

偏極中性子散乱装置 POLANO での磁場デバイス準備状況 Present status of magnetic fields device for polarized neutron spectrometer POLANO

大山研司¹、大河原学²、横尾哲也^{3,4}、南部雄亮²、池田陽一²、
坂口将尊^{3,4}、金子直勝^{3,4}、伊藤晋一^{3,4}、猪野隆^{3,4}、藤田全基²

1 茨城大院理工学、2 東北大金研、3 KEK-物構研、4 J-PARC センター

MLF の BL23 に設置された偏極中性子散乱装置 POLANO は、偏極度解析分光を第 1 の目的とした磁性研究用のチョッパー分光器で、最終的には 100meV 領域までの偏極度解析実験をめざしている。このため広いエネルギー領域で偏極率を維持する必要があり、ビームパス上の磁場接続デバイスが技術的には重要となる。本発表では、その準備状況を報告する。

パルス源装置では、原子炉装置と異なり偏極ビームを用いながらの磁場の最適化は困難であることから、オフラインでの評価が重要となる。そこで我々は、有限要素法でシミュレーションによる磁場接続評価、テストベンチでの実測との比較などを行い、磁気デバイスの準備を進めている。図 1 は最適化したデバイス配置に基づき作成したガイドマグネットで、右図が SEOP 偏極子-試料間に設置するガイド磁場（縦磁場）を組み込んだ B_4C 遮蔽体、左図が試料-アナライザー間に設置する扇形縦磁場マグネットである。また、試料位置での磁場の三次元的な制御が可能なコイルを導入するが、真空中に設置して稼働させるため、熱計算をすすめる、安全な使用が可能なコイルシステムを作成中である。ポスター発表では、これら BL23 での磁場デバイスの現状を報告する



図 1 (左) 試料-アナライザー間の扇形ガイド磁場。(右) 試料上流に設置する縦磁場ガイドマグネット入り B_4C 遮蔽体。差し込んでいるのは小型磁石で、縦磁場がかかっていることを確認した。

硬 X 線 XAFS 実験ステーションの近況 Hard X-ray XAFS stations

仁谷浩明

KEK-PF、総研大高エネルギー加速器科学研究科

PF の物質化学グループでは硬 X 線 XAFS 実験専用ステーションを運用しており、現在 PF、PF-AR あわせて 6 つのステーションが稼働している。これらのステーションでは年間約 200 件の課題が実施されており、多岐にわたる分野での利用がなされている。BL-15A1 においては、試料位置での高精度ビームポジションモニタを利用したビーム位置フィードバック補正システムが導入されたことにより、これまでよりも安定したビームが利用可能となった。また、AR-NW2A においては、X 線顕微鏡導入のためのハッチ拡張工事が完了し、ユーザー運転が再開となる。現在運用中のステーション一覧は次の通り。

- ・BL-9A: 高強度・軟 X 線ステーション
2.1keV から利用出来る高強度 X 線を生かして、低濃度試料や表面分析をターゲットにしている。
- ・BL-9C: その場観察実験ステーション
触媒や電池材料など、主にガスフローを伴う化学実験のその場(in situ)観察実験をターゲットにしている。
- ・BL-12C: ハイスループットステーション
産業利用など、ルーチンワーク的に大量の試料を測定する実験をターゲットにしている。
- ・BL-15A1: セミマイクロビームステーション
アンジュレータからの高輝度ビームを利用して、試料位置において 20 ミクロン角のビームが利用可能。高速試料スキャンによるマッピング実験も短時間で可能。
- ・AR-NW2A: 時間分解および高強度単色 X 線ステーション
白色 X 線と湾曲分光結晶を利用した DXAFS 実験をターゲットにしている。レーザーを利用したポンププローブ実験など AR リングの特徴である単バンチ運転を生かした実験が可能。
- ・AR-NW10A: 高エネルギー X 線ステーション
6.5GeV の AR リングを光源とし、最大 42keV までの単色 X 線が利用可能。PF では届かないエネルギー域での実験に対応が可能。

参考: PF-XAFS Web サイト <http://pfxafs.kek.jp/>

オートコリメータを用いた実環境における分光器平行度測定 In situ measurement of the parallelism of a double crystal monochromator by an autocollimator

