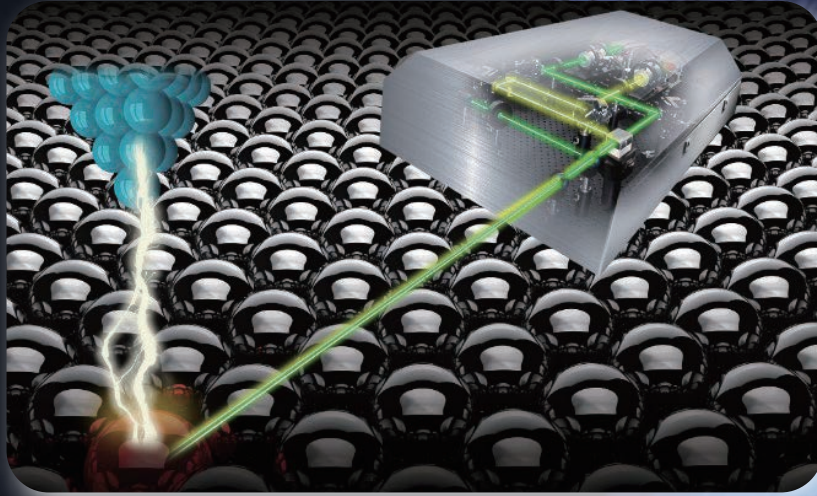


新製品

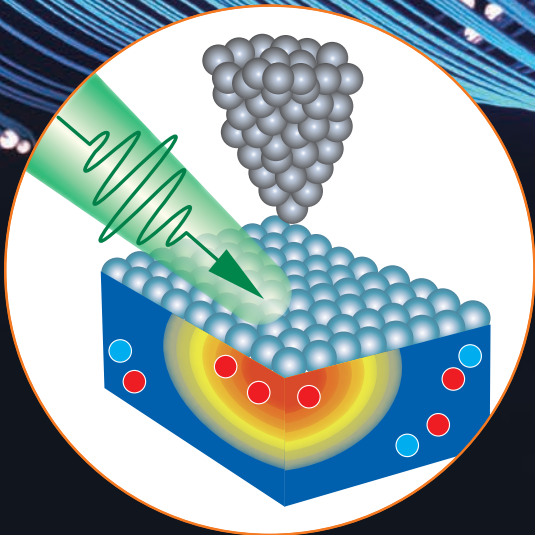
時間分解走査トンネル顕微鏡システム



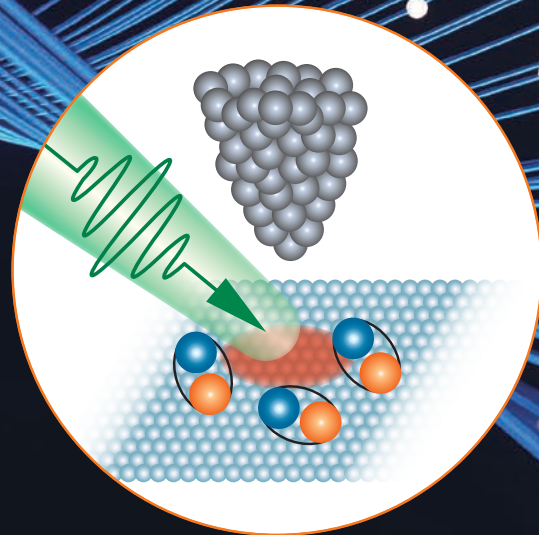
コンパクトにモジュール化した光学システムにより
時間分解STM測定が簡単にできるようになりました

光励起現象の超高速ダイナミクスを
ナノスケールで観察！

キャリア&電荷ダイナミクス



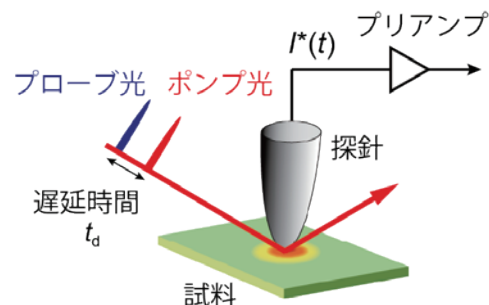
励起子ダイナミクス



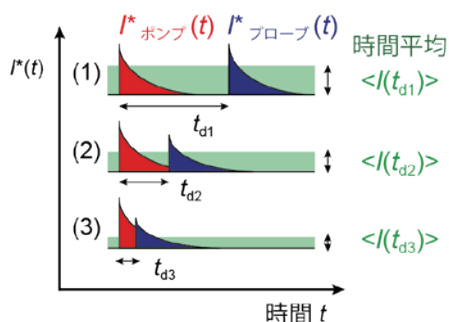
この装置は筑波大学重川・武内研究室が開発した光ポンプ・プローブSTMを製品化したものです

