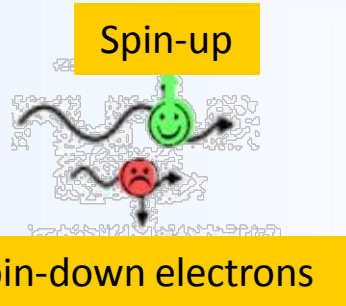
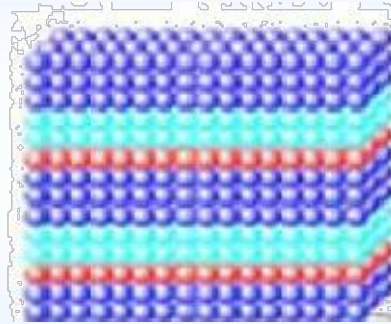


スピノエレクトロニクス

スピノ依存電気伝導 + ナノ磁性体



+

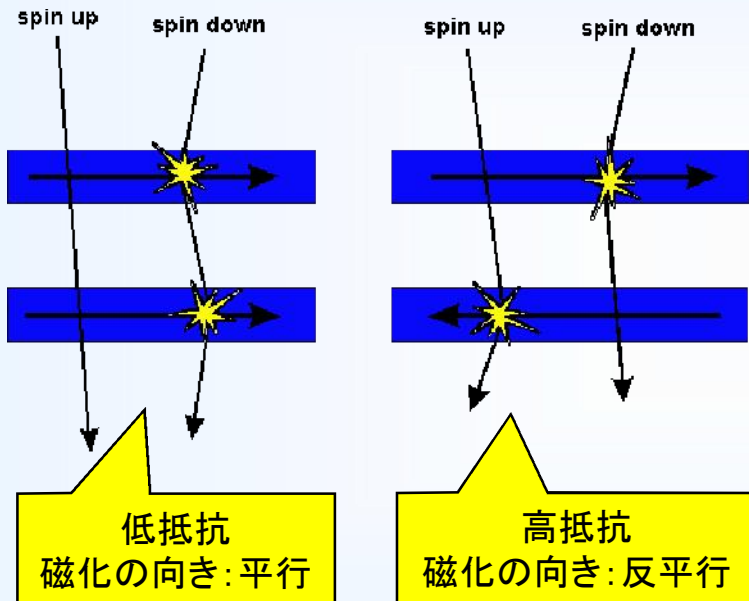


磁気多層膜

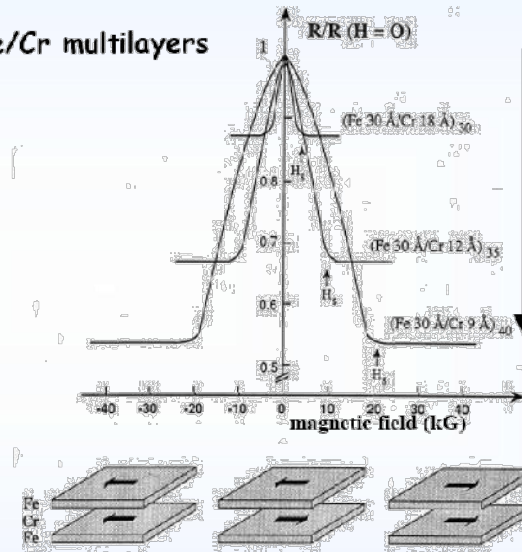


2007年ノーベル賞

Giant magneto-resistance (GMR)