松岡亜衣、仁谷浩明、五十嵐教之
KEK-PF

マイクロビームを扱う BL-15A では分光器における突発的なビーム位置変動が観測されており、その原因を解明することが急務となっている。本来、二結晶分光器内の結晶が平行に配置され、その位置が精密に制御されていれば、分光された放射光は結晶が回転したとしても定位置に出射される。分光結晶の平行度ずれはビームの安定性を確保する上で重要な要素である。

我々は分光器のビーム出射位置変動の要因を解明する方法の一つとして、実際の使用時と同環境での分光器平行度測定法を考案し実施した。測定では BL-15A の二結晶分光器をオフラインにし、その上下流にオートコリメータ(エルコマット 2000)とミラーを設置した。オートコリメータから出射されたレーザーは二結晶を経てミラーにより反射され、再び分光器内を通過してオートコリメータへと戻る。この方法によれば分光器内を真空状態に保ち、実際に使用している結晶を用いて平行度を測定することができる。また、分光結晶の角度を変更しながら測定することも可能であり、エネルギー掃引時のビーム出射位置の変動を推測できる。さらに、液体窒素循環による冷却に伴う分光器内の温度変化とビーム安定性の関連を確認することができる。測定時には結晶近くに振動計を設置し、振動と平行度の関連も観測した。

現在計画が進められている新光源「KEK 放射光」では、ナノ集光ビーム(空間分解能 10nm)を用いたサイエンスが期待され、これまで以上にビームの安定性が求められている。本発表では、次世代光源へ向けた技術開発の一端として考案した分光器平行度測定の方法とその結果について報告する。



BL-15A メインハッチ内 平行度測定中の様子

新しい非蒸発ゲッター(NEG)コーティングの開発 Development of new non-evaporable getter (NEG) coating

宮澤徹也¹, 間瀬一彦^{1,2}, 飛嶋健佑³, 栗原真志⁴, 菊地貴司²
1 総研大, 2 KEK 物構研, 3 弘前大, 4 横国大

加速器、真空紫外軟X線ビームライン、光電子分光装置では 10^{-8} Pa程度の超高真空が必要である。超高真空では残留気体を、活性化した非蒸発ゲッター(NEG)表面(Ti, Zr, Ti-Zr-V など)に化学吸着させることによって排気するNEGポンプが有用である。このため、加速器分野では真空容器の内壁にNEGコーティングする手法が開発されている[C. Benvenuti *et al.*, Vacuum 60 (2001) 57.]。しかし従来の NEG コーティング法には活性化温度が比較的高い(Ti-Zr-Vで 180°C 以上 24 時間)、活性化と大気ベントを繰り返すとNEGが酸化され排気性能が低下する、実施に CERN のライセンスが必要、大掛かりな設備が必要といった問題がある。

そこで我々は真空容器の内面に 10^{-6} Pa 台の真空中での Ti 昇華により厚さ $1\ \mu\text{m}$ のTi薄膜を成膜し、さらに 10^{-4} Pa 台の真空中での Pd 昇華により厚さ $1\ \text{nm}$ のPdを成膜するNEGコーティング法を開発したので報告する。

Pd/Ti 成膜する前と Pd/Ti 成膜した後の真空槽の、乾燥窒素大気圧状態からの排気曲線を図 1 に示す。Pd/Ti 成膜後はベーク開始から 4 時間までは圧力が高いが、ベーク後は急速に圧力が低下した。排気開始から 20 時間後に真空バルブを閉じて真空容器を排気ポンプから切り離れたときの圧力の変化を図 2 に示す。Pd/Ti 成膜した場合、真空バルブを閉じて、 $10^{-6}\sim 10^{-7}$ Paを維持できた。また、大気圧ベントと排気、ベークを6回繰り返しても排気性能(NEG性能)を維持することを確認した。

