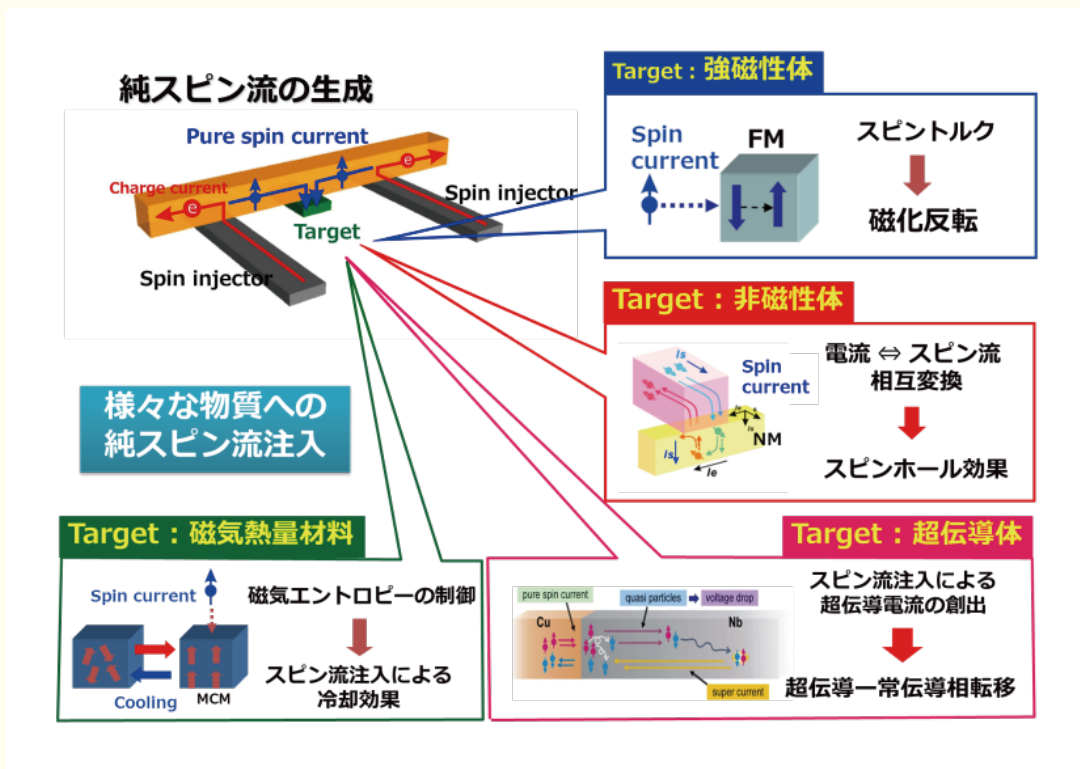
	電流	スピン流
非偏極電流 ↑ ↓ ↑ ↓ ↑ ↓ ↑ ↓ ↑ ↓ ↑ ↓	→ → → → → → → → →	0
スピン偏極電流 ↑ ↑ ↑ ↓ ↓ ↓ ↑ ↓ ↑ ↓	→ → → → → → → → →	↑ →
純スピン流 ↑ ↓ ↑ ↓ ↑ ↓ ↑ ↓ ↑ ↓ ↑ ↓	0	↑ → ↑ →

磁石中を運動する電子は、スピンの向きに偏りがあり、電気を流した際、従来の電荷の流れである電流以外に、電子のスピン角運動量の流れ“スピン流”が発生する。

スピン流は、通常、電流に重畳した形で存在するが、反対方向のスピンをもつ電子を互いに逆方向に流す（電子の電荷を引き抜く）ことで、電荷の流れを伴わないスピンのみの流れである“純スピン流”（電荷レス・スピン流）を作り出すこともできる。

電荷レス・スピン流を利用した様々な応用

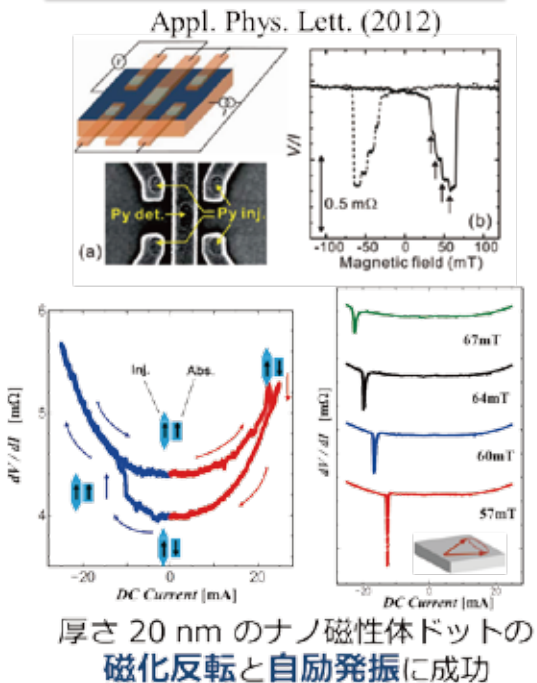
純スピン流注入は、物質に磁場を印加するのと類似性があり、巨大な有効磁界を高効率で選択的に作用させることができる。



