

広帯域多層膜回折格子によるテンダーX線平面結像型分光器

Tender-X-ray flat-field spectrograph with wideband multilayer grating

量研¹ ○今園孝志¹

QST¹, °Takashi Imazono¹

E-mail: imazono.takashi@qst.go.jp

近年、テンダーX線領域（概ね 1~5 keV）の分光計測による物質・材料研究、例えば、Li-S 電池の放電時における S-K 吸収端でのオペランド非弾性 X 線散乱 (RIXS) [1]等が注目されている。上記で使用されたのは Johansson 型湾曲結晶分光器で、高分解能 ($E/\Delta E \sim 7000$) であるが同時計測できるエネルギー範囲は狭い (Si(111)で約 30 eV)。一方、回折格子分光器の場合、分解能で劣るものの数百~千 eV 程度のエネルギー範囲の発光線の同時計測により多角的に分析可能で、多元素のオペランド計測に有効であると期待される。

市販の平面結像型回折格子の場合、表面の反射膜 (Au 等) が利用できる高エネルギー側の上限を決めている[2]。より高エネルギー側のテンダーX線領域で利用するには多層膜が効果的だが、入射角を一定にして利用する平面結像型分光器の場合、多層膜の波長選択性による反射幅の制限のために検出範囲は狭くなる。この問題を解決するために、本研究では Au-M_{4,5} 吸収端を跨ぐ 1~3.5 keV のテンダーX線領域を高効率かつ広帯域にカバーする非周期 Ni/C 多層膜を考案し、それを平面結像型回折格子（有効格子定数 2400 本/mm、溝深さ 2.8 nm）に積層し、放射光 (SR) 実験によって回折効率の高効率化・広帯域化を確かめた[3]。

今回、分光特性評価の予備実験として電子線励起で得られたテンダーX線領域の特性X線計測について報告する。右図は、Ag, Pt, SUS304, ITO から得られた特性X線 ($L\alpha_{1,2}$ ($L_3-M_{4,5}$), $M\alpha_{1,2}$ ($M_5-N_{6,7}$)) の FWHM で、0.523 keV (Cr- $L\alpha_{1,2}$) から 3.287 keV (In- $L\alpha_1$) までの幅広い範囲を同時計測可能であることが確認された。また、FWHM から見積もられた分解能 ($E/\Delta E$) は概ね 100~200 であり、上記結晶分光器に比して 1/50 程度と低いが、市販のエネルギー分散型検出器[4]より十分高い分解能（数倍程度）であり、より高い空間分解幅の 2 次元検出器（今回は 20 μm 幅）を用いることで分解能は更に向上する。

回折格子は島津製作所により提供された。本研究の一部は JSPS 科研費（25790060、15K04685）の助成を受けた。SR 実験は KEK-PF の共同利用課題（2014G531）の下実施された。

[1] M. Kavcic et al., J. Phys. Chem. C 120, 24568 (2016).

[2] <http://www.shimadzu.co.jp/products/opt/products/grating/rr01.html>

[3] T. Imazono, AIP CP, 1741, 040044 (2016).

[4] 例えば、<https://www.bruker.com/>

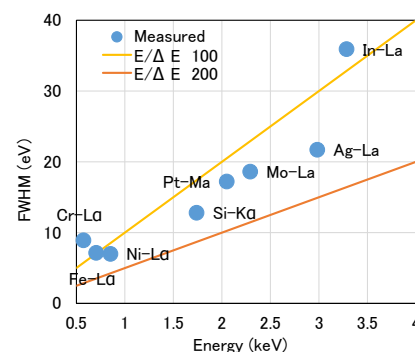


Fig. 1. Plot of the FWHM of the measured characteristic X-rays from Ag, Pt, SUS304, and ITO excited by electron beams versus the emission energy in the tender-X-ray range. Resolving power, $E/\Delta E$, is represented by solid lines.