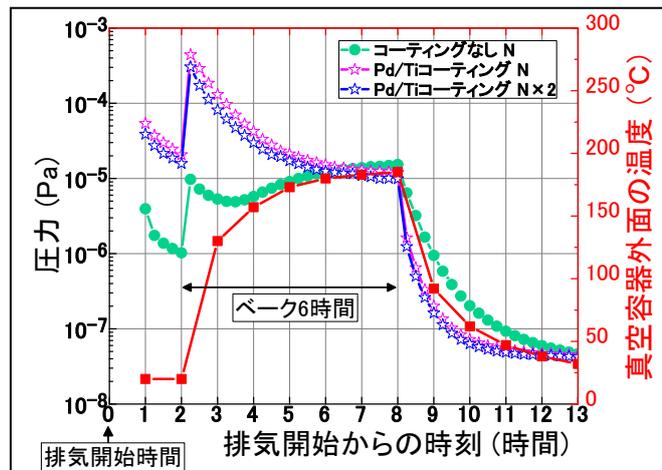


図 1: 真空容器の排気曲線

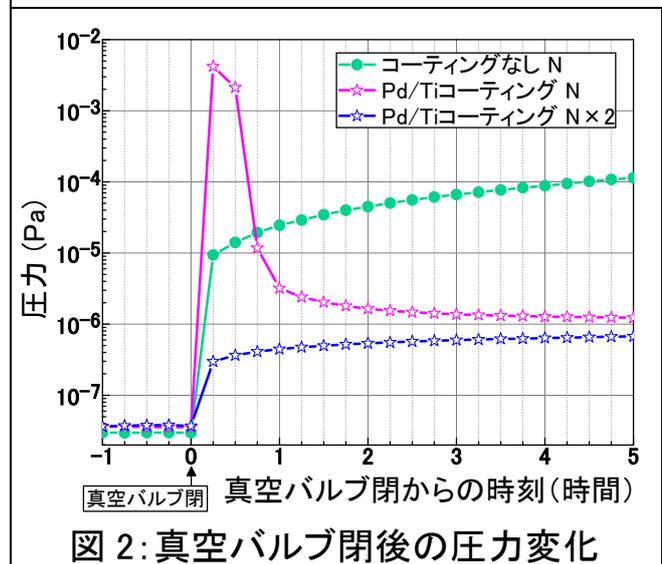


図 2: 真空バルブ閉後の圧力変化

ビームラインインターロックシステム導入の省力化 Labor-saving Installation of the Beamline Interlock System

小菅隆、斉藤裕樹、石井晴乃、仁谷浩明
高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所

高エネルギー加速器研究機構 Photon Factory (以下 KEK-PF) では、ビームライン毎にビームラインインターロックシステムが設置されており、「放射線安全」、「ビームライン真空の保持」、「ビームラインコンポーネントの保護」を目的に動作している。KEK-PF ではビームラインの性能向上のためのビームライン再構築などが随時行われており、その都度ビームラインインターロックシステムも置き換えられる。また、ビームラインインターロックシステム自体も老朽化した場合には、最新のシステムへの置き換えが必要となる。

現在、KEK 放射光も見据えた STARS をインターフェースのベースとする新しいビームラインインターロックの開発及び導入が進進行中であるが、導入時の省力化は大きなテーマのひとつである。これまで、我々はビームラインインターロックシステムを制御するための PLC(Programmable Logic Controller)用ソフトウェアの自動生成などのシステム導入の省力化を行ってきたが、今回ビームラインインターロックシステムの設計も含めた省力化のための統合ソフトウェア「BLIS Designer」を開発した。本ソフトウェアを使用すると、あらかじめビームラインインターロックシステムの大まかな定義を行うと、自動的に配線表などを出力(図 1)する事や、PLCソフトウェアの自動生成(図 2)、STARSを使用したインターフェース用の定義ファイル出力などを行う事が出来る。ここでは「BLIS Designer」の詳細について報告する。

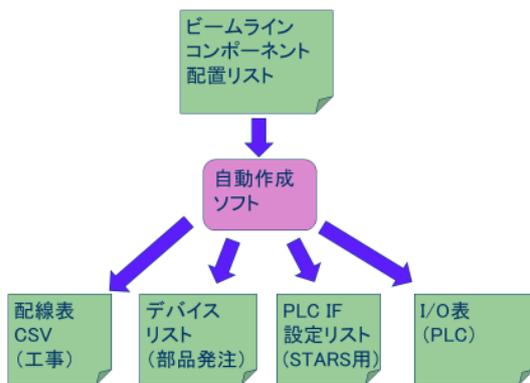


図 1. 配線表等の自動作成

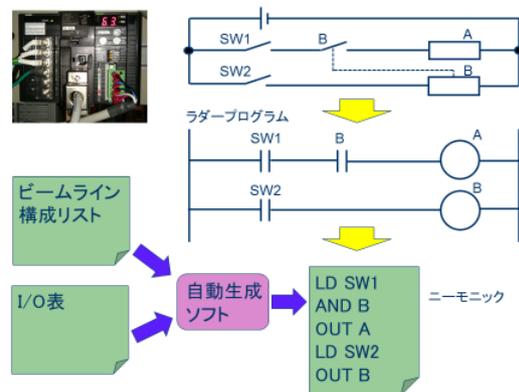


図 2. PLC プログラムの自動生成

KEK-PF ビームライン制御標準ソフトウェア STARS の紹介

Introduction of the software “STARS” focusing on the beamline control system and the softwares at the KEK Photon Factory