Fe/Cr multilayers

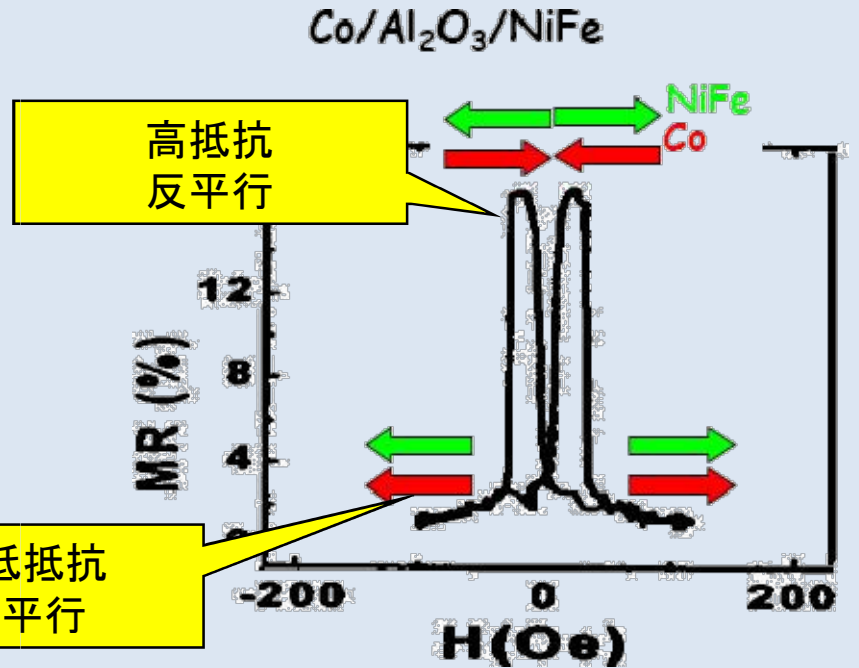
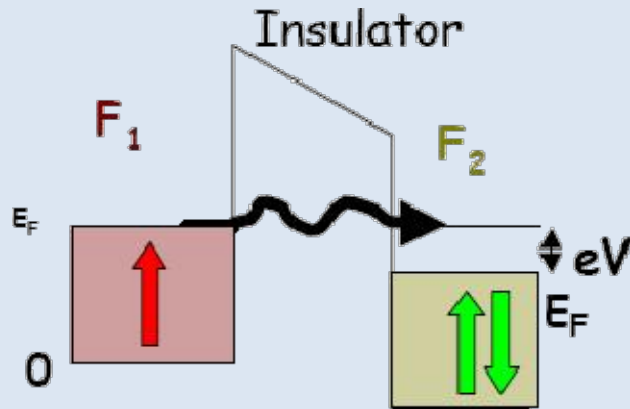


HDD ヘッドで
既に実用化

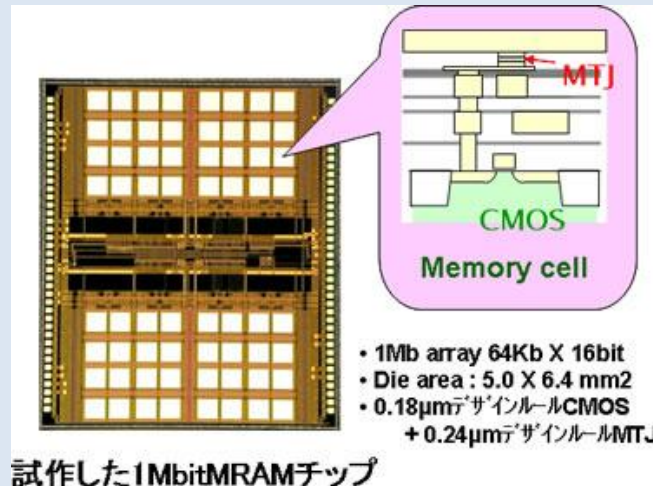
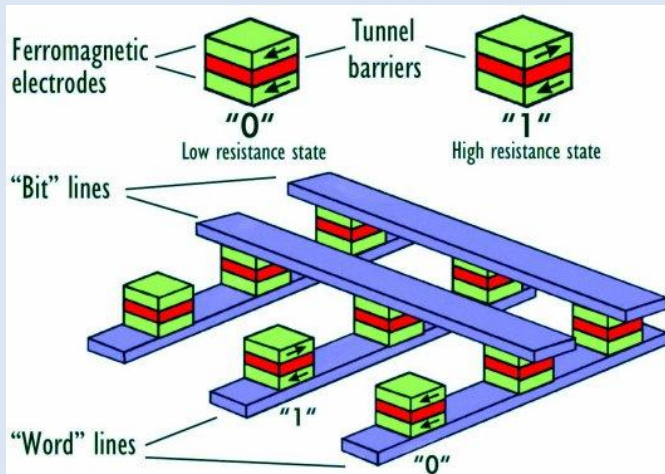


スピントロニクス

Tunnel magneto-resistance (TMR)



