

リチウム K 発光高感度分光計測のための軟 X 線高効率回折格子の設計 Design of soft X-ray high efficiency diffraction gratings for the high sensitivity detection of K emission of lithium

原子力機構量子ビーム¹、島津製作所デバイス部²、東北大多元研³、日本電子⁴

○小池雅人¹、今園孝志¹、小枝勝²、長野哲也²、笹井浩行²、大上裕紀²、米澤善央²、

倉本智史²、寺内正己³、高橋秀之⁴、飯田信雄⁴、村野孝訓⁴

E-mail: koike.masato@jaea.go.jp

リチウムイオン二次電池は、モバイル機器を始め、車輛、航空機にも搭載され、今後その需要は急速に拡大することが確実視されている。これらの広範な需要拡大に対応するため、さらなる長寿命化や大容量化に関する研究開発競争は国内外において熾烈を極めている。

リチウムイオンが充・放電に伴い正・負極材に出入りした際の化学結合状態を明らかにすることができれば、電池性能に関わる電極材料の機能を詳細に分析することができ、新材料の開発等に有用である。リチウムイオンの化学結合状態に関する情報は、K 殻電子が励起された際、価電子帯電子の緩和過程で放出される Li-K 発光 (54.3 eV) 近傍を分光計測することで得ることができる。

著者らは、これまでの研究において電子顕微鏡に搭載可能な軟 X 線平面結像回折格子分光器を開発した。これは、局所領域から発せられる 50~4000 eV 領域の幅広い軟 X 線発光スペクトル (例えば、Li-K、Te-L 等) を高効率・高分解で検出可能である [1, 2]。この装置を用いれば、リチウムの高感度計測 (検出限界: 40 ppm 程度) が可能であるが、充放電時における動的な電極材料の化学結合状態をより定量的に議論するには更なる高感度化が必要とされている。

本研究では、電子顕微鏡に搭載した平面結像回折格子分光器で高感度 Li-K スペクトル計測を実現するために、標準的な表面物質である Au 膜の上に高密度ダイヤモンドライクカーボン (DLC) 膜 (密度: 3.1g/cm³) を付加し、回折効率の向上を目指した Au/DLC 多層膜回折格子の設計を行った。

ラミナー型回折格子 (刻線密度: 1200 本/mm、デューティ比: 0.3、溝深さ: 25 nm、基板: SiO₂) の表面物質が Au 及び Au/DLC である場合を考える。図は、入射角が 80° の時の回折効率 (1次光) の波長依存性である。Au/DLC 多層膜回折格子の回折効率は、Au 回折格子に比較して Li-K 線付近で約 1.4 倍になるだけでなく、20~190eV に渡る幅広い領域で高い回折効率を示すことが分かった。

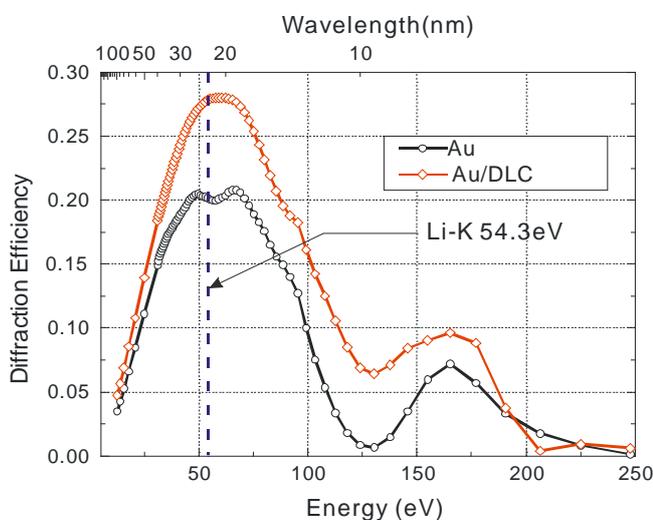


Figure Calculated diffraction efficiencies of laminar-type gratings coated with Au and Au/DLC at an angle of incidence of 80° .

1. T. Imazono et al., Proc. SPIE 8848, 884812 (14 pages) (2013).
2. M. Terauchi et al., Microscopy 62, 391-395 (2013).