

総合研究大学院大学・物理科学研究科「夏の体験入学」
2006年8月7日(月)～10日(木)

超高真空中での磁性超薄膜の作成 と*in situ*磁化測定

分子科学研究所 分子構造研究系 分子動力学部門

教授	横山 利彦
助手	中川 剛志

垂直磁化膜を作り、磁化を測定する

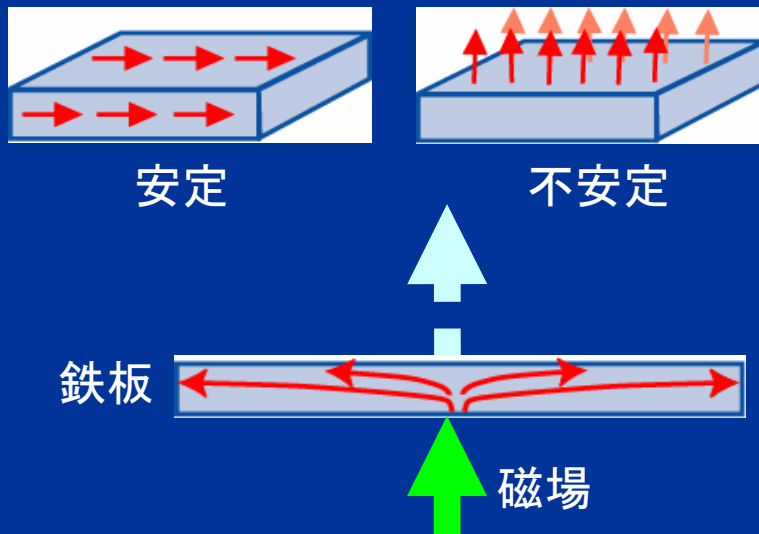


問 超伝導磁石の設置してある部屋では、部屋全体を鉄板で囲んで漏れ磁場を遮蔽する。鉄は強磁性体なのに、なぜ鉄板で囲むと磁場は漏れなくなる？

答 鉄板中の磁化はNとSがなるべく引き合うように板に平行に磁化されやすい。これを**形状異方性**という。鉄板に磁化が垂直に当たっても磁化は鉄板中で面に平行に曲げられるため、鉄板の逆側にはほとんど磁化は漏れなくなる。



磁石全体を鉄板で囲む！



体験入学の目的

薄膜表面に垂直な磁化は珍しいが存在する。最新のハードディスクでは高密度化のため垂直磁化膜が利用されるようになっている。

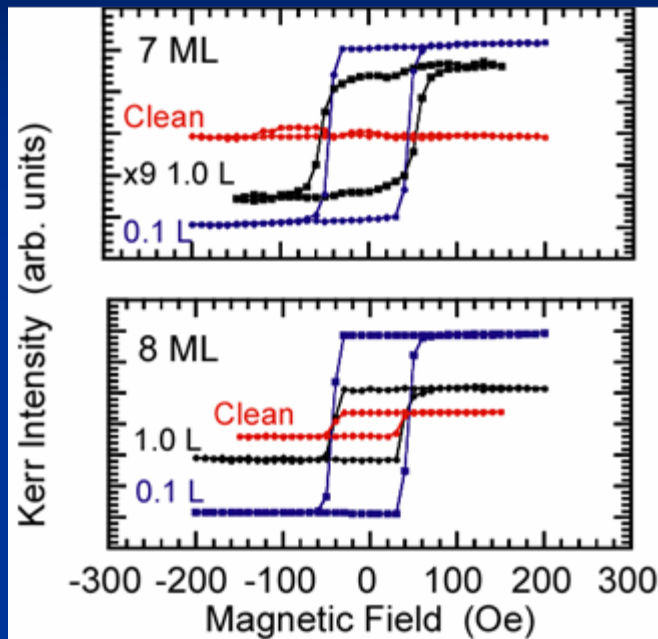
ここでは、**超高真空中**でMBE (分子線エピタキシー)法によりナノスケールの厚みの超薄膜を作成し、**磁気光学効果**を用いたin situ磁化測定手段で垂直磁化を実際に観測する。