MRAM



試作した1MbitMRAMチップ

NEC

磁性体のダイナミクス

時間変化を観察する

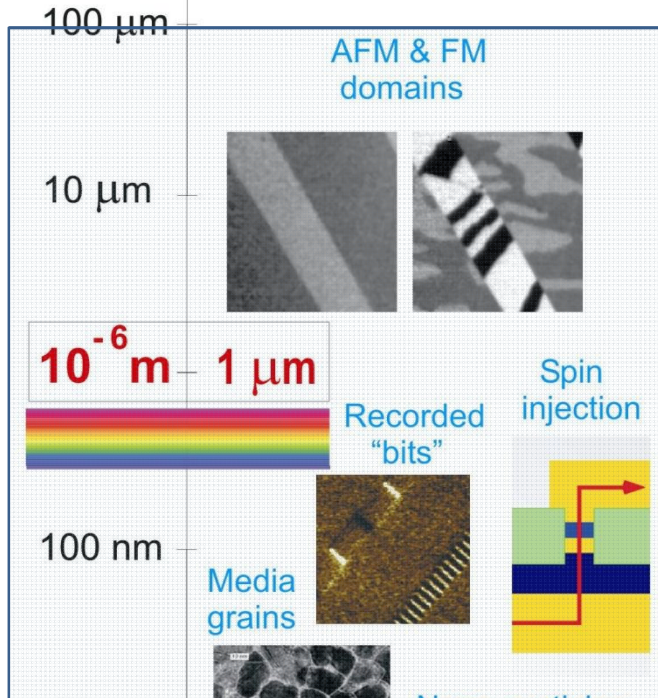
- 磁化反転 → $\sim 1 \text{ ns}$
- スピンの歳差運動 → $\sim 10 \text{ ps}$ (1 Tesla)
- 磁気異方性 → $\sim 100 \text{ fs}$ (スピン・軌道相互作用)
- 交換相互作用 → $\sim 1 \text{ fs}$

$\Delta t \text{ (fs)} = 4 / \Delta E \text{ (eV)}$: Heisenberg の不確定性原理

Space

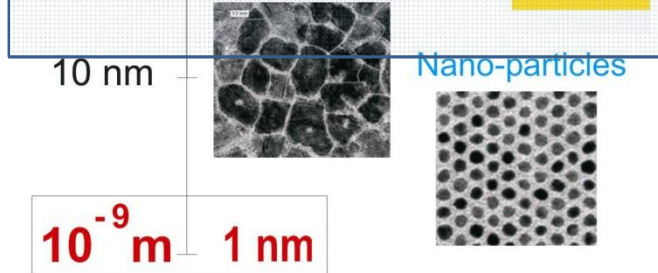
10^{-3} m — 1 mm

The Microworld



10^{-6} m — 1 μ m

The Nanoworld

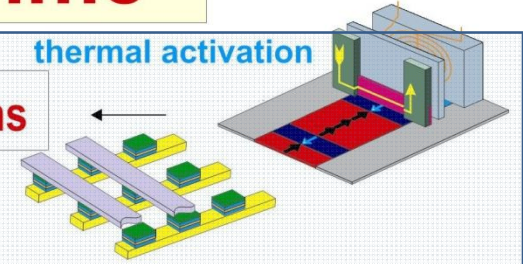


10^{-9} m — 1 nm

Time

10^{-9} s — 1 ns

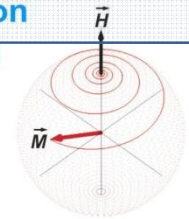
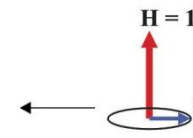
thermal activation



