

## 次世代中性子源・ミュオン源としての等軸微細粒タングステン合金の開発

### Development of equiaxial nano-structured tungsten alloy for next-generation neutron and muon source

牧村俊助<sup>1</sup>、栗下裕明<sup>1</sup>、新倉高一<sup>2</sup>、鄭憲採<sup>2</sup>、尾ノ井正裕<sup>2</sup>、長澤豊<sup>2</sup>

- 1 高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所  
J-PARC センター MLF ディビジョン ミュオンセクション
- 2 金属技研株式会社

J-PARC 物質生命科学実験施設(MLF)では、2008 年の陽子ビーム運転開始より中性子・ミュオンを利用した物理実験を展開してきた。これまでのビーム運転の経験を生かし、1 MW の安定運転や更なる大強度化に向けた、より高性能なミュオン生成標的材料の開発を行っている。

MLF 第二ターゲットステーションの標的材料候補としてタングステン材料の採用を検討している。タングstenは欧州 ESS 研究所や米国 SNS 施設においても回転タングsten標的が検討されており、融点も高く(3420°C)、熱伝導率も高く有望な標的材料であるが、再結晶脆化、照射脆化によって延性を失い、高温環境では構造材料としては採用できない欠点がある。脆化の問題を解決するため、タングsten中に 1.1wt%の炭化チタンを分散・偏析させた等軸微細粒タングsten合金開発を開始し、試作品の製造・評価を開始した。再結晶状態でありながら室温で延性を示す材料の試作に成功した。

本発表では次世代ミュオン標的材料としての等軸微細粒タングsten合金の開発の現状を報告する。

本研究は KEK 共同研究(金属技研株式会社)による支援を受けております。

R. 放射光源, 中性子源, ミュオン源, 低速陽電子源

## **g - 2 / EDM 実験のためのミューオニウムターゲット形状設計研究**

# **Muonium Target Geometry Design Study for g-2/EDM Experiment**

張 策<sup>1</sup>, 三部 勉<sup>2</sup>, 大谷 将士<sup>2</sup>

1 北京大学理学院、2 高エネルギー加速器研究機構

The g-2 experiment at Japan Proton Accelerator Complex (J-PARC) aims to study the anomalous magnetic moment of the muon at an unprecedented precision. The experiment utilized a low emittance muon beam which helps measure the anomalous magnetic moment of muon ('g-2') at a higher precision than previous experiment.

One of the important part in the experiment is the production of muonium (Mu), followed by ionization process to produce thermal muon. The thermalization process is the key to cool down the muon beam and obtain the required low-emittance thermal muon beam for further acceleration. It includes muonium production, the thermal emission into a vacuum and the ionization process with the laser.

Currently, with laser-ablated aerogel, Mu emission efficiency at g-2/EDM experiment is about 0.38%, which is consistent with phase 1 goals (0.46 ppm sensitivity). However, higher Mu yield to reach the final goal 0.1 ppm is needed. Thus some possible new Mu target geometry design might be helpful.

In this poster, several Mu target designs were studied. The results of current design were reproduced and simulation's validation was checked, where we followed three main steps: the beam structure, the diffusion model of stopping muon simulation and the extraction simulation. 7.12 thickness aerogel with optimized 475 um degrader were used as the surface muon target. The Geant-4 beamline simulation of H-line was used for optimizing the number of surface muons. The energy degradation and stopping of the muons in the target were calculated by a separate G4 simulation.

Based on these steps, Several new target design geometries were tested with some preliminary results, hopefully to enhance the Mu yield efficiency. One of the new design would probably bring about an order of increment in the yield number.