磁性薄膜における吸着誘起スピン転移

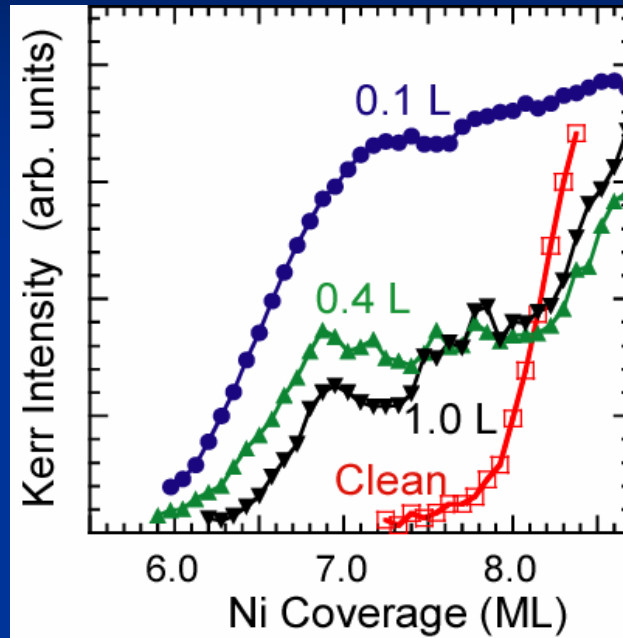


Ni/Cu(001)薄膜のNO吸着誘起スピン転移

表面垂直方向の磁化

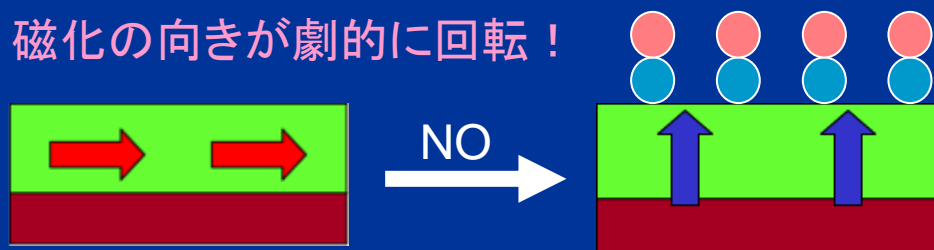


表面垂直方向の磁化



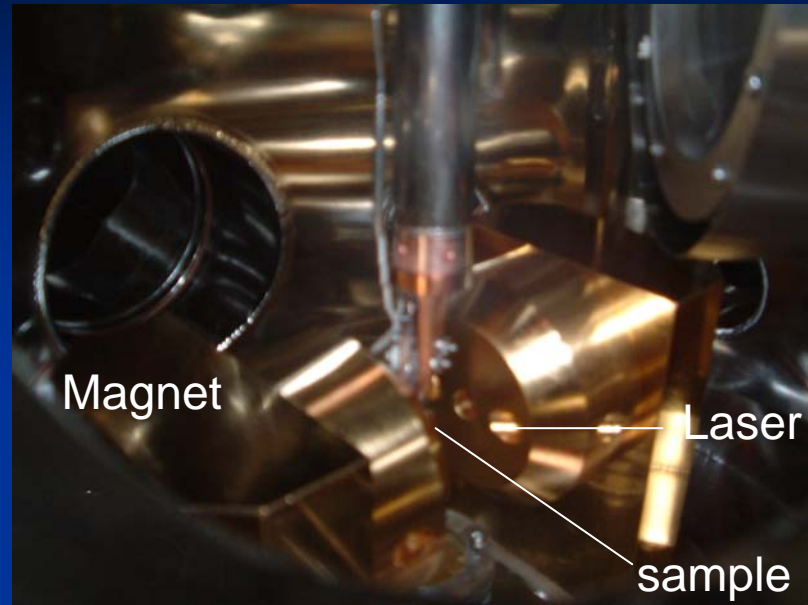
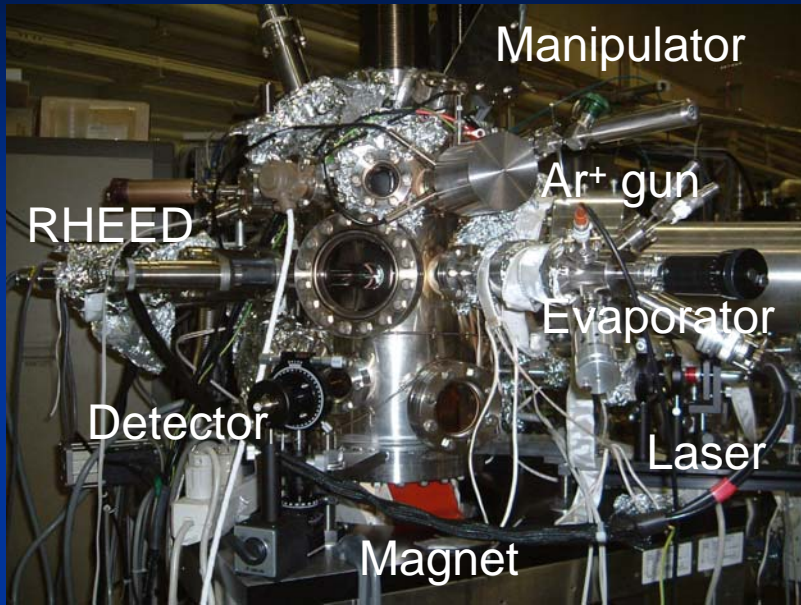
超高真空中で清浄化したCu(001)単結晶表面にMBE法によりNi超薄膜を作成すると、Ni 7 ML(原子層)では表面に平行な磁化を呈する(下図左)。ところがNOを吸着させると表面に垂直な磁化が現れ(下図右、左上図)、スピン転移が起きたことがわかる。