100 ps

spin precession and damping

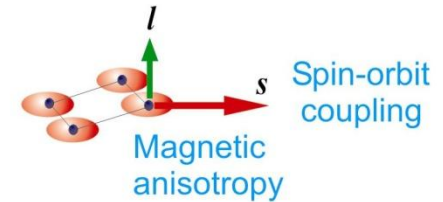
H = 1 Tesla



10 ps

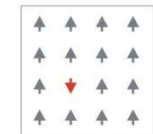
10^{-12} s — 1 ps

100 fs



10 fs

10^{-15} s — 1 fs



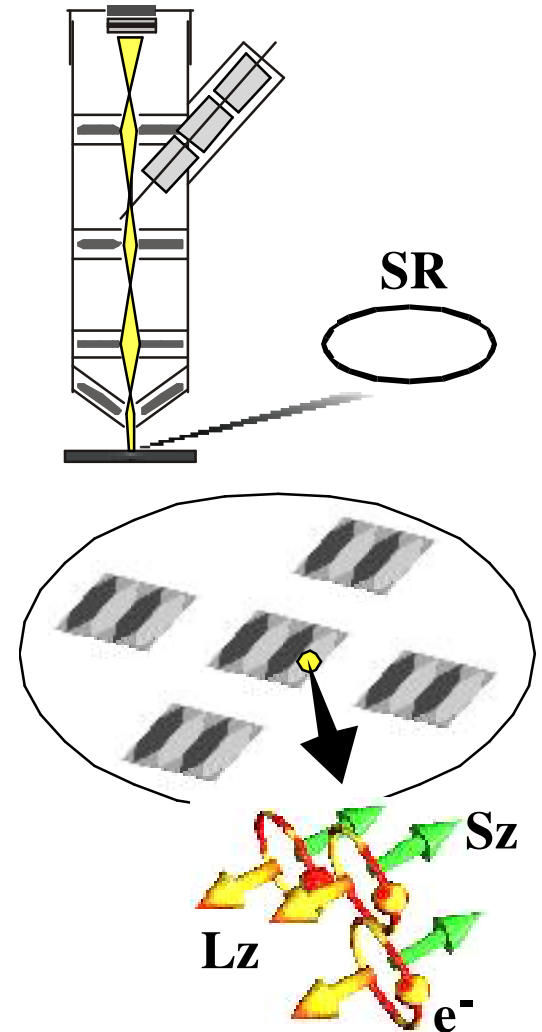
Exchange interaction

Note: Δt (fs) = 4 / ΔE (eV)

