

## TASSAレポート # 1(03-1-95)

## 不純X線系

## 1. 目的

本レポートではX線光電子分光法(XPS)における励起X線に含まれる不純X線(ゴーストX線)の発生機構とその原因について解説する。

## 2. 意義

2.1 光電子スペクトルに観測されるゴーストピークの原因になっている不純X線の発生機構とその原因に関する知見を与える。

2.2 この記述の適用によりなにか問題が生じてもそれはすべて適用者の責任に帰するものである。

## 3. 用語

不純X線とは励起X線の主線 $K\alpha_{1,2}$ の他に放射されるサテライト線、およびアノード材などに含まれる不純物が励起されることにより放射される特性X線を言う。

## 4. 参考文献

- 1) J.A. Bearden, Rev. Mod. Phys., 39, 78 (1967)
- 2) Y. Cauchois and C. Senemaud, "Wavelengths of X-Ray Emission Lines and Absorption Edges" International Tables of Selected Constants, (1978)
- 3) "X-Ray Emission and Absorption Wavelengths and Two-Theta Tables" second Edition, Prepared by E.W. White and G.G. Johnson, Jr., ASTM Data Series DS 37A (1970)

## 5. 適用範囲

XPSにおけるAlおよびMgターゲット非単色化励起X線源に適用可。

## 6. 内容

6.1  $K\beta$ 線: Al- $K\beta$  ( $h\nu=1557.4\text{eV}^{1)}$ , Mg- $K\beta$  ( $h\nu=1302.2\text{eV}^{1)}$ )

$K\alpha$ 線と同様K励起状態の緩和による放射である。その違いを以下に示す。

$K\alpha$ 線の遷移:  $K^{-1}(1s) \rightarrow L_{2,3}^{-1}(2p_{1/2}, 2p_{3/2})$

$K\beta$ 線の遷移:  $K^{-1}(1s) \rightarrow M_{2,3}^{-1}(3p_{1/2}, 3p_{3/2})$

右肩の-1は内殻空孔を示す。

6.2 特性X線のサテライト:  $K\alpha_{3,4}$ ,  $K\alpha_{5,6}$

X線管球のアノード材の多重励起状態の緩和による励起で、これが特性X線のサテライトの原因となる。多重励起の確率はAlで10%程度となる。表1にK系列X線スペクトルのエネルギー位置、

相対強度を示す<sup>2,3)</sup>。各サテライトのエネルギーは文献2)、強度比は文献3)値をそれぞれ用いた。強度比はX線スペクトルの値であるため実際の光電子強度との対応は注意が必要である。この場合にはそれぞれの光電断面積を考慮しなければならない。

6.3 不純物の特性X線: 0-K $\alpha$  ( $h\nu=524.9\text{eV}^{1)}$ )

Al, Mg金属の表面は非常に活性であるために酸化皮膜で覆われている。この酸化膜の酸素が励起されることにより発生する。注意深くかつ十分なエージングを行うことにより発生量を減少させることができる。保守などで長時間大気中に曝した後は注意が必要である。

また、Alウインドウの酸化膜もX線の透過時に励起されるが、電子励起に比べて蛍光励起の効率が2桁程度低いいためこの場合0-K $\alpha$ の収率は小さい。

6.4 X線管球の構造によるもの: Al-K $\alpha$ 中のMg-K $\alpha$ , Mg-K $\alpha$ 中のAl-K $\alpha$

デュアルターゲット型X線管球の内部構造にずれが生じたことにより、フィラメントからの電子ビームの一部が隣のアノード材(Al使用時はMg)を励起する、いわゆる、電子ビームの軌道が交錯することにより発生する。X線管球に極度な衝撃(機械的負荷による歪み)を与えたり、急激な高負荷作動(熱負荷による歪み)を行うことにより発生する可能性が高くなる。また、ターゲット、フィラメント交換時に軸ずれを起こすことがある。

6.5 ターゲットの寿命によるもの: Cu-L $\alpha_{1,2}$  ( $h\nu=929.7\text{eV}^{1)}$ )

多くの場合アノード材はCu基板に蒸着されており、その厚さは数十 $\mu\text{m}$ である。長時間使用することで徐々にではあるがその厚さは昇華により薄くなっていく。ついには発生した励起X線の後方成分、電子ビームがCuを励起することになりCu-L $\alpha$ が発生する。冷却水の水量不足などによりターゲットの冷却が十分でない場合や長期間使用した管球で発生しやすくなる。

また、Mgは融点こそAlに近いがAlに比べて蒸気圧が高く熱伝導率も低いいため冷却不足などによる過熱には特に注意を払う必要がある。

6.6 フィラメントの寿命によるもの: W-M $\xi_1$  ( $h\nu=1383.5\text{eV}^{1}$ ), W-M $\xi_2$  ( $h\nu=1378.7\text{eV}^{1}$ )

通常X線管のフィラメントにはWが使用されている。動作時のフィラメントの温度は最高3000℃付近まで達しWが徐々に昇華する。長時間使用するとWペーパーがAlウインドウの内側に蓄積され、これが蛍光励起されることによりW-M $\xi_1$ , W-M $\xi_2$ が発生する。

管電流が同じでも管電圧が低いほどフィラメントの温度は高いため、過度に低電圧-高電流で使用するとフィラメントの寿命を縮める原因となる。

表1. K系列特性X線<sup>2,3)</sup>

Line	Hg		Al	
	I <sub>0</sub> (eV)	相対強度	I <sub>0</sub> (eV)	相対強度
K $\alpha_{1,2}$	1253.6	100.0	1486.6	100.0
K $\alpha'$	1258.3 <sup>2)</sup>	2.0 <sup>3)</sup>	1493.13 <sup>2)</sup>	2.0 <sup>3)</sup>
K $\alpha_3$	1261.96 <sup>2)</sup>	8.0 <sup>3)</sup>	1496.35 <sup>2)</sup>	8.0 <sup>3)</sup>
K $\alpha_4$	1263.57 <sup>2)</sup>	8.0 <sup>3)</sup>	1498.48 <sup>2)</sup>	4.0 <sup>3)</sup>
K $\alpha_5$	1271.04 <sup>2)</sup>	0.9 <sup>3)</sup>	1506.82 <sup>2)</sup>	0.5 <sup>3)</sup>
K $\alpha_6$	1273.93 <sup>2)</sup>	0.8 <sup>3)</sup>	1510.49 <sup>2)</sup>	0.4 <sup>3)</sup>
K $\beta$	1302.2 <sup>2)</sup>	0.7 <sup>3)</sup>	1557.4 <sup>2)</sup>	0.7 <sup>3)</sup>

提案者 (二澤宏司)