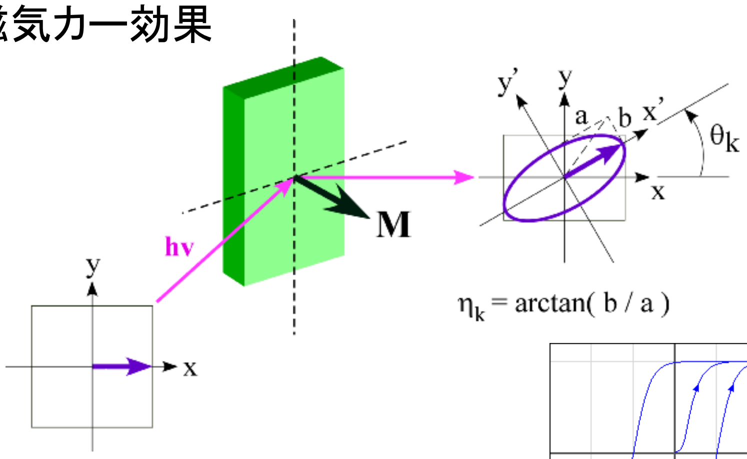
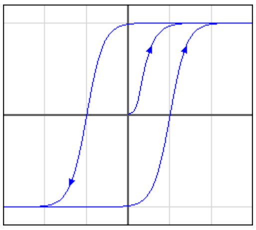
軟X線レーザーを用いた共鳴X線カー効果実験に向けて

松田巌
東京大学物性研究所

磁性研究

- 磁気カー効果





ヒステリシス曲線

Soft X-ray mokeの利点：Visible light-MOKE

通常、1度以下の回転角

物質名	カー回転角 (deg)	測定光エネルギー (eV)	測定温度 (K)	磁界 (T)	文献
Fe	0.87	0.75	室温		14)
Co	0.85	0.62	〃		〃
Ni	0.19	3.1	〃		〃
Gd	0.16	4.3	〃		15)
Fe3O4	0.32	1	〃		16)
MnBi	0.7	1.9	〃		17)
CoS2	1.1	0.8	4.2	0.4	18)
CrBr3	3.5	2.9	4.2		19)
EuO	6	2.1	12		20)
$USb_{0.8}Te_{0.2}$	9.0	0.8	10	4.0	21)
$CoCr_2S_4$	4.5	0.7	80		22)
a-GdCo *	0.3	1.9	298		23)
PtMnSb	2.1	1.75	298	1.7	24)
CeSb	90	0.46	1.5	5.0	25)

代表的な磁性体のカー回転角（佐藤勝昭講義ノートより）

Soft X-ray MOKEの利点

Kerr rotation: $\theta_K = -\mathrm{Im}\dfrac{n^R - n^L}{n^R n^L - 1}$,

Ellipticity: $\epsilon_K = -\mathrm{Re}\dfrac{n^R - n^L}{n^R n^L - 1}$,

Kramers-Kronig relation

数10度の回転角

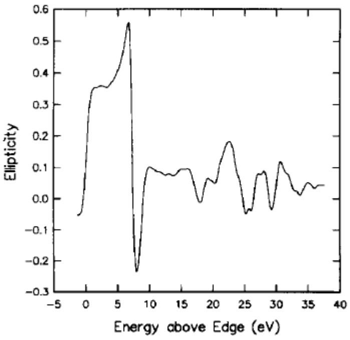


Fig. 3. Kerr ellipticity at the L_2 edge of Fe.

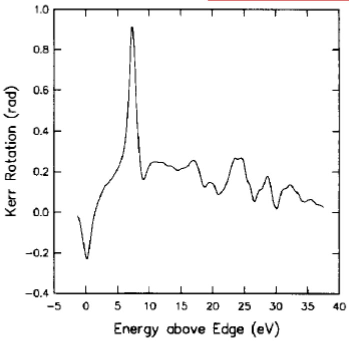


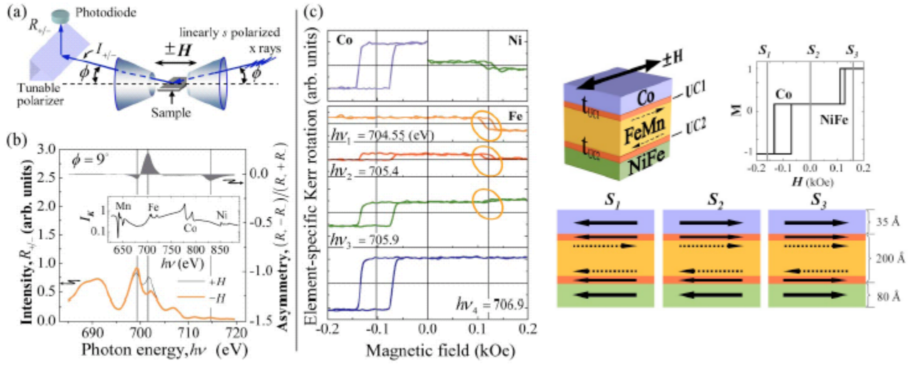
Fig. 4. Kerr rotation at the L_2 edge of Fe.

H.J.Gotsis and P. Strange, J. Mag. Mag. Mat. **140-14**4, (1995) 2171-2172

Soft X-ray MOKEの実際

Soft x-ray resonant Kerr rotation measurement and simulation of element-resolved and interface-sensitive magnetization reversals in a NiFe/FeMn/Co trilayer structure

S.-K. Kim *et al*., Appl. Phys. Lett. **86**, 102502 (2005).