時間分解STMの原理

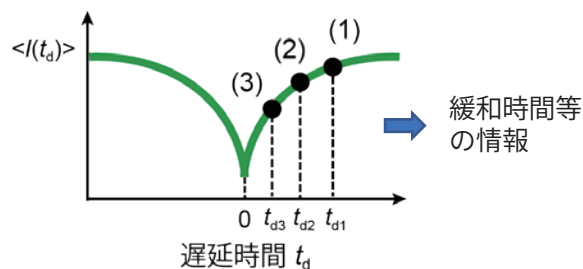
ポンプ光とプローブ光を試料に照射し、試料-探針間に流れるトンネル電流を測定します(右図)。遅延時間が短い(長い)場合、励起状態はキャリアに占有されている(いない)ため、プローブ光によって励起されるキャリア数は少なく(多く)なります。その結果、トンネル電流は小さく(大きく)なります(下図左)。トンネル電流の遅延時間依存性を測定することにより、キャリアダイナミクス(緩和時間など)が得られます(下図右)。さらに、探針位置を変えることでナノスケール空間分解能でキャリアダイナミクス測定が可能になります。



ポンプ・プローブ光による過渡トンネル電流と時間平均トンネル電流の関係

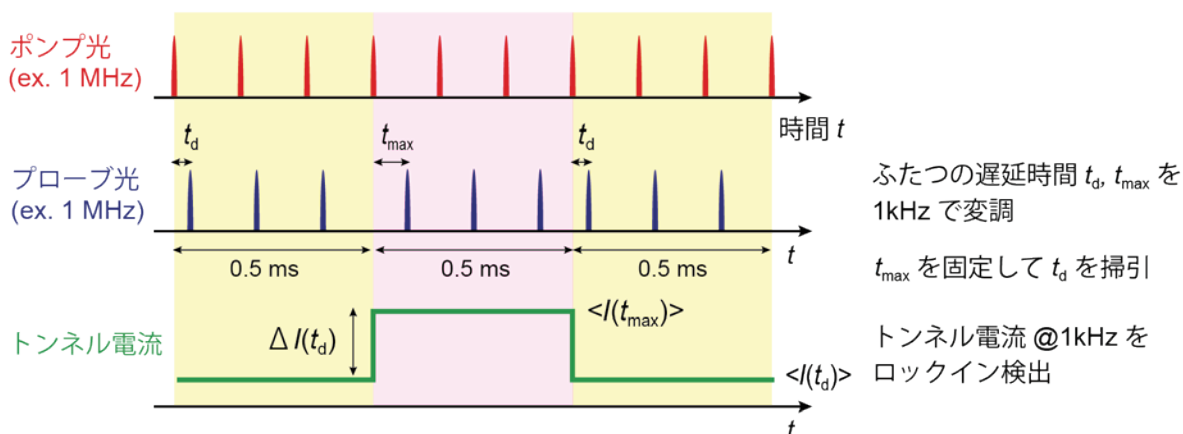


時間平均トンネル電流の遅延時間依存性

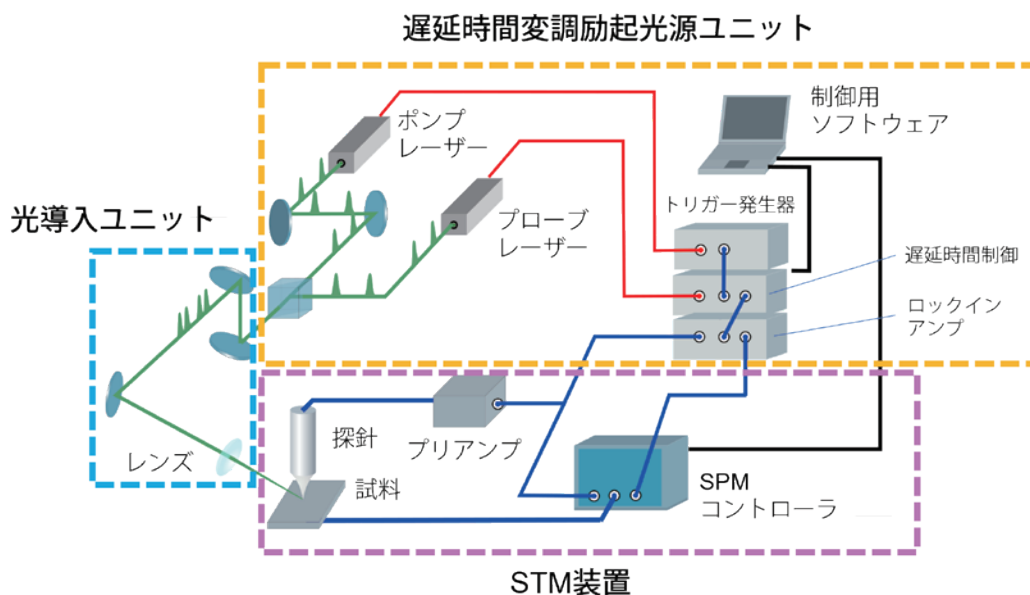


独自の遅延時間変調法

励起光照射による探針熱膨張効果を抑制し、かつ微小な時間分解トンネル電流信号を高精度で検出するためには、遅延時間を矩形波的に変化させる遅延時間変調測定が有効であることが知られています(特許取得済技術)。本装置は、時間分解STM測定に最適な遅延時間変調システムと変調に同期してトンネル電流を検出するためのロックインアンプを備え、励起光を試料へ照射するだけで時間分解STM測定を始められます。



装置基本構成



遅延時間変調励起光源ユニット