## 2018 年度の MLF 放射線安全チームの活動 Activity of the MLF radiation safety team in FY2018

原田 正英<sup>1</sup>、川上 一弘<sup>3</sup>、相澤 一也<sup>1</sup>、曾山 和彦<sup>1</sup>、  
石角 元志<sup>2</sup>、平松 英之<sup>2</sup>

橋本 典道<sup>3</sup>、細谷 倫紀<sup>3</sup>、市村 勝浩<sup>3</sup>

<sup>1</sup>物質生命科学ディビジョン J-PARC センター JAEA

<sup>2</sup>総合科学研究機構

<sup>3</sup>日本アドバンステクノロジー株式会社

J-PARC の物質・生命科学実験施設(MLF)の放射線安全チームは、実験課題申請における放射線安全審査を担い、放射線安全セクションと協力しながら、MLF 実験ホールで実施されるユーザー実験やメンテナンス作業における放射線安全に尽力している。

2016年11月より運用を開始したMLF実験ホールの第1種管理区域表面汚染低減区域は、ユーザーの利便性を担保しつつ、管理区域出口で汚染検査を行うことで非管理区域への汚染拡大の防止ができ、気体や液体を使用する実験の制約を緩和できるなど、有益であることを確認している。そして、管理区域の全て出入り口への小型物品搬出モニターの設置、汚染検査室への大型物品搬出モニターの設置、定期的なユーザー用ロッカーの残留物の確認を行うことにより、ユーザーの利便性を向上できた。夏期メンテナンス期間には、第2種管理区域へ一時的に区分変更を行うことで、メンテナンス作業においても利便性の向上が図れた。その他、運転終了後の各BLの分光器室内の汚染サーベイ、放射化した器材や試料の核種分析などにより、放射線安全の向上に寄与している。今後、放射化した試料の受け入れについて検討を進め、さらなるユーザー実験の利便性拡大を図る。

当日ポスターでは、2018年度の放射線安全チームの活動報告を行うとともに、詳しい運用や設備の現状と今後の予定を報告し、ユーザーからの相談を受け付ける。

## MLF 気体廃棄物処理設備の現状

### The current state of off-gas processing system at MLF

増田 志歩、甲斐 哲也、原田 正英、木下 秀孝、関 正和、高木 素則、  
春日井 好己、羽賀 勝洋  
日本原子力研究開発機構 J-PARC センター

J-PARC の物質・生命科学実験施設(MLF)の核破砕中性子源では、大強度の陽子ビーム照射に伴う発熱の除去性能を確保するため、液体金属である水銀をターゲット材料として使用している。水銀の核破砕生成物のうち、気体状の核種(トリチウム、希ガス、水銀蒸気)の大部分は、水銀循環系内のサージタンクのカバーガス(ヘリウム)に蓄積すると想定し、その処理のため気体廃棄物処理設備を設置した。毎年実施している水銀ターゲット容器交換作業では、カバーガスを気体廃棄物処理設備で受入れ、水銀をドレンしてから水銀ターゲット容器を取り外す手順となる。これまでの運転経験から、一定量のトリチウムや希ガスがカバーガスに蓄積せずに水銀循環系の内壁に付着したままであるため、交換作業においては、これらの核種が系外へ放出されることを抑制する必要があることが明らかとなった。

そこで交換作業に先立ち、カバーガスの受入れに加えて、水銀循環系内をヘリウムパージし、系内の内壁から脱離した核種を含んだヘリウムガスを気体廃棄物処理設備に受け入れる作業を複数回行い、水銀循環系内の放射能濃度の低減を図った。その結果、希ガスの低減については十分な効果が得られることを確認した。一方で、トリチウムに関しては上記の過程で十分な低減効果が得られなかった。このため水銀ターゲット容器の交換の際には、真空ポンプを使い、水銀循環系を経由して空気を気体廃棄物処理設備へ引き込むことにより、開放部で空気が内部に向かう流れを形成(気流制御)し、水銀循環系からの系外へのトリチウム放出の抑制を図ることとした。

本報告では、水銀ターゲット交換における気体廃棄物処理設備の役割を紹介するとともに、希ガスやトリチウム放出抑制の効果や、今後の高度化の展望について述べる。

## 極短周期アンジュレータの開発と光源性能評価 Development of very short period undulators and test experiments on light generation

山本 樹<sup>1,2</sup>、益田伸一<sup>1</sup>

1 KEK-PF、2 総研大物質構造科学

我々は、通常数 10mm であるアンジュレータの周期長を約 1/10 に“極短周期化”することを目標にした研究開発を行って来た。これまで、周期長 4mm の極短周期アンジュレータの製作を目標とし、高精度・高強度のアンジュレータ磁場を生成する方式の開発を行ってきた。幅 20mm × 厚さ 2mm × 長さ 100mm の板状の磁石素材に、周期的交番磁気回路を書き込む多極着磁法を開発し、高精度アンジュレータ磁場を生成することができるようになった。また、上記の板状磁石を適切に連結して極短周期磁場を長尺化するための着磁方法の確立にも成功した。一方では、長さ 200mm、500mm、および 1000mm の磁石を装着できる精密ギャップ駆動機構を開発し、0.1 ミクロン以上のギャップ分解能を達成した。