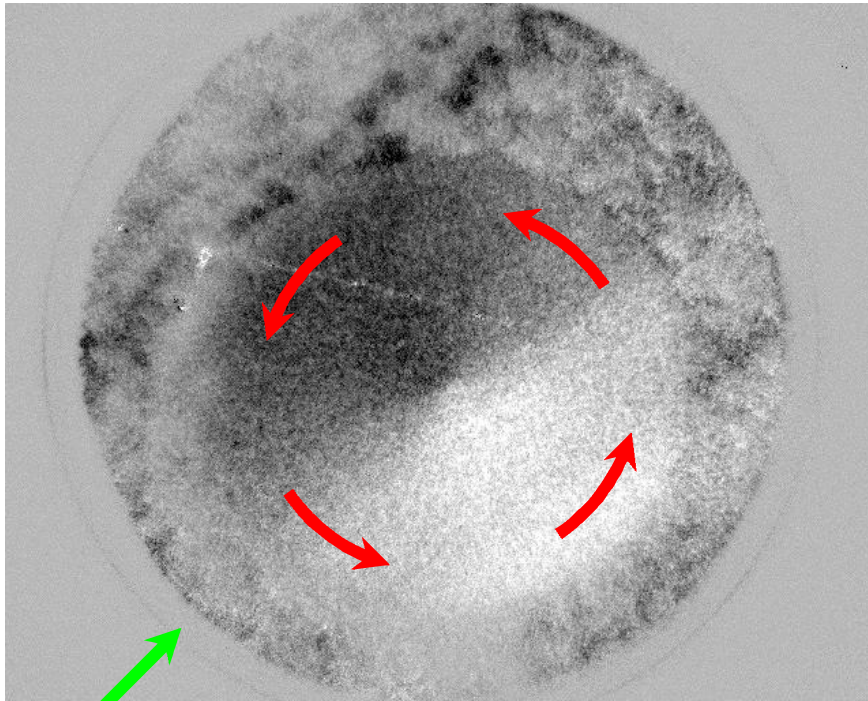


放射光光電子顕微鏡

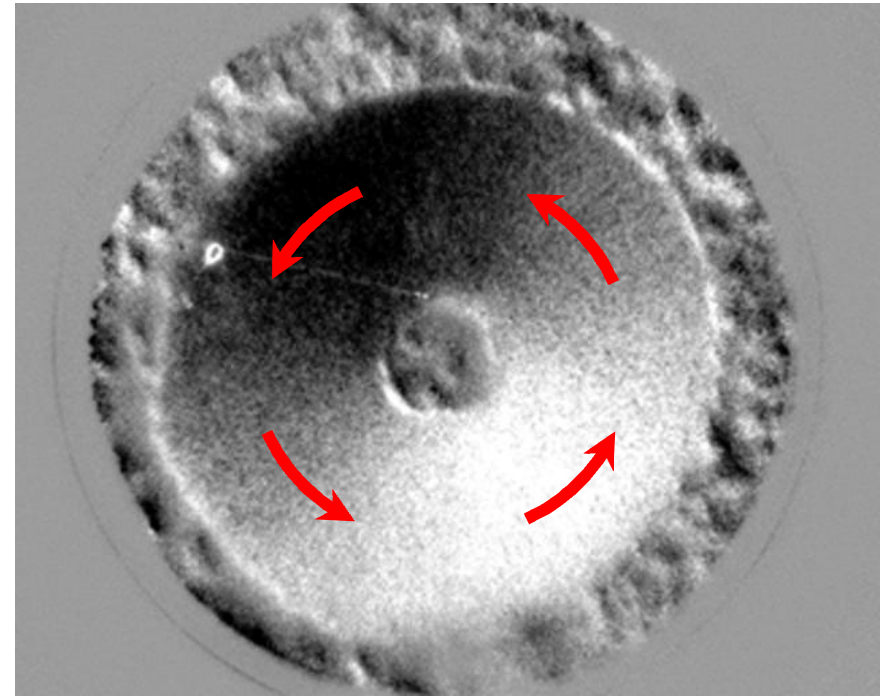
1. 元素選択磁気 (化学) イメージング
2. スピン・軌道磁気モーメントの定量的実空間マッピング
3. 直線偏光の利用による反強磁性体の磁区観察
4. 空間分解能 : $< 15 \text{ nm}$
5. サブナノ秒時間分解観察 (パルス磁場と放射光パルスとの同期)