既存のSTM装置へ組み込み可能！

特長

独自の遅延時間変調法を電子制御により実現することで光学系を大幅に小型化し、操作性を改善しました。また、用途に応じてレーザーの選択が可能です。お気軽にご相談ください。



基本仕様

	OPP-PS (ピコ秒システム)	OPP-NS (ナノ秒システム)
平均強度(レーザー1台)	>25 mW@1 MHz (532 nm)	12-35 mW@10 MHz
パルス強度	>25 nJ (532 nm)	1.2 ~ 3.5 nJ
中心波長*	532 nm	405, 450, 488, 520, 640, 785, 820 nmから選択
パルス幅	45±15 ps	最小: 6±1 ns, 最大: 39±3 ns
ジッター	25 ps	25 ps
レーザー繰り返し周波数	1 kHz-1 MHz	最大10 MHz
時間分解能**	~70 ps	~9 ns

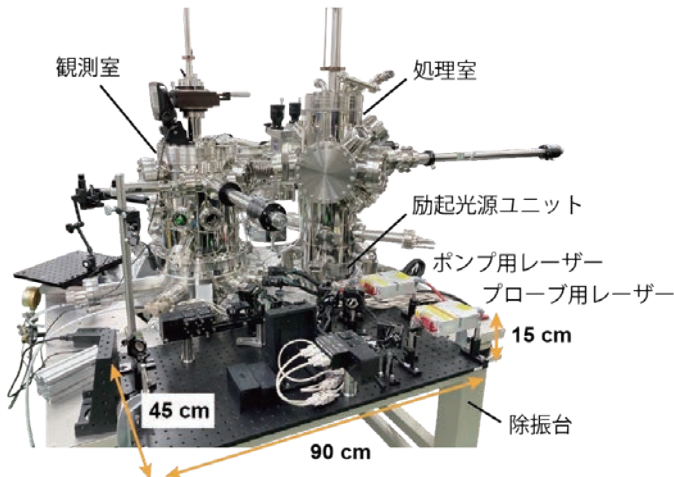
*選択可能な波長は変更されることがあります。

**装置構成から算出される理論値であり、測定試料に応じて変化する場合があります。

USM1400-OPP

詳細はSci. Rep. 13, 818 (2023). をご覧ください

特長



■ コンパクトな励起光源ユニット

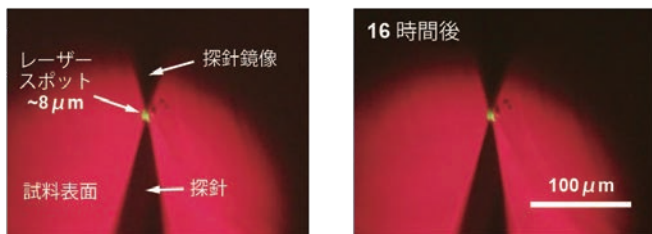
- 時間分解能 ~70 ps
- 操作性を大幅に改善
- 波長は532 nm
- ナノ秒レーザーの選択も可能