磁化の向きが劇的に回転！



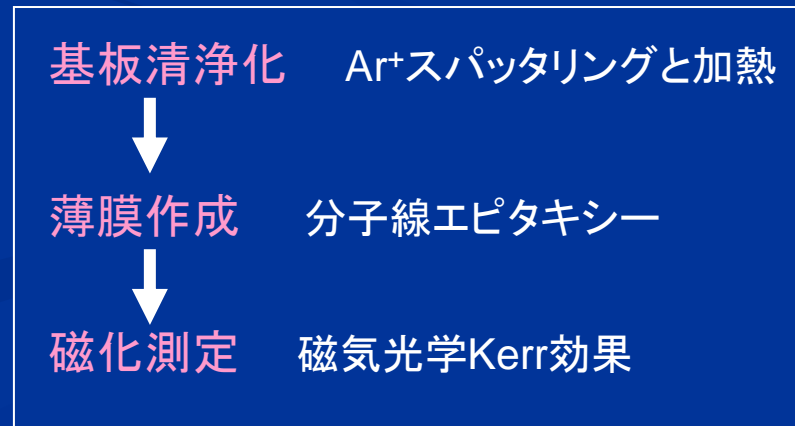
わずか0.5ML程度のNO吸着が、7~8MLものNi薄膜全体の磁化を大きく回転させ、巨視的な性質がこのように劇的に変化する現象は、磁性以外の物性ではなかなか観測されにくい。

超高真空中で実験する



表面は周囲の気体が吸着してすぐ汚染されてしまうので、基板の清浄化、薄膜の作成、磁化の測定など一連の実験はすべて超高真空(2×10^{-10} Torr以下)で行う必要がある。

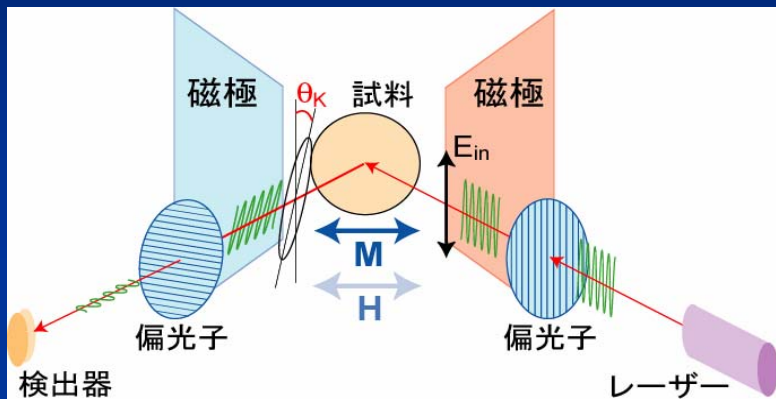
Manipulator	試料の移送
Ar ⁺ gun	Arイオン銃 試料清浄化用
Evaporator	薄膜蒸着装置
RHEED	反射高速電子回折 膜厚モニター
Laser	磁気光学効果測定用光源
Detector	反射レーザー光検出器
Magnet	超高真空仕様の磁石



磁性薄膜の磁気光学効果を測定する



縦Kerr効果のセットアップ (面内磁化用)

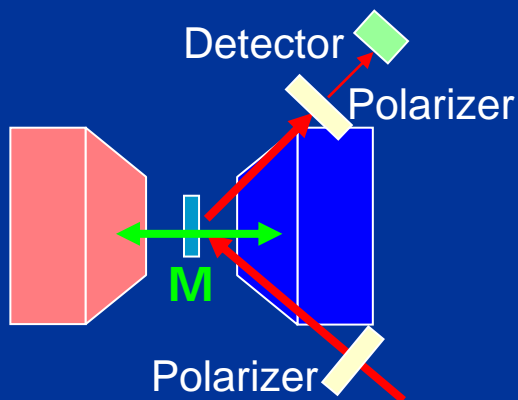


偏光子により直線偏光としたレーザー光を磁化のある試料に照射すると、その反射光は楕円偏光になる。これを磁気光学Kerr効果と呼ぶ。

反射光の偏光面の回転角 θ_K を磁場の関数として測定する。左図は縦Kerr効果配置と呼ばれ、磁化は表面平行である。垂直方向の磁化を測定するには、極Kerr効果配置(左下図)を用いる。