永谷康子¹、小菅隆¹、仁谷浩明¹、石井晴乃¹、渡邊一樹²

1 KEK-放射光、2 三菱電機システムサービス

高エネルギー加速器研究機構 放射光科学研究施設(KEK-PF)で開発された STARS(Simple Transmission and Retrieval System)は、TCP/IP Socket を用いたテキストベースのメッセージの送受を基本としたソフトウェアで様々な OS での動作が可能であり、KEK 放射光のビームライン制御やビームライン・インターロックシステム等で使用されている。

ビームラインで使用されているパルスモータコントローラやカウンタ等様々な機器を操作するためのデバイス用クライアントプログラムや、STARS のクライアントプログラム開発を支援するツールとして様々なプログラム言語に対応した STARS インターフェイスやウィザード等の開発を行っており、これらは WEB からのダウンロードが可能となっている。(http://stars.kek.jp)

ビームライン制御システムでは、分光器やミラー、スリットといった光学系機器や計測用機器の制御の整備や、ビームライン放射光の位置や強さを調べるための調整ツール等を提供しており、各ビームラインでは、STARS をベースとした計測系システムの整備を進めたり、また利用形態に応じてビームラインの挿入光源のパラメータや分光器の光エネルギーの値を操作するための STARS コマンドを公開してユーザ実験用プログラムへの組み込みを可能としている。

今回のポスター発表では、KEK 放射光のビームライン制御を中心に、制御ソフトウェア STARS の現状について紹介する。

表 STARS で制御をおこなっているビームライン一覧

カテゴリー	ビームライン名
PF-2.5 GeV Ring X-ray	BL-1A、BL-3A、BL-3C、BL-4B2、BL-4C、BL-5A、BL-6A、BL-6C、 BL-7C、BL-8A、BL-8B、BL-9A、BL-9C、BL-10C、BL-12C、BL-14A、 BL-15A1、BL-15A2、BL-17A、BL-18B、BL-18C、(BL-20B 計画中)
PF-2.5 GeV Ring VUV and Soft X-ray	BL-2A/B、BL-3B、BL-11A、BL-11B、BL-11D、BL-13A/B、BL-16A、 BL-19B、BL-20A、BL-28A/B
PF-AR	NE1A、NE3A、NE5C、NE7A、NW2A、NW10A、NW12A、NW14A
その他	Slow Positron Facility

超低速ミュオン生成用コヒーレントライマン α 光の 強度測定の実状

Intensity-measurement of coherent Lyman- α radiation for generating Ultra Slow Muon

中村惇平¹, 大石裕¹, 斎藤徳人², 宮崎洸治², 岡村幸太郎², 足立泰平¹,
パントアンバダット¹, 池戸豊¹, 牧村俊助¹, ストラッサーパトリック¹, 友野大³,
髭本亘⁴, 河村成肇¹, 下村浩一郎^{1,3}, 幸田章宏¹, 小嶋健児¹, 伊藤孝⁴,
藤森寛¹, 和田智之^{1,2}, 門野良典¹, 三宅康博¹

1 KEK 物構研, 2 理研光量子工学, 3 阪大 RCNP, 4 JAEA 先端研,

波長 200 nm 以下の真空紫外領域では、非線形光学効果による波長変換により、波長可変のコヒーレント光が生成される。中でも我々は、クリプトン準位を用いた二光子共鳴四波混合により、122.09 nm または 121.57 nm のコヒーレントライマン α 光を生成している[1]。このライマン α 光源は、ミュオニウム (Mu, μ^+e^-) または水素原子(H)を $1S \rightarrow 2P$ と励起する目的で J-PARC ミュオン施設の U line に設置された。励起された Mu, H は 355 nm 光によりイオン化された。イオン化水素の輸送でビームラインの調整が行われ、2016 年 2 月 21 日には J-PARC で初めて Mu の共鳴イオン化・超低速ミュオン(USM)生成が行われた[2]。現在ビームコミッションが行われている[3]。