■ ナノスケールキャリアダイナミクス測定

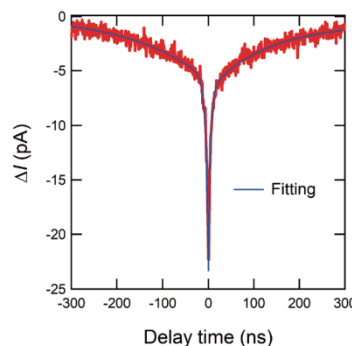
- 空間分解能 ~ 1 nm
- 長時間の時間分解測定 (~1 day)

■ 長時間安定なレーザースポット位置

→ 長時間の時間分解測定が可能



■ 時間分解トンネル電流

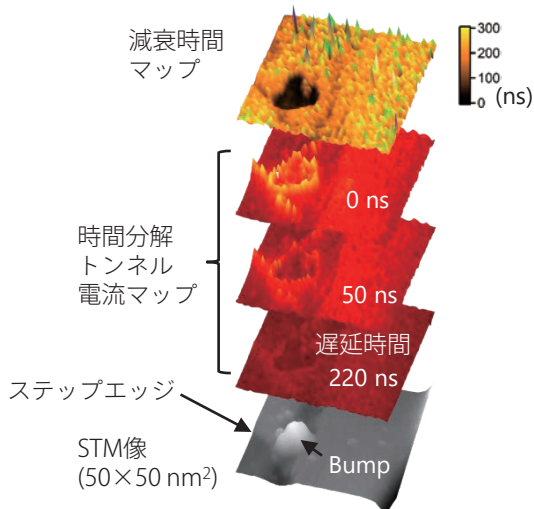


→ 光励起されたキャリアの緩和時間などの情報

Ex. GaAs(110) 劈開面,
T = 78 K
減衰時間
Fast: 4.5 ± 0.2 ns
Slow: 121.3 ± 8.3 ns

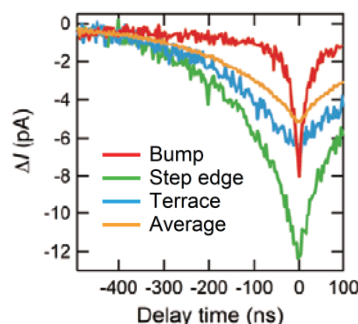
■ 光励起キャリアの緩和時間ナノスケールイメージング

GaAs(110) 劈開面, T = 6 K



ナノ構造によるキャリアダイナミクスへの影響を可視化!

時間分解トンネル電流の場所依存性



長時間測定が可能

- 50×50 nm² 走査範囲で 50×50 グリッド点測定
- 1点30秒、全体で約21時間の測定時間

空間分解能 ~1 nm

時間分解STMの応用分野

■ 半導体材料、ヘテロ構造

ex. 遷移金属ダイカルコゲナイド(TMDC)

- キャリア再結合
- ドーパント付近の電荷ダイナミクス

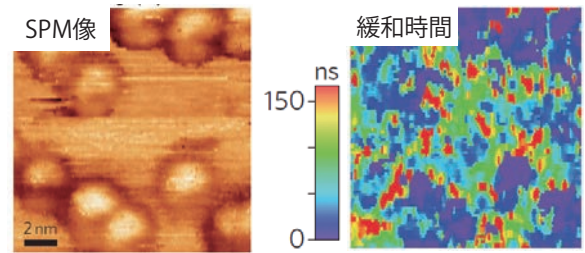
■ 光触媒材料 (ex. TiO₂)