パーマロイディスクとリングの磁区構造



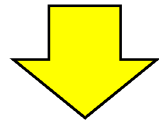
円偏光放射光



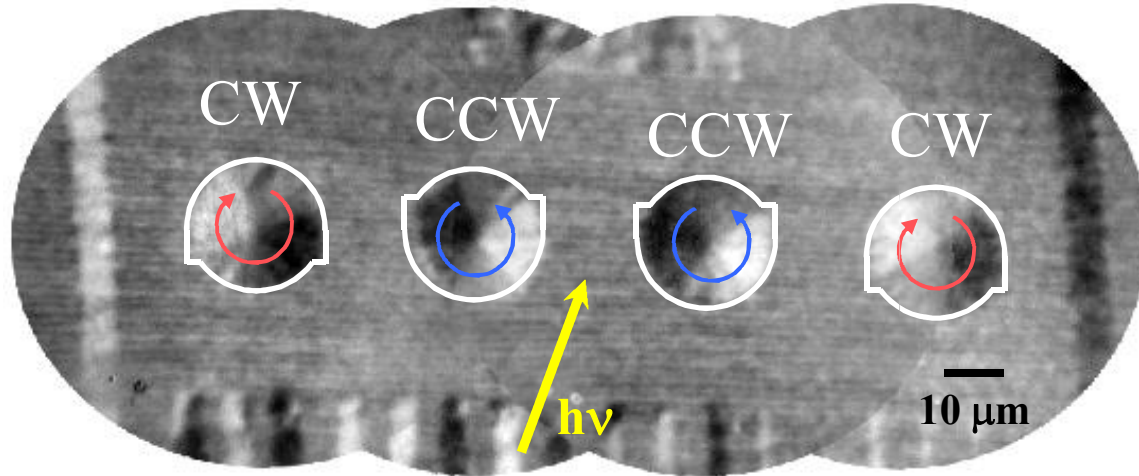
視野 : 6 μm

カイラリティーを直接観察することが出来る

PEEMによるカイラリティ制御の観察



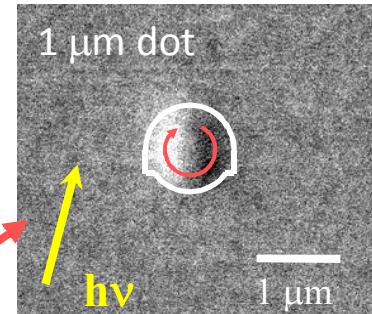
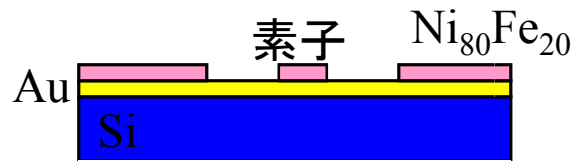
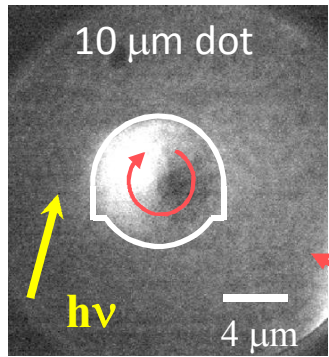
試料に外部磁場を印加後、PEEMで磁気イメージングを行った。



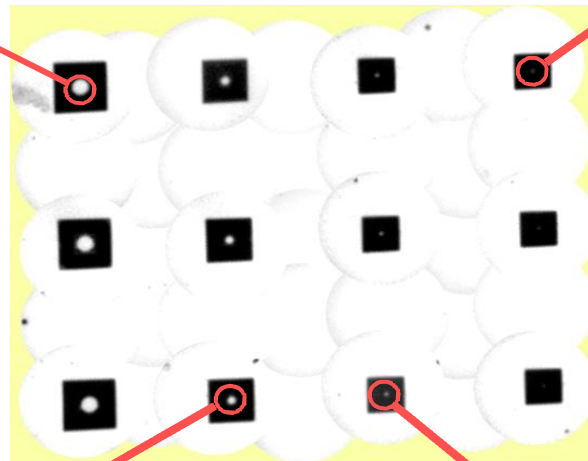
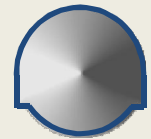
ドットの向きによってカイラリティが決定されている。

デバイスの実用化を考えると動作速度が重要
→ **ダイナミクス観察**

カイラリティ制御可能な素子サイズ

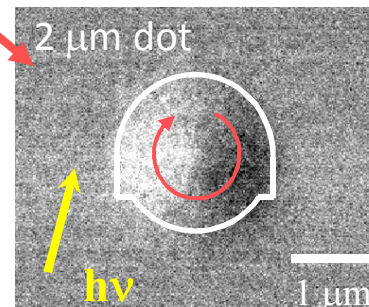
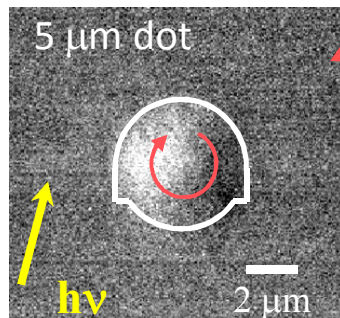