ライマン α 光はこれまでになく高い変換効率 (1.7×10^{-3}) で生成され、Mu 生成標的近くで $3.7 \mu\text{J}/\text{pulse}$ が達成された[1]。このような強度増加に伴い、VUV 光の強度測定は行いにくくなる。これは素子感受率や窓材透過率が変化しやすかったり、基本波が大強度の背景光となったりするためである。これに対し我々は、サリチル酸ナトリウムの蛍光板・一酸化窒素のガスセル・シリコンフォトダイオード(Si-PD)を用意した。ステアリングチェンバー[4]は背景光を低減し、その内部には Si-PD と蛍光板が設置された(図 1)。また、感受率評価用チェンバーにより NIST 校正済み Si-PD と他の素子との感受率比較も行われた。発表ではこれらの現状と、より大強度のライマン α 光に対応するための改良予定について報告する。

[1] N. Saito et al, Opt. Express 24 7 (2016) 007566

[2] Y. Miyake et. al., NIM Phys. Res., Sect. B : 95 265-275 (1995)

[3] A.D. Pant et. al. this meeting.

[4] J. Nakamura et. al. JPS Conf. Proc. 2 010108 (2014)

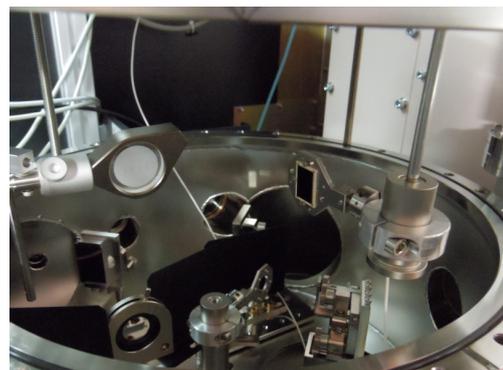


図 1: Si-PD と蛍光板は超高真空内で移動できるように設置されている

深部磁気モーメント可視化の為にウォルタースーパーミラー 中性子顕微鏡の開発

Development of Neutron Microscope using Wolter Type I Supermirror for Observation of Deeply Buried Magnetic Moment

曾山和彦¹、林田洋寿²、丸山龍治¹、山崎大¹
山村和也³、後藤惟樹³、小林勇輝³

1 原子力機構 J-PARC センター、2 CROSS 中性子科学センター、
3 大阪大学超精密科学研究センター

磁気デバイス中の磁気構造を理解しその性能を向上させるためには、材料中の磁気構造をイメージングする技術が非常に重要であり、近年、磁気 Kerr 効果装置、スピン偏極走査電子顕微鏡、X線磁気円二色性測定装置などが開発・適用されている。しかし、これらの測定手法によって得られる磁気構造情報は、材料表面付近に限られるため、深部磁気構造を可視化できる測定手法が求められている。

中性子は、スピンに起因する磁気モーメントと高い透過性を有することから、前述の電子線や X 線と相補的に磁気デバイス等の深部磁気構造を観察する最適なマイクロプローブとなり得る。本研究では、現状において十分な中性子強度を得られないという中性子顕微鏡の欠点を克服するため、

i) 高精度回転非球面多層膜スーパーミラーを用いたウォルター I 型拡大結像光学系の開発

ii) マイクロメートルオーダーの高効率・空間分解能を有する中性子ズーミング 2 次元検出器の開発

を融合することで、物質中の磁気構造をイメージする中性子顕微鏡の開発を目指している。

本報告では、ウォルター I 型スーパーミラーに基づく中性子拡大/縮小結像光学系のオプティクス、レプリカ法による回転非球面スーパーミラーの製作及び中性子ズーミング 2 次元検出器について報告するとともに、以上から構成される中性子顕微鏡の設計について報告する。

^3He 中性子スピフィルター開発の現状 Current Status of a ^3He spin filter development

奥隆之¹、酒井健二¹、廣井孝介¹、渡辺真朗¹、篠原武尚¹、相澤一也¹、加倉井和久¹、吉良弘²、林田洋寿²、桐山孝治²、鈴木淳市²、猪野隆³、大河原学⁴、能田洋平⁵、大山研司⁵、奥平琢也⁶、岡田晏珠⁶、北口雅暁⁶、清水裕彦⁶、
W.T. Hal Lee⁶、T.X. Tong⁷