- 光誘起キャリアダイナミクスへの不純物効果
- ポーラロンダイナミクス

■ 太陽電池材料

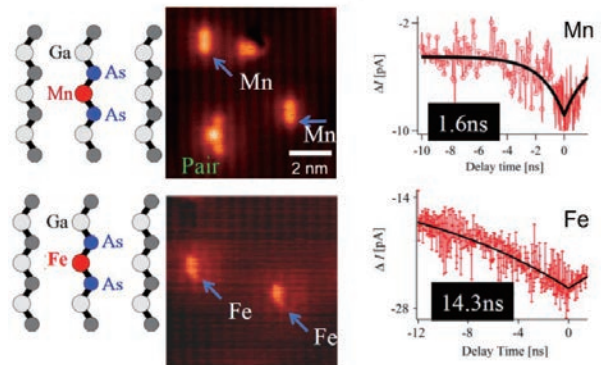
- ナノ構造や界面の性能への影響

■ キャリア再結合ナノスケール観察



Terada *et al.*, Nat. Photon. **4**, 869 (2010).

■ 原子分解能キャリアダイナミクス測定

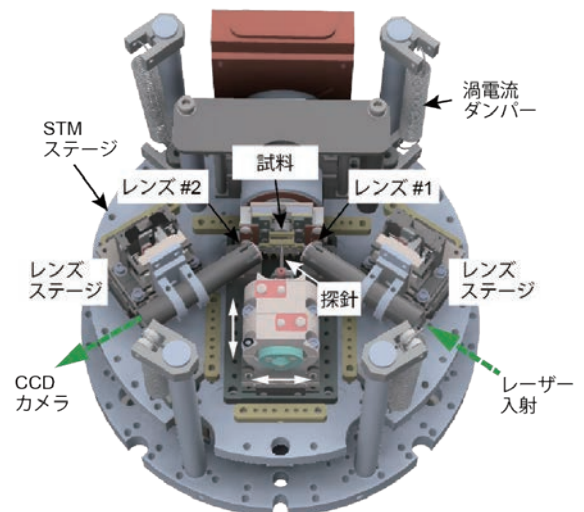


Yoshida *et al.*, Appl. Phys. Express **6**, 032401 (2013).

時間分解STMの基本仕様(USM1400)

真空度	超高真空
測定温度	室温, 78 K 6-100 K
液体He保持時間	40 h/12 L
STMスキャン範囲	1.7 μm
探針粗動距離(試料垂直方向)	$\pm 2.5 \text{ mm}$
探針ステージ移動範囲(試料水平方向)	$\pm 3 \text{ mm}$
レンズステージ移動距離	X, Y: $\pm 3 \text{ mm}$ Z: $\pm 2 \text{ mm}$
光入射角度	試料面直方向から55°
レンズ	非球面レンズ (NA: 0.3)