マイクロ磁気
シミュレーション



試料作製: 集束イオンビーム法
測定温度: 室温

直径1 ~ 10 μm の全ての素子で
カイラリティ制御が確認された。



超(?)高速現象の観察の歴史

1878年 スタンフォード大学

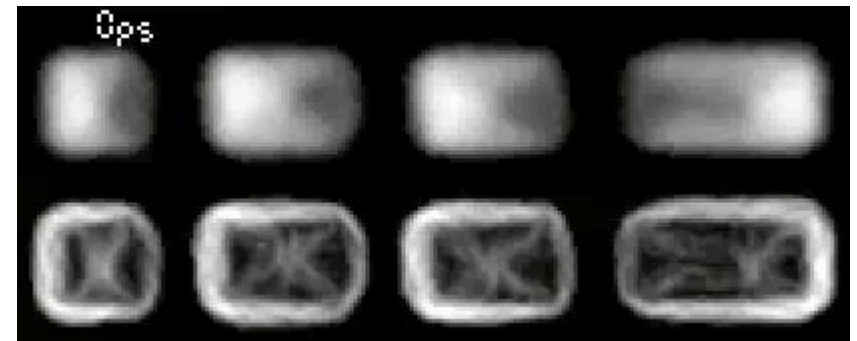
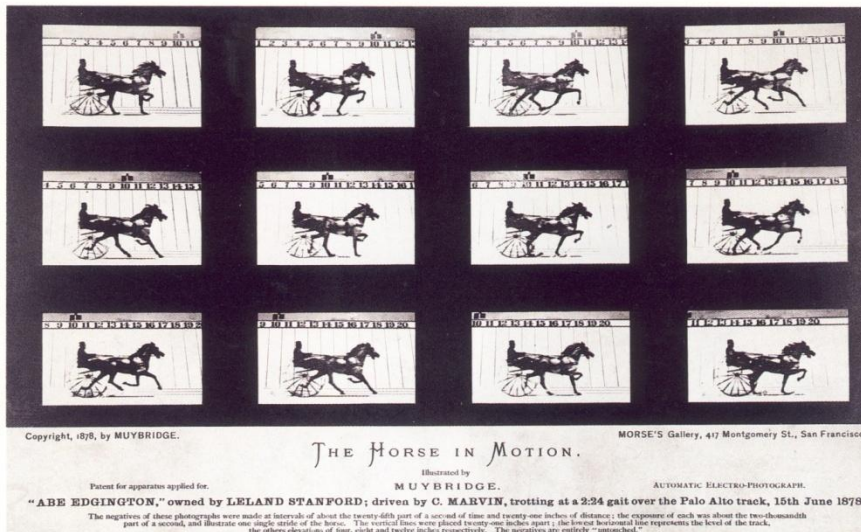
時間分解能: 40 msec

空間分解能: 10 mm ?

2004年 スタンフォード大学

時間分解能: 100 psec

空間分解能: 100 nm



Vortex Core-Driven Magnetization Dynamics

S.-B. Choe,^{1*} Y. Acremann,² A. Scholl,¹ A. Bauer,^{1,2,3} A. Doran,¹
J. Stöhr,² H. A. Padmore¹

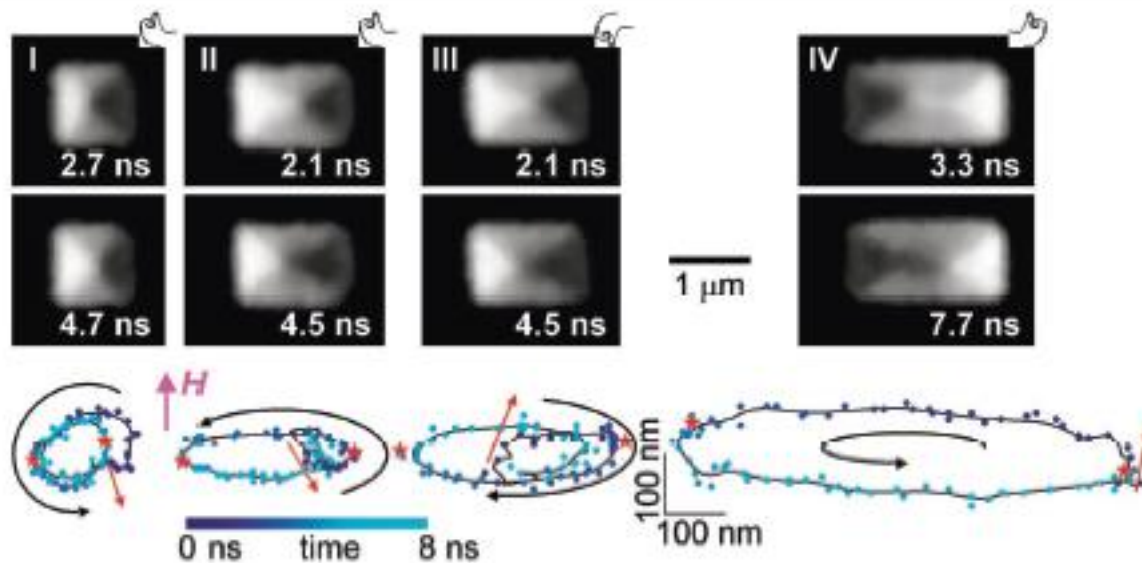
16 APRIL 2004 VOL 304 SCIENCE www.sciencemag.org

