

ゴニオ・スタージェム型散乱計の開発 VI

Development of a Scatterometer of Gonio-STAR GEM VI

○川手悦男 (有限会社トラス、産総研)

○Etsuo Kawate (TRAS Inc., AIST)

E-mail: nra55960@nifty.com

楕円面鏡には焦点が 2 つある。一方の焦点を出た光は必ず他方の焦点に集まるので、散乱計の有力な候補であった。1980年代まで、欧米の研究機関で精力的に研究されたが、実用化できなかった。弊社は、確認されている 8 件の問題を解決して、楕円面鏡を用いた散乱計の開発に成功した。

その 3D 立体図を図 1 に示し、実機を図 2 に示す。図の左側は、ゴニオメトリックな入射光学系で、試料(焦点 F1) への入射光の天頂角度と方位角度を任意に変えられる。右側は、試料からの散乱光の集光系と検出系である。この部分の断面図を図 3 に示す。2 台の四分の一形状回転楕円体面鏡(QEM1 と QEM2)は、互いの 1 つの焦点を共通焦点(F2)とするように結合させられている。左側の単独焦点(F1)に試料を設置して、右側の単独焦点(F3)に半球レンズの中心を一致させてある。このレンズの焦点面にファイバーテーパの大口径面を一致させて、その小口径面を CCD カメラのセンサー面と一致させてある。この構造にすることで、試料からの散乱光の空間分布を測定できる。

まず、この装置の散乱光の検出範囲を調べるために、アルミ平面鏡を試料として、方位角度を 0 度から 50 度まで 10 度刻みで、天頂角度を -5 度から 95 度まで、1 度刻みで増加させた時の反射ビームを、焦点 F3 に固定した上記検出系で観測した。各画像のビーム強度に比例するトータルの電荷数を、入射角度の関数としてプロットした結果を、図 4 に示す。さらに、方位角度 0 度で、天頂角度に関して 5 度間隔で抽出した 21 枚の画像を、多重露光した結果を図 5 に示す。

図 4 で、入射角度 0 度に対する再帰反射光 (この場合は正反射光と同じ) 強度が、最大値の約半値で観測されている。これは、入射ビーム径が、QEM1 楕円面鏡のトップ (図 3 の点 C) のところで有限の大きさ(約 0.5mm)で、そのビームの半分が QEM1 で遮蔽され、残りの半分が通過して焦点 F1 に収束する。この焦点に水平に置かれた試料からの反射光を、QEM1 楕円面鏡は受信できる。この方法で、別の試料で、試料を傾けることで、一般の入射角度で再帰反射光を測定できた。

また、検出範囲は、図 4 から 0 度から 85 度と求めた。四分の一形状回転楕円体面鏡を用いているので、1 回の撮影での最大検出範囲は π 立体角である。今回実用化した装置は、この π 立体角中の 91% を撮影できた。残りの部分の撮影に関しては、試料を傾けることと、試料を回転させることで実現できる。

この研究開発は、産総研との共同研究で、また、平成 25 年度の広沢技術振興財団からの支援を受けて実施された。

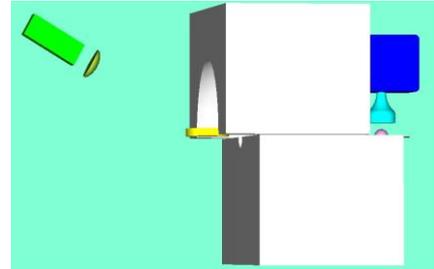


Fig.1 3D solid figure of a Gonio-STAR GEM



Fig.2 Scatterometer of Gonio-STAR GEM

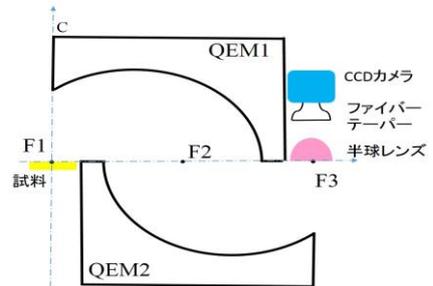


Fig.3 Cross-sectional view of STAR GEM

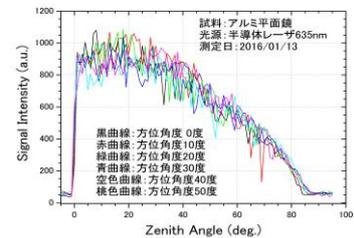


Fig.4 Signal intensity dependence on incident zenith angle.



Fig.5 Laser spots depending on incident zenith angle. Left side is near normal.