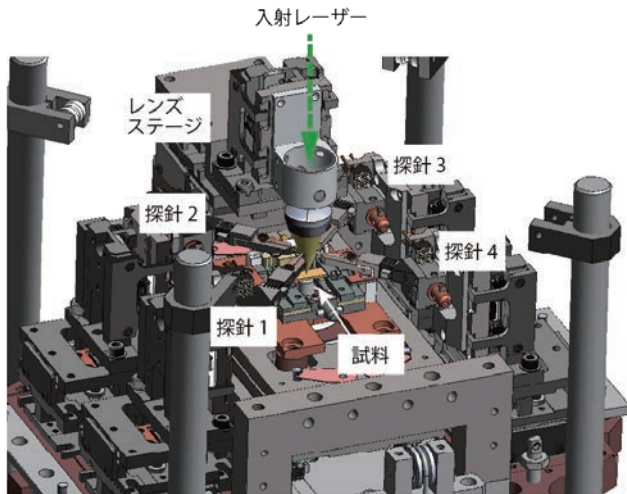
STMステージ上面図



光源ユニットの仕様は「遅延時間変調励起光源ユニット」に記載しています

USM1400-4P-OPP

特長



■ コンパクトな励起光源ユニット

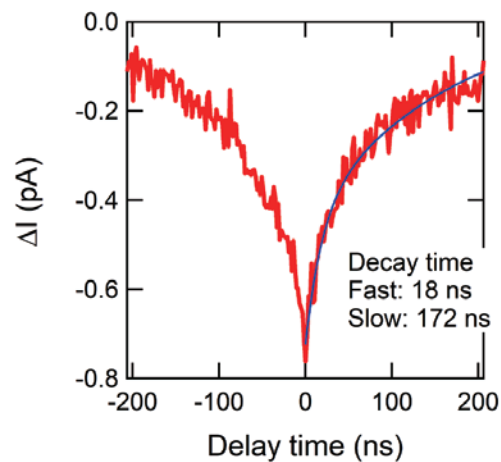
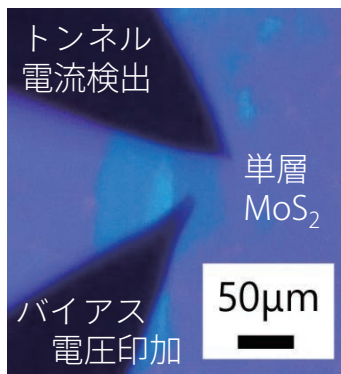
- 時間分解能 ~ 70 ps
- 操作性を大幅に改善
- 試料表面上への長時間安定なレーザー照射
- 波長は532 nm
- ナノ秒レーザーの選択も可能

■ 絶縁体基板上試料のキャリアダイナミクス測定

- 長焦点顕微鏡による試料、探針観察
- 4本の探針を独立制御
- ゲート電圧印加可能

■ 絶縁体基板上的の微小試料のキャリアダイナミクス測定

Ex. SiO_2 基板上的の単層 MoS_2



デモ測定受付中

測定条件

真空度	超高真空
測定温度	室温, 78 K
レーザー波長	532 nm
時間分解能	~ 70 ps
試料ゲート電圧	最大 ± 150 V

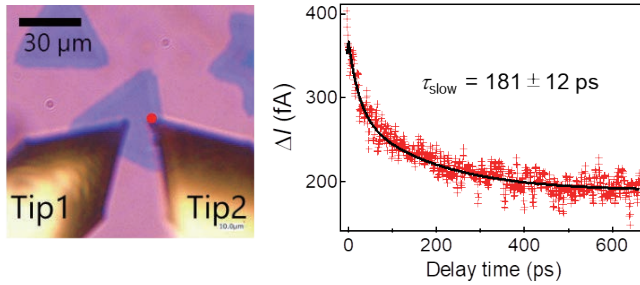
詳細についてはお気軽にご相談ください
(info@unisoku.co.jp)



UNISOKU WEB URL

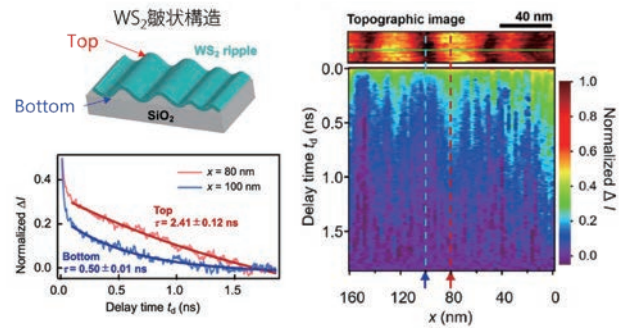
時間分解マルチプローブ顕微鏡の応用分野

■ 単層TMDCヘテロ構造のキャリアダイナミクス測定

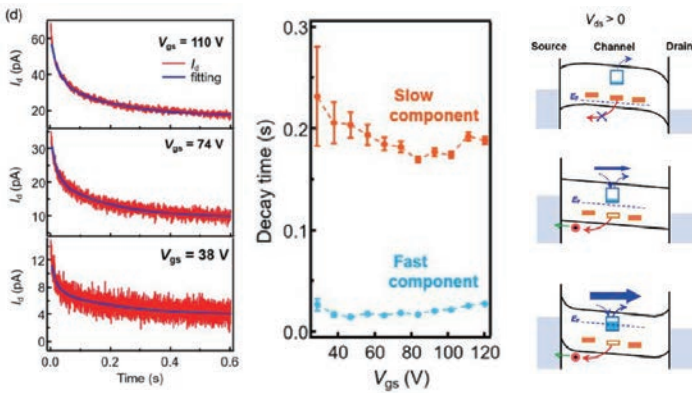


Mogi *et al.*, Appl. Phys. Express **12**, 045002 (2019).