100年で、
時間分解能 2,500,000倍
空間分解能 100,000倍

時間分解PEEMによる vortex core のダイナミクス

Vortex Core-Driven Magnetization Dynamics

S.-B. Choe,^{1*} Y. Acremann,² A. Scholl,¹ A. Bauer,^{1,2,3} A. Doran,¹
J. Stöhr,² H. A. Padmore¹

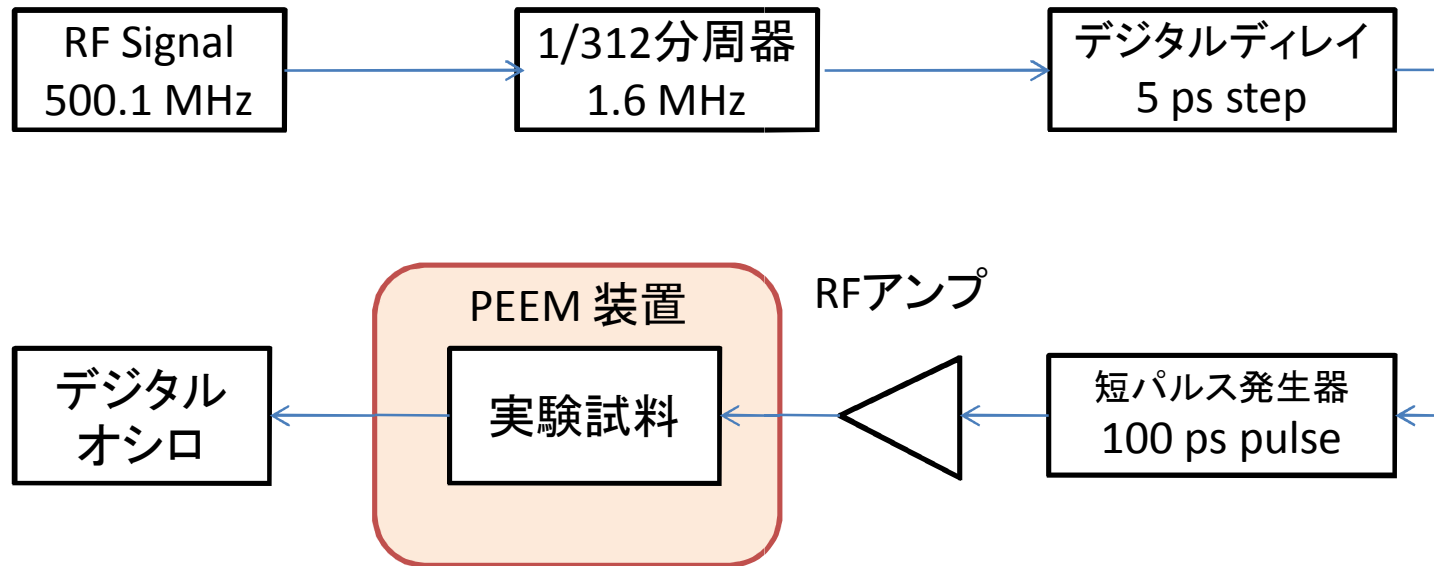


これまでの取り組み

- 時分割PEEM観察は国内外で盛んに行われている。
ALS, BESSY, SLS, SPring-8,...
全てレーザと放射光との同期によるポンプ・プローブ実験
電流パルスと放射光との同期
ALS XM-1, SPring-8 BL39XU
- 数年前から SPring-8 鈴木基寛氏と開発を進めている。
SPring-8 BL39XUで予備実験を行った。
超高真空不要
203 bunch – mode で実験
最初の2シーズンは失敗。
 - ・インピーダンス整合、
 - ・マイクロストリップラインを焼損現状：磁場 140 Oe, パルス幅 400 ps, ジッタ 50 ps

PFでの実験計画

- 短電流パルス (100 ps) と放射光パルス (PF Single Bunch) とを同期



- 実験試料はマイクロストリップライン上にナノ磁性体試料を作製
試料のインピーダンスは50 Ωに設計
- 時間分解能は電流パルスの立ち下がりで決まる (50 ~ 100 ps)
目標 : 時間分解能 100 ps、ジッター 50 ps