



5.10 ダブルターゲットX線レーザー用高安定ターゲット装置の開発 Development of the High Stability Target System for Double-target X-ray Laser

助川 鋼太・岸本 牧・加道 雅孝

日本原子力研究所 関西研究所 光量子科学研究センター

〒619-0215 京都府相楽郡木津町梅美台 8-1

Kouta SUKEGAWA, Maki KISHIMOTO and Masataka KADO

Advanced Photon Research Center, Kansai Research Establishment,

Japan Atomic Energy Research Institute

8-1 Umemidai Kizu-cho, Souraku-gun, Kyoto 619-0215 Japan

We have been developing an x-ray laser with high brightness and high spatial coherence using double targets scheme. The x-ray laser is applied to an x-ray interference measurement, an x-ray speckle measurement, and so on. Accuracy of the target alignment is very important in order to lead the seed light generated from the first target to the second target. An auto alignment system has been developed to achieve the required accuracy and the target chamber has been designed and fabricated in the viewpoint of high precision and high stability. The stability of the target position has been examined and achieved target movement less than $4 \mu\text{rad}$ due to vibration of the pumping system and less than $\pm 10 \mu\text{m}$ due to the deforming of the target chamber during evacuation. We have achieved the resolutions of the target alignment system as $6 \mu\text{m}$ in direction of perpendicular of the target, $20 \mu\text{rad}$ in rotation and the stability as $\pm 12 \mu\text{m}$ and $\pm 40 \mu\text{rad}$, respectively.

Keywords : X-ray Laser, Spatial Coherence, Double Target, Target Chamber, Target Alignment System

1. はじめに

X線レーザー研究グループでは、ダブルターゲットを用いて高い空間コヒーレンスを持つX線レーザーを発生させる研究開発を実施している。このダブルターゲットX線レーザーは、名前の通りターゲットを二つ用意し、第一ターゲットからのX線レーザーパルスを種光として、その波面のきれいな部分を第二ターゲット上に作った線状の均一プラズマ中に入射させ、第二ターゲットプラズマを空間フィルター及びX線アンプとして使って空間コヒーレンスの改善とX線増幅という二つの事を同時に達成した[1][2]。

現在得られているX線レーザーのビーム拡がり角は 0.2 mrad と非常に小さく、定常的に応用実験に用いるためには、これ以下のビーム位置安定性が必要である。ビームの出射方向はターゲットの設置位置により決定されるため、ターゲットのアライメント精度には高い精度が要求される。従来のアライメント方法では、ターゲット真空容器に取り付けられた監視モニターによる目視でのターゲット並進方向の位置決め、及びターゲットにレーザーダイオード (LD) 光を照射して遠距離位置における反射ビームスポット位置を目視で確認することにより回転角決めを行っていた

ため並進方向で $\pm 50 \mu\text{m}$ 、回転方向で $500 \mu\text{rad}$ 程度のアライメント精度であった。また、ターゲット真空容器の振動及び歪みによってターゲットの安定性は変動するという問題があった。これらのことは、X線レーザーの発振を妨げることになり、ビーム位置についてもショットごとにふらつくという問題を生じる。この問題を解決するため、ダブルターゲットX線レーザー用高安定ターゲット装置の開発を行った。

2. 高安定ターゲット真空容器

高安定ターゲット真空容器設計の指針は、以下に示すとおりである。

①真空による歪み

- ・アンカー打ちなどで安定をはかるといふ発想をやめ、自らの重さで安定化させる。
- ・真空引きによる真空容器や定盤等の歪み発生がターゲットホルダー位置に影響しないような真空容器構造にする。

②スクロールポンプ等による振動

- ・真空装置などの振動源をターゲット真空容器からできるだけ分離する。
- ・他の真空容器や床面などとの接続箇所を極力減らす。

また、図1に、ダブルターゲットX線レーザー用高安定ターゲット装置図を示す。

真空引きによる高安定ターゲット真空容器歪みを極力小さくするため、本体を円筒型（直径 545 mm）にした。また、ターゲットが設置される真空容器内のブレッドボードは厚さ 30 mm の鉄製で、4本のステンレス製支柱（ $\phi 30 \text{ mm}$ ）でブレッドボード固定用光学定盤に固定されている。このブレッドボード固定用光学定盤は、730x730 mm、厚さが 40 mm あり、ステンレスの比

