214. 高純度ゲルマニウム半導体検出器を用いた X 線スペクトル測定 その2 プレーナ型およびクローズドエンド同軸型検出器の比較

Measurement of X-ray spectrum by high-pure germanium detector.
Comparison of planar and closed-end coaxial type detectors.

名古屋大学医療技術短期大学部 ○津坂 昌利, 小山 修司, 前越 久
Masatoshi Tsuzaka Syuji Koyama Hisashi Maekoshi
エスエス技研(株) 加藤 秀起
Hideki Kato

高純度ゲルマニウム(HP-Ge)半導体検出器によって測定した診断用 X 線のエネルギースペクトルは、波高スペクトルに種々の補正を加えて求められている。今回 2 種類の HP-Ge スペクトロメータを比較検討した。使用した検出器の仕様を Table 1 に示す。

【クローズドエンド同軸型検出器の感度均一性】

^{241}Am γ 線を細いビームにして検出器の端面に垂直に入射した。ビームの入射位置を検出器中心から X 軸、Y 軸方向にずらし検出器の端面内感度均一性を求めた。Fig. 1 は X 軸、Y 軸に沿った相対計数分布を示す。90% 以上の感度を有する有効直径は 53mm になった。Ge 結晶の直径は付属データシートに 54.9mm と記され、これは直径の 97% に相当する。感度はこの範囲内で $\pm 3.5\%$ 以内の精度で一定であった。クローズドエンド同軸型の結晶構造から、中心部の不感帯付近では感度が低下する可能性が示唆されたが、診断用 X 線のような低エネルギー領域の X 線で使用する場合には、感度低下が無く問題ないことがわかった。

【エネルギー分解能の比較】 ^{241}Am γ 線標準線源を用いて両検出器の分解能を比較した(Table 2)。エネルギー分解能はプレーナ型の方が優れていた。

【X 線のスペクトルの比較】 同一 X 線照射条件で診断用 X 線スペクトルを測定し比較した。ジオメトリを Fig. 2 に示す。2 種類の検出器を置換して測定した。Fig. 3 は管電圧 50kV における測定結果である。(1) は測定生データ、(2) は補正後の結果を示す。クローズドエンド型は結晶形状を推定して補正計算を行った。管電圧 50kV では大きな相違はみられなかった。測定データには 30keV 付近で吸収端がみられるが、この X 線管に特有のものであり、X 線管内物質の吸収端が現れている。30~31keV に吸収端を持つ Sb または Te が推測される。Fig. 4 は管電圧 120kV の結果である。補正結果では高エネルギー側はほぼ一致しているが、クローズドエンド型が低エネルギー側で若干低くなっている。この補正計算については今後さらに検討したい。X 線管陽極の W K 特性 X 線に注目すると、プレーナ型に比べ、クローズドエンド型では分解能が劣るため、K 特性 X 線 ($K\alpha_1$, $K\alpha_2$ および $K\beta_1$, $K\beta_2$) が明確に分離できなかった。

【まとめ】 診断用 X 線のような低エネルギー領域の一次 X 線スペクトル測定では、細い X 線ビームを検出面中央に垂直に入射して測定する。このため Ge 結晶は直径 10mm、厚さ 7mm 程度あれば問題はない。今回検討したクローズドエンド型は、大結晶を有し、分解能はやや劣るものの、診断用 X 線、漏洩 X 線、室内散乱線等のスペクトル測定用としても使用できる可能性がある。しかし、測定した波高スペクトルは必ず補正して X 線エネルギースペクトルを求める必要がある。

Table 1 Specification of planar and coaxial types of HP-Ge detectors.

detector type and geometry	detector model	semiconductor material	crystal diameter	crystal length	absorption layers	useful energy range
planar	GLP-10195 /NYC PG-8Z	HP-Ge	10.0 mm	7.0 mm	Be 0.01 mm	3keV~800keV
closed-end coaxial	GM-25190-P	n-type HP-Ge	54.9 mm	56.8 mm	Be 0.5 mm	3keV~10keV

Table 2 Comparison of FWHM and energy resolutions for two different types of detectors.

detector type and geometry	FWHM	energy resolution
planar	0.77 keV	1.39 %
closed-end coaxial	1.80 keV	3.01 %

Fig. 1 Uniformity of the detection efficiency on the flat front surface of the closed-end coaxial type HP-Ge detector measured by using a narrow γ ray beam from ^{241}Am source. (a) The uniformity along the X-axis, and (b) that along the Y-axis.

Fig. 2