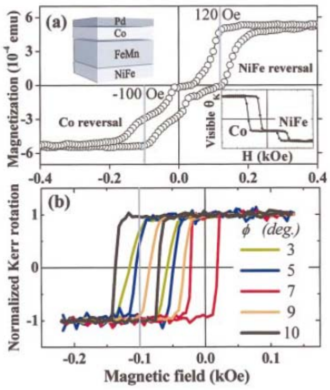


- 複雑な磁性体超構造を元素選択して、その磁化を測定
- 外部電磁場中でのin situ 測定

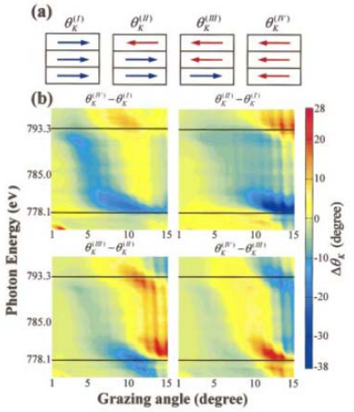
Soft X-ray MOKEの実際

Atomic-scale depth selectivity of soft x-ray resonant Kerr effect

Significant interference effects combined with penetration depth of resonant soft x rays, which are closely associated with their absorptive and refractive contributions, offer remarkably different depth sensitivities into the Kerr effects depending on grazing angle and resonance energy.



XMOKEカー回転角：
入射角に敏感
しかしhvには鈍感



K.-S. Lee, S.-K. Kim *et al*., Appl. Phys. Lett. **83**, 3764 (2003).

Soft X-ray MOKEの実際

- Photon-in & photon-out
- Linear polarization
- Large Kerr rotation angles at the absorption edge (soft X-ray, SX)
- Insensitive to hν-fluctuations
- Simple experimental set-up

XFELやHHGなどの超短パルス光源との相性が良さそう。

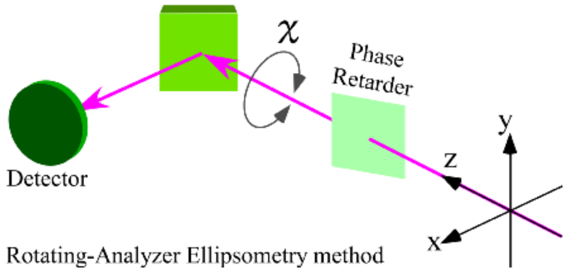
Possible researches

- Samples in external fields
- Nanostructures on surfaces
- the non-linear effect with high intensity SX (XFEL-NOMOKE)
- Femtomagnetism when combined with ultrashort SX pulse

本研究目的

- 遷移金属元素のM殻吸収端において巨大カー効果（>1度）は観測されるか？
- 共鳴カー効果の時間分解測定は可能か？

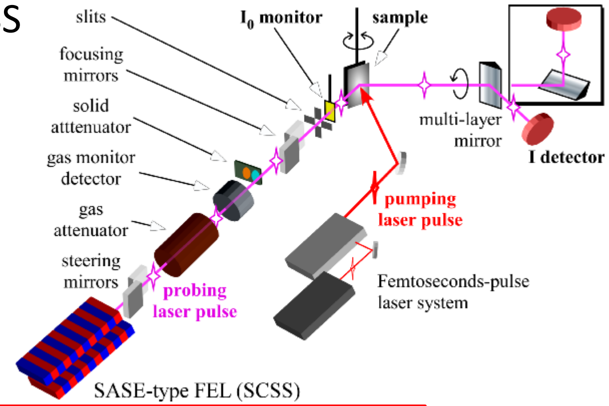
偏光度測定



Rotating-Analyzer Ellipsometry method

光源と実験

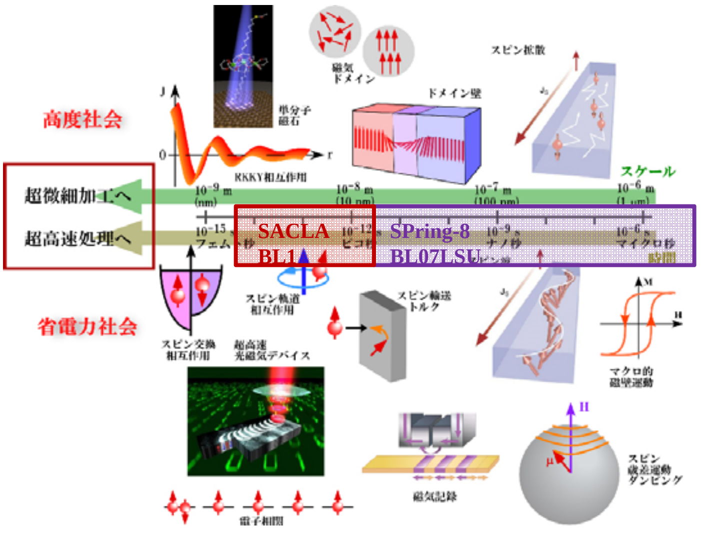
- Photon Factory BL-18A
- SASE-FEL SCSS



実験データは当日講演にて紹介

今後の展望

SPring-8 BL07LSUとSACLA BL-1の関係



謝辞

- 山本真吾 （東大・院生）

- 藤澤正美 （東大・技術助教）
- 山本達 （東大・助教）
- 中村哲也（東大客員、JASRI）

- 保原麗　 （東大・技術補佐員）
- 矢治光一朗 （東大・助教）
- 原沢あゆみ （東大・技術職員）
- 藤川和志 （東大・院生）
- 湯川龍　 （東大・院生）
- 大浦正樹（理研）
- 富樫格（XFEL/JASRI）
- 永園 充