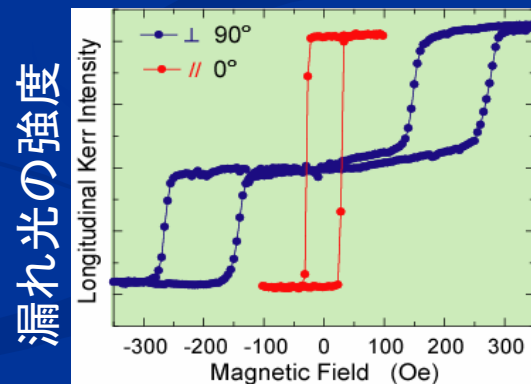
測定点毎に直接回転角を読むことは困難なので偏光子を固定し漏れ光の強度変化を観測する。漏れ光の強度差がKerr回転角 θ_K に比例する。

極Kerr効果 (面直磁化用)



- 1) 反射光側の偏光子角度を漏れ光の強度が最小に近くなるようにする。
- 2) 偏光子を固定、磁場を掃引して検出器の出力を観測すると磁化曲線が得られる。
- 3) 検出器の出力差を角度に換算する。このためには磁場を固定して偏光子を所定の角度回転し、その際の検出器の出力差を読み取る。図の試料では 0.01° 程度の小さい回転角。

Co(6ML)/Cu(1 1 41)



漏れ光の強度

磁場

Ni/Cu(001) NO誘起スピン転移機構



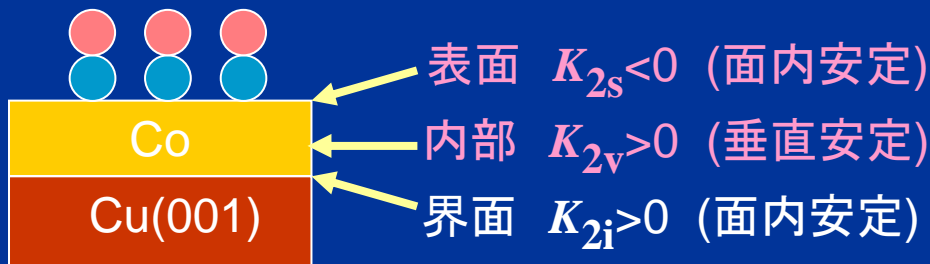
吸着誘起転移の巨視的起源

磁気異方性エネルギー(巨視的)

$$\Delta E = -2\pi M_S^2 + K_{2v} + (K_{2s} + K_{2i}) / d$$

形状 内部 表面 界面

垂直磁化発現の巨視的起源



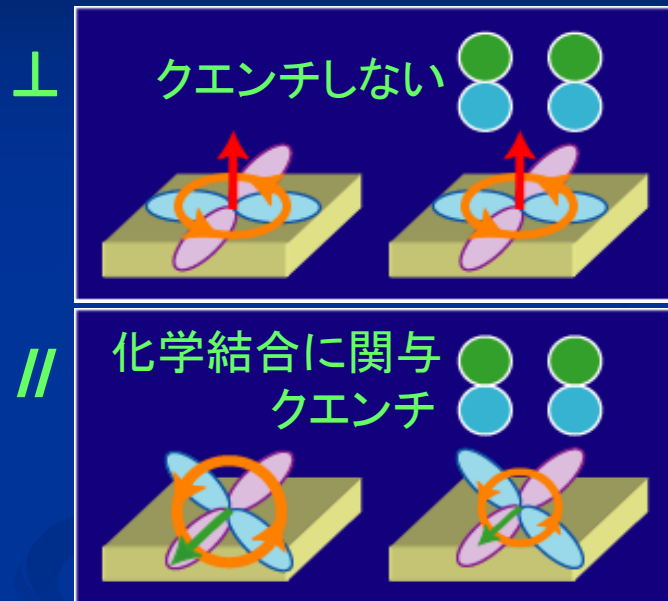
吸着誘起転移の巨視的起源

吸着により $|K_{2s}|$ が減少し、 ΔE が正になる

吸着誘起転移の微視的起源

表面面内軌道磁気モーメントの異方的減少
異方的スピン軌道相互作用

吸着誘起転移の微視的起源



表面

上方に原子なし

→ $m_{orb} //$ 大

= 面内磁化安定

吸着

上方に存在 (分子軸: 表面垂直)

→ $m_{orb} //$ 効果的にクエンチ

= 垂直磁化安定化