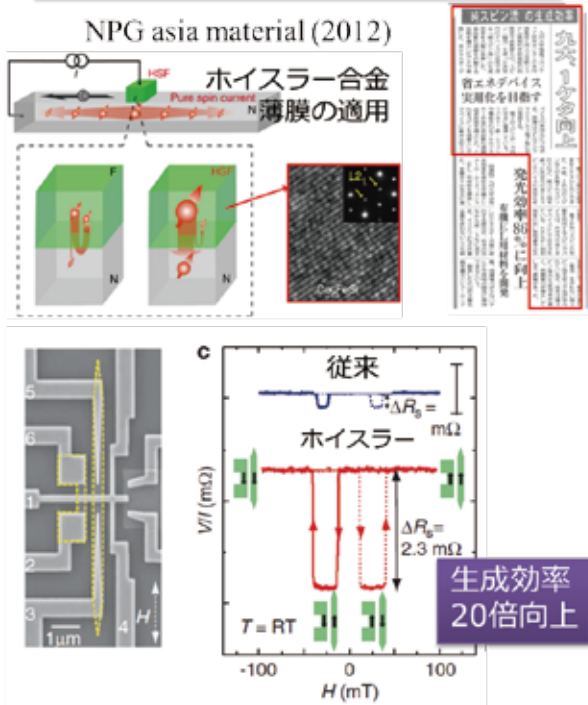
研究成果の例

学術論文 108 篇を公表
学会発表 185 件を実施 (2013.03 時点)

多端子ナノピラー構造による超巨大純スピン流生成



高品質スピン生成源による純スピン流生成効率の飛躍的改善

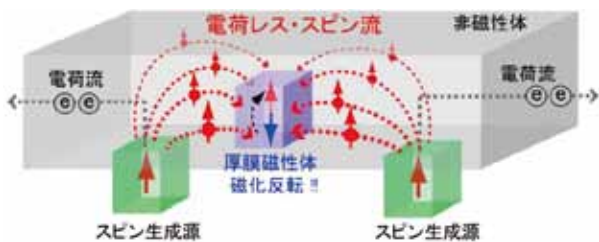


純スピン流の生成効率
20倍向上
省エネデバイス
実用化を目指す

今後の展開

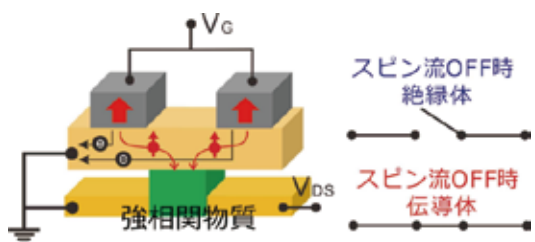
得られた成果をもとに以下の大型研究 PJ を推進

JST:CREST



純スピン流を用いた革新的三次元スピン注入技術により、ナノスピンデバイスにおける熱擾乱耐性の飛躍的向上を目指す。

MEXT 基盤研究 S



巨大純スピン流を用いて、スピン注入による金属 - 絶縁体転移を誘起し、革新的なスピンスイッチの開発を目指す。

継続的に大型研究を推進し、独創的スピンデバイスの開発、新奇スピン物性物理の解明などで、世界レベルの研究を維持する。



Realization of high performance nano-spin devices using charge-less spin current and demonstration of innovative spin devices

Project leader : Prof. Takashi Kimura
(Inamori Frontier Research Center & Dept. of Physics)

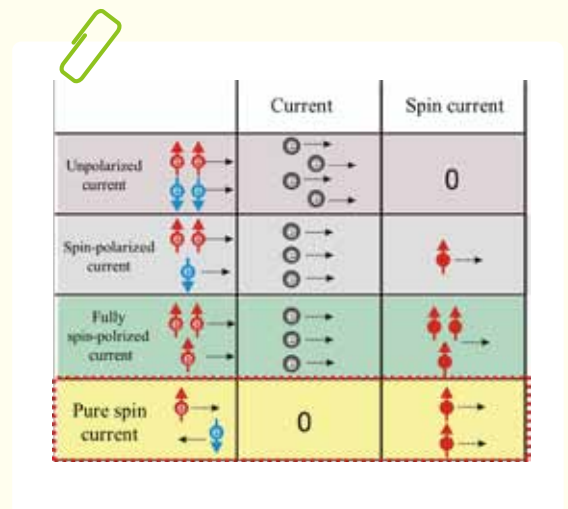
Purpose of this project

Spintronic devices are expected to be the alternative to CMOS technology because of the nonvolatile characteristic of electron spin in solid states with overcoming the scaling limit of the semiconductor devices. Therefore, competition to develop the spintronic device has increased in recent years.

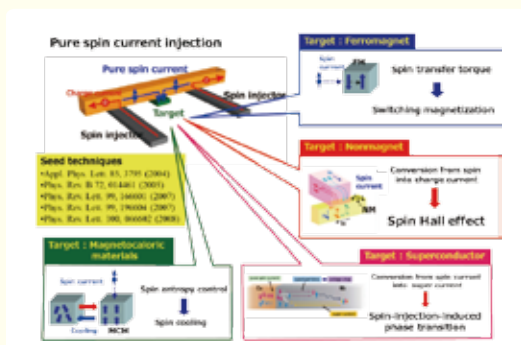
In this project, we develop innovative spintronic device based on the efficient manipulation technique of the charge-less spin current with the high-quality semiconductor/ferromagnetic metal interface and nanomagnetic recording technique and try to establish the research core in the field of spintronics.

Charge-less spin current

When an electric field is applied in a ferromagnet, the spin current, which is a flow of spin angular momentum, is generated in addition to the charge current. The spin current is usually superimposed on the charge current. However, the pure spin current, which does not include charge currents, can be generated by extracting only electric charges from the electron flow.



Possible application of charge-less spin current



The pure spin current injection into functional materials enables us to induce various magnetic effects efficiently and selectively. These phenomenon will open the new avenue of future nanoelectronic devices.