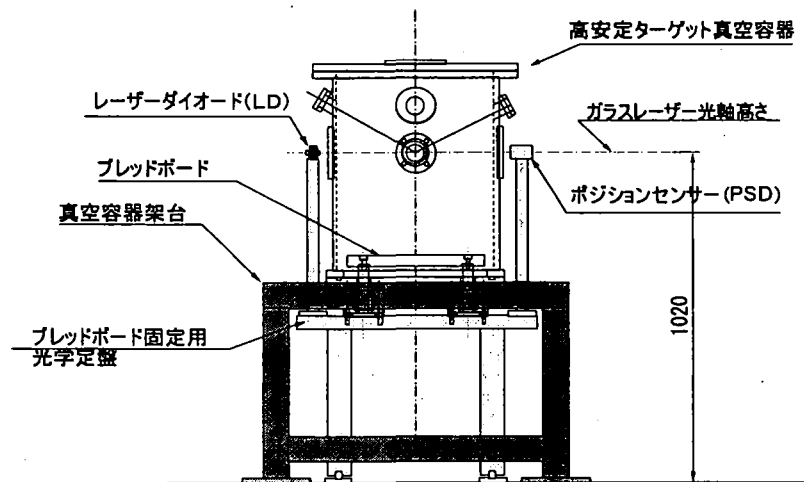


図1 ダブルターゲットX線レーザー用高安定ターゲット装置図

重 7.98 g/cm^3 からこのブレッドボード固定用光学定盤の質量は約 170 kg となる。このブレッドボード固定用光学定盤と真空容器内のブレッドボードとの取り合いは呼び径 50 の相当のベローズで各 4 箇所設けられている。これにかかる真空時の力は約 792 N と見積もられるので、質量約 170 kg（重量としては約 1666 N）であるブレッドボード固定用光学定盤が真空によって持ち上がらない設計になっている。このブレッドボード固定用光学定盤は鉄製の角パイプを組み合わせで作った高剛性架台に固定されている。また真空容器本体はブレッドボード固定用定盤と分離した高安定ターゲット真空容器架台の上に取り付けられ、真空引きに伴う真空容器の歪みや移動が真空容器内部のブレッドボードに影響を与えないようになっている。ターボ分子ポンプは、ベローズを介して高安定ターゲット真空容器に接続されており、高安定ターゲット真空容器とは別に床にアンカー打ちすることによってターボ分子ポンプやスクロールポンプの振動が直接、真空容器に伝わらないようになっている。他の真空容器と高安定ターゲット真空容器の間もベローズで接

続されており、高安定ターゲット真空容器と他の真空容器の間隔を固定するためのスタットボルトは使っていない。図2に、ガラスレーザーの光軸高さに取り付けられているポートの詳細なレイアウトを示す。LD→ターゲット→ポジションセンサーというシンプルな光路をとり、かつガラス窓を透過する光が屈折の影響を受けないようにするため LD 光はポートのガラス窓に垂直に入射・出射するように設計している。

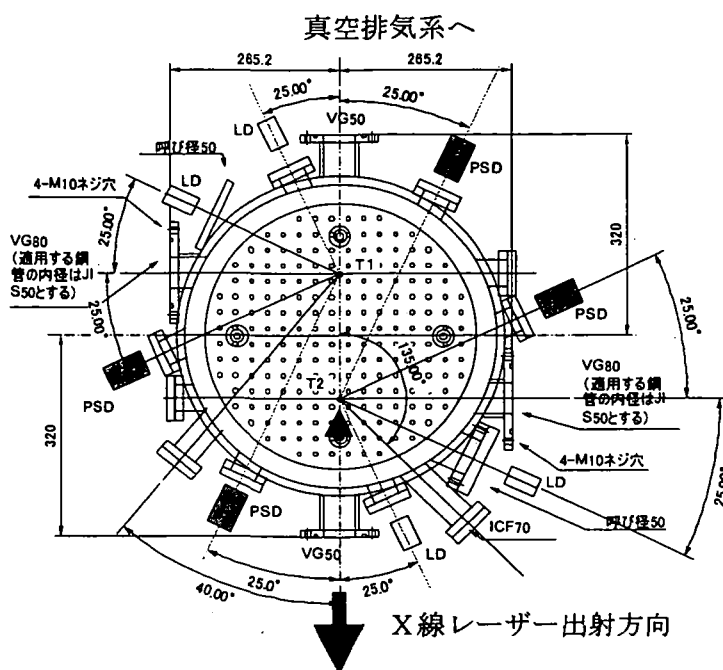


図2 ガラスレーザーの光軸高さにあるポートのレイアウト

3. まとめ

従来のターゲット真空容器の諸

問題を解決するために、ダブルターゲットX線レーザー用高安定ターゲット装置を設計・製作した。このダブルターゲットX線レーザー用高安定ターゲット装置のターゲット安定性評価を行った。その結果、ターゲットの安定性に関して、真空引きによるターゲット位置変動は、 $\pm 10 \mu\text{m}$ 以下、ポンプの振動によるターゲット位置変動は、 $4 \mu\text{rad}$ 程度であり、非常に高安定であることが確認された。

参考文献

- [1] M. Tanaka, et al., Opt.Lett.28, (2003), pp.1680-1682
- [2] M. Nishikino, et al., Phys. Rev. A 68, (2003) 0681802R