1 原子力機構、2 CROSS 東海、3 高エネ研、4 東北大、5 茨城大、6 名大、
7 ANSTO、8 ORNL

我々はパルス中性子散乱実験への応用を目的として、 ^3He 中性子偏極フィルターの実用化研究を行っている。 ^3He 中性子偏極フィルターは、広いエネルギー範囲の中性子に有効である他、発散度の大きな中性子ビームの偏極も可能であるなど、優れた特徴を兼ね備えている。これまでに我々は、Volume Holographic Grating (VHG) 素子を用いて、スピン交換光ポンピング (SEOP) 用の小型レーザー光学系を開発し、シンプルで使い易いオンビーム SEOP 型 ^3He 偏極フィルターシステムを構築した。そして、そのシステムを用いて、J-PARC のパルス中性子ビームを用いて、小角散乱装置や反射率計における偏極度解析実験、偏極中性子イメージング試験などを行ってきた。現在、このシステムの適用範囲を拡張するため、 ^3He フィルターセルの短波長中性子対応やセルサイズの大型化、レーザー光学系他周辺技術の改良、施設整備などを進めている。学会では、開発の現状と今後の開発・整備計画について発表する予定である。

Commissioning of Ultra Slow Muon in U-line, MLF

A.D. Pant¹, T. Adachi¹, Y. Ikedo¹, K. Shimomura¹, J. Nakamura¹,
Y. Oishi¹, P. Strasser¹, W. Higemoto², R. Kadono¹, Y. Miyake¹ and
E. Torikai^{2,3}

¹*Muon Science Laboratory, High Energy Accelerator Research Organization (KEK),* ²*Advanced Science Research Center, Japan Atomic Energy Agency, Tokai,* ³*Interdisciplinary Graduate School, University of Yamanashi, Japan*

To transport ultra slow muon generated by laser resonant ionization of muonium [1] evaporated from the surface of hot tungsten (2000 K) to experimental ports - U1A (ultra slow muon beam for surface and interface study with nm depth resolution) and U1B (muon micro beam for 3D imaging inside material with μm spatial resolution) on U-line, MLF, J-PARC [2], we use electrostatic lenses, electric quadrupoles, bends, and deflector; and magnetic bend. In the U1A area, high deceleration voltage (upto $\sim 30\text{kV}$) and Enzil lens are used to get the ultra slow muon beam ($20\text{ eV} \sim 20\text{ keV}$) of size $\sim\text{mm}$ at μSR spectrometer (F6A), while in U1B, there is re-acceleration of beam to several hundreds keV to get micro muon beam of size of μm order. During commissioning, we have already transported ultra slow muon to F6A of U1A and focusing point (F5B) in U1B [Fig. 1]. To tune the beam and increase its intensity, we have been optimizing all electric and magnetic components as well as updating laser system [3]. The simulation using Monte Carlo based code – musrSim[4] have been performing to support the transportation of beam. In this presentation, status of commissioning will be presented.

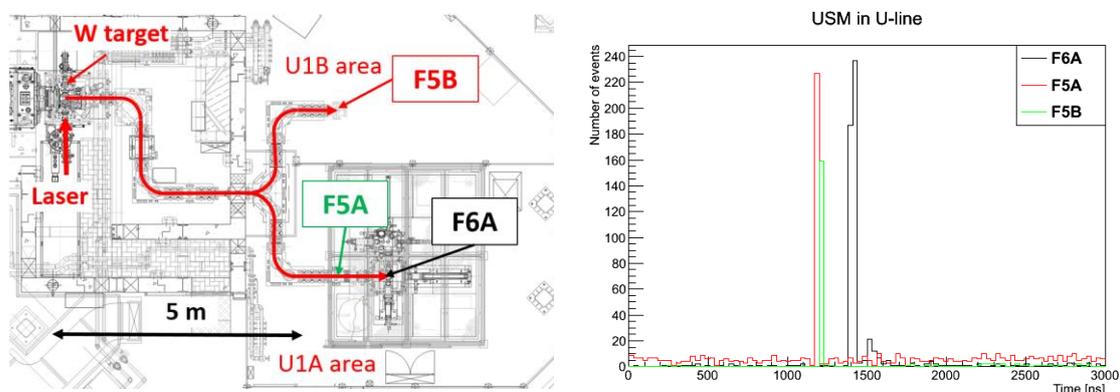


Fig. 1 USM observation (Left: drawing, right: time histogram, 0 ns at laser ionization)

[1] K. Nagamine et al., Phys. Rev. Lett. **74**, (1995) 4811

[2] Y. Miyake et al., JPS Conf. Proc. **2** (2014) 010101

[3] N. Saito et al., Opt. Express **24** 7 (2016) 007566

[4] K. Sedlak, et al., Manual of musrSim, <http://lmu.web.psi.ch/simulation/index.html>