

課題番号 : 2017A-E09  
 利用課題名 (日本語) : 単色 X 線ラウエイメーザの結像性能評価  
 Program Title (English) : Characterization of monochromatic x-ray Laue imager  
 利用者名(日本語) : 西村博明<sup>1)</sup>、八尾顕<sup>1)</sup>、鈴木洋介<sup>1)</sup>、ZHANG Zhe<sup>2)</sup>、菖蒲敬久<sup>3)</sup>、安田良<sup>4)</sup>  
 Username (English) : H. Nishimura<sup>1)</sup>、A. Yao<sup>1)</sup>、Y. Suzuki<sup>1)</sup>、Z. Zhang<sup>2)</sup>、T. Shobu<sup>3)</sup>、R. Yasuda<sup>3)</sup>  
 所属名(日本語) : 1) 大阪大学レーザー科学研究所、 2) 中国科学院物理学研究所、  
 3) 日本原子力研究開発機構、 4) 量子科学研究機構  
 Affiliation (English) : 1) Institute of Laser Engineering, Osaka University  
 2) Chinese Academy of Sciences, Institute of Physics  
 3) Japan Atomic Energy Agency  
 4) National Institute for Quantum Radiological Science and Technology  
 キーワード : 硬 X 線単色画像系、ラウエイメーザ

### 1. 概要 (Abstract)

ラウエ結晶と空間スリットを組み合わせた硬 X 線単色カメラ画像系を提案し、TaK $\alpha$ 線(57keV)～AuK $\alpha$ 線(68keV)の領域を対象とした硬 X 線単色画像系(“ラウエイメーザ”)を製作した。SPring8から放射される70keV単色 X 線ビームを Ta 板に照射し、放射される Ti Ka 蛍光 X 線を光源とし W 製のピンホールアレーを像として、カメラの結像性能を評価した。その結果、良好なピンホールアレー画像を取得することに成功し、画像系の明るさや空間分解能など硬 X 線単色カメラとしての基本性能を取得することが出来た。

### 2. 実験(目的,方法) (Experiments)

実験は以下の3段階で実施した。

< 1 > 光源種と光量の確認

SPring8 より得る単色 X 線ビーム (以下、励起ビームと呼ぶ。光子束は  $2 \times 10^{10}$  (photons/(s cm<sup>2</sup>)) は、平行度が高い( $\sim 10^{-3}$  rad)ため、結像性能を因るピンホールアレーを透過した光ビーム群はほぼ平行のまま伝搬するので、検出器をいずれの位置に置いても倍率 1 のシャドウ像を得るのみであり、これではラウエカメラの結像性能を評価したことになる。このため励起 X 線を Ta などの重金属ホイルに照射し、ここから放射される蛍光 X 線 (いわゆる Ka 線) あるいは散乱 X 線を性能評価の光源とすることとし、まず、これら蛍光 X 線や散乱 X 線の強度や角度広がりを調べた。この調査には、既設の X 線カメラ (CsI 蛍光板と可視 CCD カメラとの組み合わせ：以下、CCD カメラと呼ぶ) を用いた。その結果、空間的に広く一様に放射されている成分と励起ビームの裾に

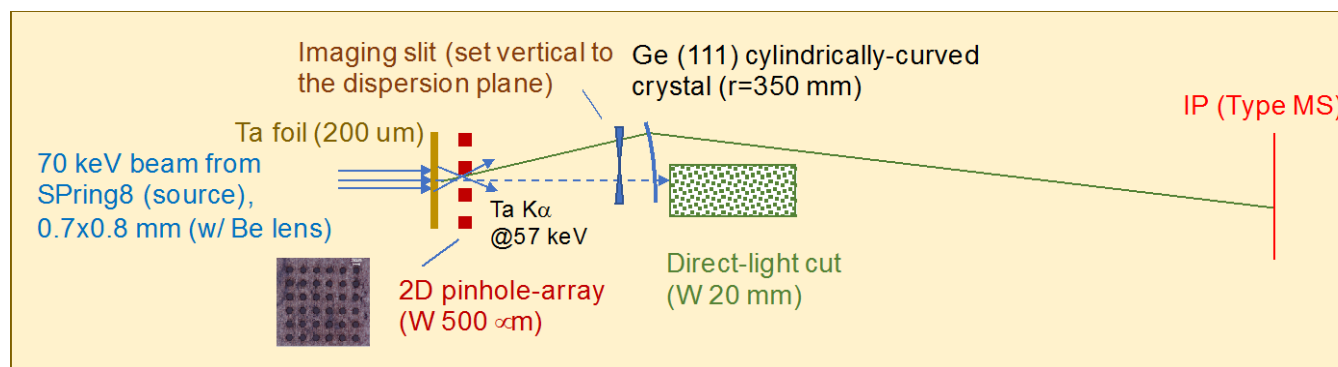


図1 ラウエカメラの性能試験の配置。70keV励起ビームが Ta フォイルを照射する。この背面に W 製のピンホールアレー (厚さ 500 $\mu$ m の平板に、直径 150 $\mu$ m ピンホールを 350 $\mu$ m 間隔 (ピンホール中心距離) で 6x6 配列) を配置した。ピンホールを通過した蛍光 X 線は、円筒湾曲させたラウエ結晶(Ge(111))によりイメージングプレート(IP)上に結像される。この分散方向に沿った空間スリット (W 製 厚さ 1mm) により直交方向の画像が結像され、結局、ピンホールアレーの 2 次元画像が IP 上に結像される。