上記によって完成した極短周期アンジュレータ装置を、東北大・電子光理学研究センター S-Band Linac ビームラインに設置し放射光評価試験を行っている。極短周期アンジュレータ放射光の分光計測を行い、計測結果から光束密度の算出を試みた。この放射光評価試験について、分光解析を中心に最新の成果を報告する。

さらに、Spring-8 旧 SCSS 収納部に建設されたレーザー航跡場加速試験施設にも極短周期アンジュレータ装置を設置し精密アライメントを完了しており、レーザー航跡場加速によって発生する電子ビームを用いた極短周期アンジュレータ放射評価実験のための準備を進めている。レーザー航跡場加速と組み合わせた放射光生成の原理実証実験について最新の成果を報告する。

## 欠陥・空隙評価のための産総研低速陽電子ビーム施設 AIST slow positron beam facility for characterization of defects and free-volumes

満汐 孝治、小林 慶規、オローク ブライアン、鈴木 良一、大島 永康  
産業技術総合研究所 分析計測標準研究部門

陽電子寿命測定法は、電子の反粒子である陽電子を材料中に入射し、その寿命を測定することで、材料中に含まれるサブナノからナノメートルスケールの欠陥や微小空隙(自由体積)等のサイズやその分布を評価する手法である[1]。産業技術総合研究所の低速陽電子ビーム施設では、電子線形加速器(エネルギー：40 MeV、電力：数百 W)で発生させた陽電子ビームを利用して、陽電子寿命測定による欠陥・空隙評価技術の開発を行っている。当施設では、次の2つの欠陥・空隙評価装置を開発し、文部科学省「ナノテクノロジープラットフォーム事業」の中で、共用設備として公開している[2]。

### (1)垂直型陽電子寿命測定装置[3]

陽電子ビームを鉛直方向から試料へ入射する装置配置となっており、バルクや薄膜の固体試料だけでなく、粉末体や液体などの流動性を有する試料の測定にも対応可能である。陽電子のビーム径は 10mm 程度である。陽電子の入射エネルギーは 1 keV から 30 keV まで可変であり、陽電子の打ち込み深さを表面数 10 nm から数  $\mu\text{m}$  まで調整可能である[4,5]。

### (2)陽電子プローブマイクロアナライザー[6]

電磁界レンズによって陽電子ビームを数 10  $\mu\text{m}$  にまで収束して試料に入射し、陽電子寿命を測定する装置である。微小サイズ試料の測定や、試料を駆動ステージで走査することにより、深さと平面方向を空間分解した局所陽電子寿命マッピング測定に対応できる。また、収束陽電子ビームを SiN 薄膜に通して大気圧雰囲気に取り出し、湿度制御下で測定を行う環境制御型陽電子プローブマイクロアナライザーの開発も進んでいる[7,8]。

本発表では、当施設の現状と陽電子ビームを用いた欠陥・空隙評価技術の研究開発について報告する。

[1]産総研 Today Vol. 14-9 (2014)

[2] <http://unit.aist.go.jp/rima/nanotech>

[3] B. E. O' Rourke et al., JJAP. Conf. Proc. 2, 011304 (2014).

[4] T. Fujioka et al., J. Memb. Sci. 554, 301 (2018).

[5] K. Yamada et al., Philos. Mag. 98, 107 (2018).

[6] N. Oshima et al., Appl. Phys. Lett. 94, 194104 (2009).

[7] N. Oshima et al., Appl. Phys. Exp. 4, 066701 (2011).

[8] K. Ito et al., Appl. Phys. Lett. 112, 083701 (2018).