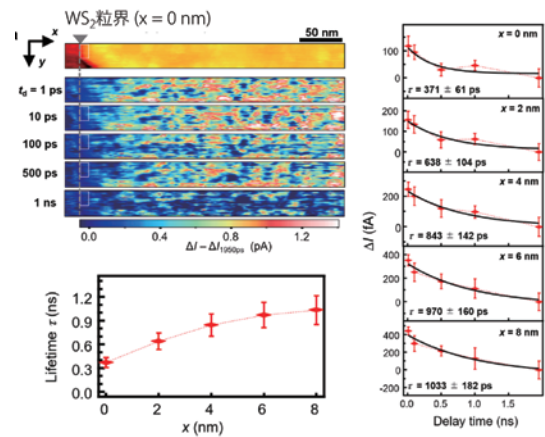
■ 単層TMDCナノ構造のエキソンダイナミクス測定



■ 単層TMDCのトラップ準位ダイナミクス測定



Mogi *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **61**, SL1011 (2022).

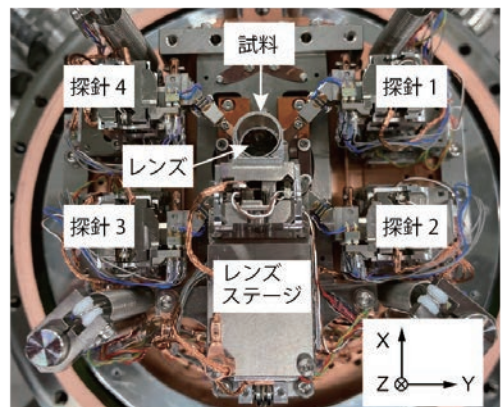


Mogi *et al.*, npj 2D Mater. Appl. **6**, 72 (2022).

時間分解マルチプローブ顕微鏡の基本仕様

真空度	超高真空
測定温度	室温 (低温対応はオプション)
探針数	4
STMスキャン範囲	2 μm × 2 μm
試料ステージ移動範囲	X, Y: ±2 mm
探針ステージ移動範囲	X, Z: ±2 mm, Y: ±4 mm,
レンズステージ移動範囲	X: -12 mm ~ +1.5 mm Y: ±2 mm Z: ±2 mm
光入射角度	試料表面に垂直
レンズ	非球面レンズ(NA: 0.3)

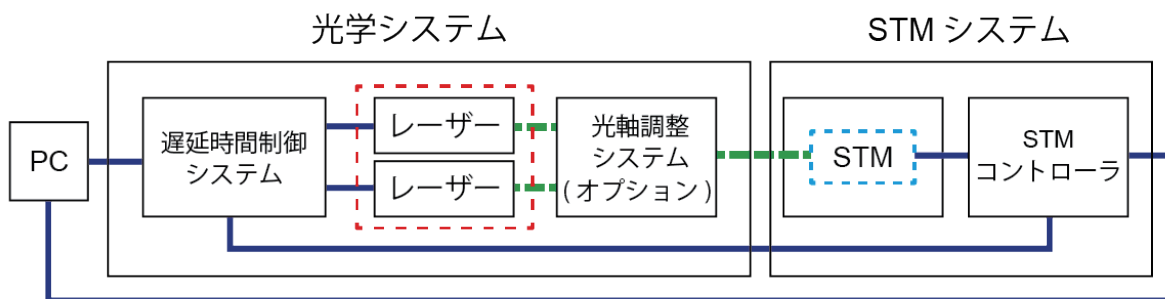
マルチプローブステージ上面写真



光源ユニットの仕様は「遅延時間変調励起光源ユニット」に記載しています

装置の組み合わせ

用途に応じて様々なレーザーとSPMシステムの組み合わせが可能です。
お気軽にご相談ください。



レーザー

	OPP-PS (ピコ秒システム)	OPP-NS (ナノ秒システム)
パルス幅	35 ps	6-39 ns
波長*	532 nm	405, 450, 488, 520, 640, 785, 820 nm
繰り返し周波数	0.05-1 MHz	最大10 MHz

*選択可能な波長は変更されることがあります。

STM

	STM (単探針)	マルチプローブ
装置モデル	USM1200 (ヘリウム超低消費), USM1400 (標準), USM1800 (液体ヘリウムフリー)	室温USM1400 (UHV or 大気中) 低温USM1400



※ 既存のSTM装置へ光学システム組み込みをご検討の場合はお気軽にご相談ください。

株式会社 ユニソク



E-mail: info@unisoku.co.jp Web site: <https://www.unisoku.co.jp/>

〒573-0131 大阪府枚方市春日野 2-4-3 TEL: 072(858)6456