分布する成分とを確認した。後者の角度広がり狭く ( $\sim 1.7 \times 10^{-2}$  rad)、結像性能を評価するのに適さないことが判明したので、前者の蛍光 X 線を使用することとした。空間的に一様に広がる性能は背景光として適するものの、結像に使用される光量が著しく低下するため、以下に述べるように長時間の露光が必要となった。

### < 2 > 蛍光 X 線画像の確認

図 1 に実験配置の概略を示す。蛍光 X 線の光量確認のため、まず、ピンホールアレー板と空間スリットを除去し、蛍光 X 線の大きさが励起ビームサイズ一致することを利用して、蛍光 X 線の単色画像を取得し、ラウエ結晶による結像と光量の確認を行った。この場合、励起光の空間サイズを絞り、単位面当たりの光量をますため、Be 製の硬 X 線レンズを挿入した。光源サイズは Ta 蛍光板上で  $0.7 \times 0.8 \text{ mm}$  であった。

### < 3 > 結像試験

ピンホールアレーのみを挿入し、分散方向に対して直交方向に、ピンホールアレー数の帯状のストライプを取得した。最後に、ピンホールアレーならびに空間スリットを挿入し、ピンホールアレーを透過する TaK $\alpha$  線の画像取得を行った。各ステップにおける露光条件を総合し、スリット幅  $50 \mu\text{m}$  の場合には、露光

### 3. 結果と考察 (Results and Discussion)

図 2 に撮像結果を示す。図 2(a) は空間スリットを除去し、ピンホールアレーのみを使用した場合の画像である。水平方向がラウエ結晶の分散方向に相当し、これに直交する方向に平行ストライプが 3 本見える。3 本であるのは励起光のサイズによる制限に原因しており、ラウエカメラ自体の視野は  $1 \text{ mm}$  以上ある。図 2(b) は空間スリットを  $100 \mu\text{m}$  とした場合の画像であり、図 2(c) は空間スリットを  $50 \mu\text{m}$  とした場合の画像である。分散方向の空間分解能として  $30 \mu\text{m}$ 、これに直交する方向として  $50 \mu\text{m}$  の空間分解能が得られている。これらの値は当初計画で期待した値である。

光量に関しても、当初見積もりの明るさとなっており、大阪大学 LFEX レーザーを用いた高速点火核融合実験でも利用可能であることが確認できた。

### 4. その他・特記事項 (Others)

本研究は、日本学術振興・二国間交流事業・JSPS-CAS 共同研究 (H28-H30) 「統計的真空加熱法によるレーザー加速の実験的検証」の支援を得て実施された。

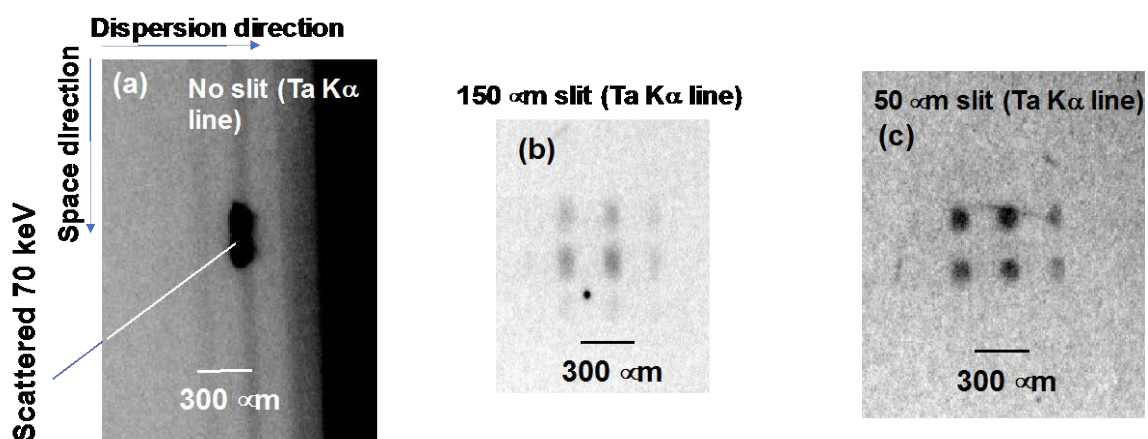


図 2 撮像結果。(a)空間スリットを除去し、ピンホールアレーのみを使用した場合の画像。水平方向がラウエ結晶の分散方向に相当する。平行ストライプが 3 本見えるが、これは励起光のサイズによる制限に原因しており、ラウエカメラ自体の視野は  $1 \text{ mm}$  以上ある。(b)空間スリットを  $100 \mu\text{m}$  とした場合の画像。(c)空間スリットを  $50 \mu\text{m}$  とした場合。

時間は 7 時間とした。