

X線と中性子の同時計測用X線源

KEK 名誉教授 坂部知平

1. 同時計測のためのX線源の輝度目標

X線と J-PARC 中性子を同一試料に同時照射或いは交互に照射し、順次回折データを収集するためには、コンパクトでしかも強力なX線源が必要である。コンパクトという点では回転対陰極X線発生装置が適しているが、市販されているX線発生装置の輝度は高々 $50\text{kW}/\text{mm}^2$ である。世界最強のパルス中性子である J-PARC 中性子とタイアップして同時計測を行うために従来の20倍の輝度、即ち $1\text{MW}/\text{mm}^2$ のコンパクトX線発生装置を目標に開発を行う。

2. コの字型回転対陰極X線発生装置の原理

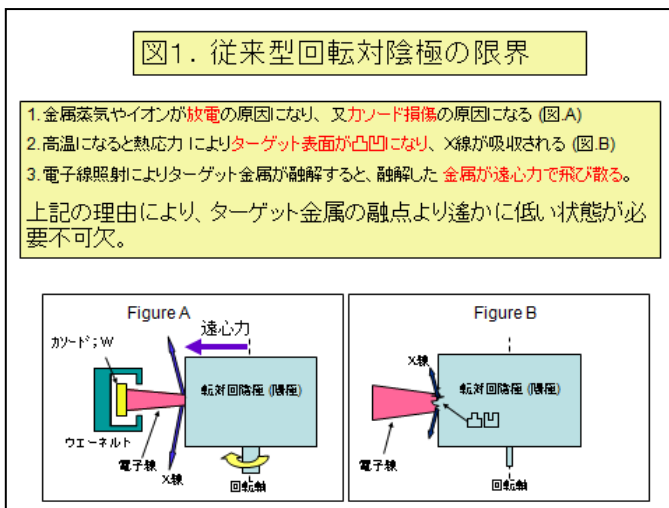
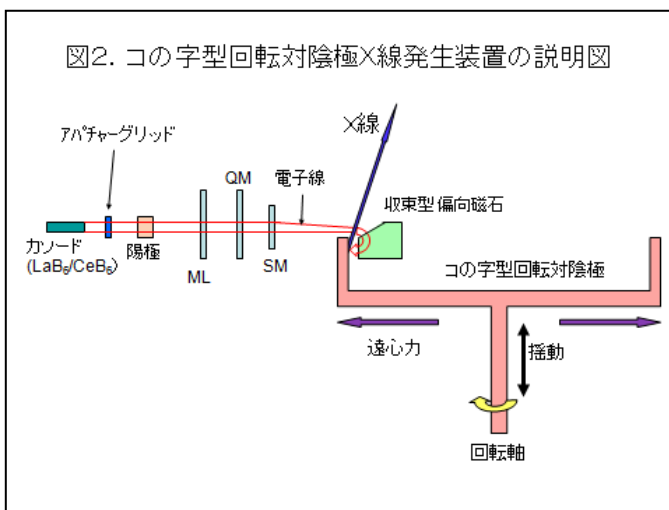


図1に示した様に、従来のX線発生装置の機構では輝度を大きくすると、放電、熱応力によるターゲットの変形、更に輝度を増すとターゲットが熔解し遠心力で熔解した金属が飛散するなど多くの原因により、既に限界に達している。

この限界を打破するため、筆者は図2に示した、コの字型回転対陰極をコ字型にして、電子を遠心力と同じ方向からターゲットに充てる方法である。このようにすると融点以上の高温になっても、融解した金属は強力な遠心力でターゲットの内面に張り付きしかも遠心力のため液化したターゲット表面は鏡のように平らになる。高電子密度の電子銃の開発が必要であったが、幸い KEK の大澤哲教授と共同研究すること



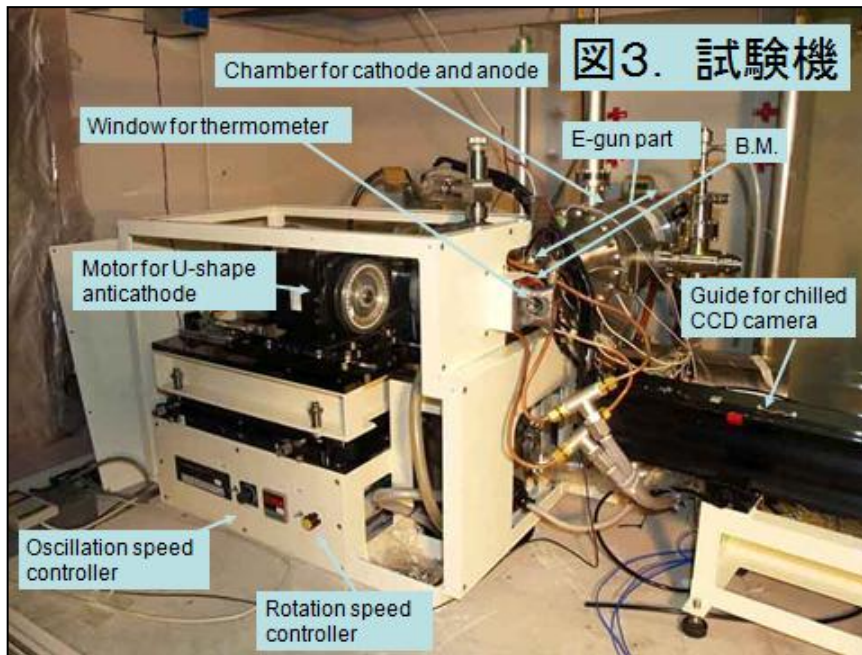


図3. 試験機

によりこの問題は解決した。即ち彼は図2示した様にターゲットの極近傍で電子線をターゲットの回転方向に対して収束し、その直角方向に発散させることができる偏向磁石を発明した。この電子レンズは焦点距離を短くでき

るため、ターゲット表面で極めて高密度な電子線を得ることができる。

3. 試験機の製作

10年以上前に購入した6kWの回転対陰極X線発生装置をコの字型回転対陰極X線発生装置に改作した。大きさは従来のX線発生装置に図3に示した電子銃部位(E-gun part)が付いた分だけ大きくなっているが、元のケースに収まっている。焦点サイズは $\phi 10\mu\text{m}$ のピンホールで焦点象が10倍に拡大される位置にX線測定用CCDに用いられている透過型蛍光膜を置きその像を拡大率固定のCCDカメラで撮影した。その結果、 $50\mu\text{m}$ まで絞れることが証明された。

4. 輝度1MWのコの字型回転対陰極X線発生

輝度は負荷/電子ビームの焦点サイズで決まる。即ち輝度1MWは

$$\text{輝度 } 1\text{ MW} = 25\text{ kW} / (0.05\text{ mm} \times 0.5\text{ mm})$$

取り出し角6度の場合X線の実効焦点サイズは $0.05 \times 0.05\text{ mm}^2$ である。

当然のことであるが、焦点が変わると負荷は概略次のように変わる；

$$\text{輝度 } 1\text{ MW} = 50\text{ kW} / (0.07\text{ mm} \times 0.7\text{ mm})$$

$$= 100\text{ kW} / (0.1\text{ mm} \times 1.0\text{ mm})$$

負荷が増すと高価になるが、上記のどれを選ぶかは利用者の要求により決まる。

同じ加速負荷でも電圧を増すと電流が下がり、微小焦点が得やすく。更に加速電圧が増すと、融解潜熱を利用しやすくなるため、パワーも上げやすい。従って、現時点では120kVを考慮中である。