

フェムト秒レーザー駆動の マイクロプラズマ極紫外線 (XUV) 光源装置

Femtosecond Laser-Driven Microplasma XUV Source

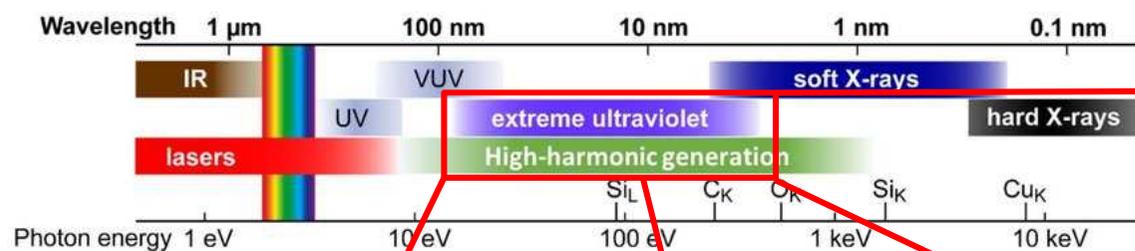
沖縄科学技術大学院大学 フェムト秒分光法ユニット
Femtosecond Spectroscopy Unit

ポスドク研究員 ジュリアン・マデオ
Postdoctoral Scholar Julien Madéo

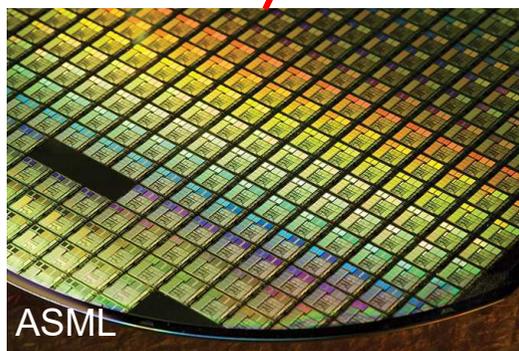


背景：極紫外線 (XUV・EUV) とは

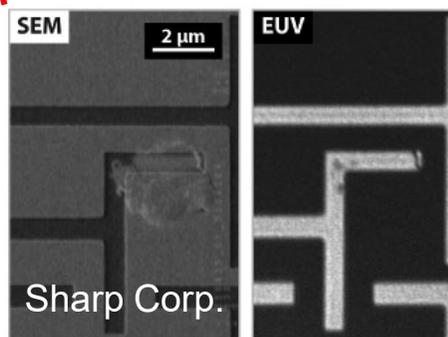
About Extreme-UV radiation and its applications



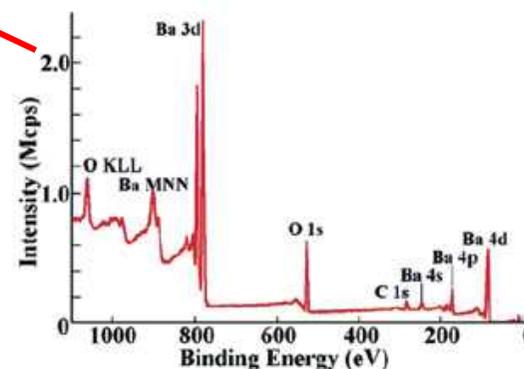
アト秒(10⁻¹⁸s)パルス生成
Attosecond (10⁻¹⁸s) pulse generation



EUVリソグラフィ (半導体業界)
EUV lithography
(semiconductor industry)



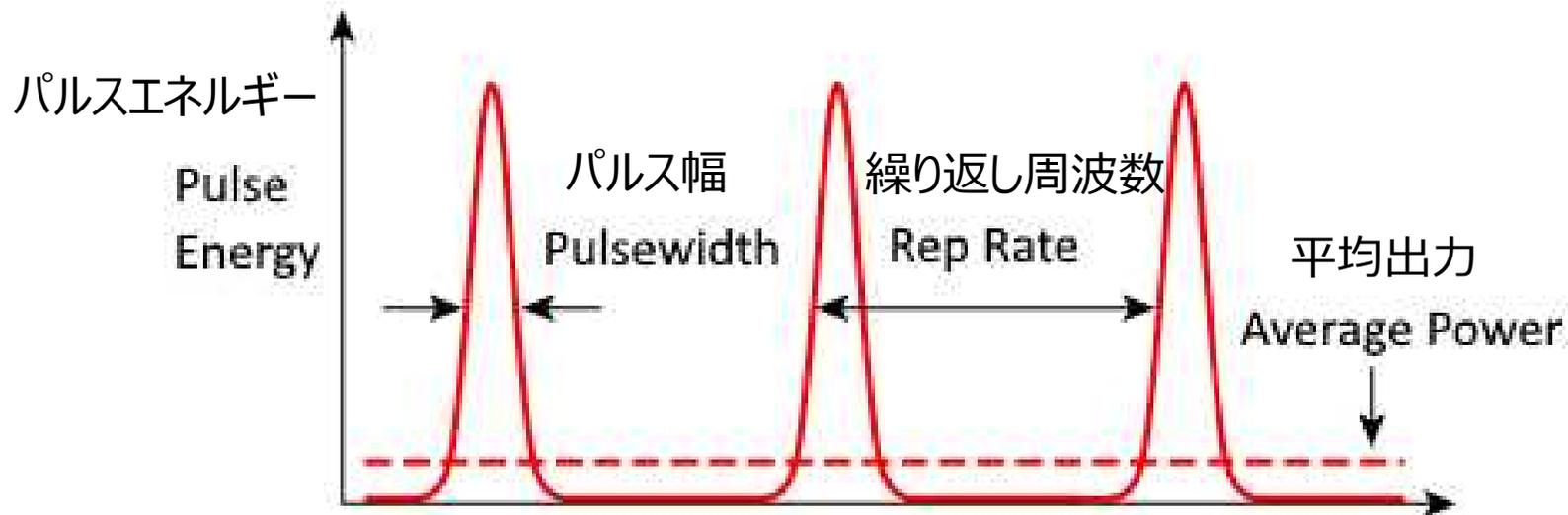
ナノイメージング検査
Nano-imaging for inspection



UV光電子分光 (材料組成解析)
UV Photoelectron Spectroscopy (Material
Characterization)

本技術の原理

Basics of femtosecond-laser-based EUV sources



フェムト秒 (10^{-15} s) パルスレーザー :

出力 (W)

パルスエネルギー (J) = 1 パルス当たりの光子の数の指標

繰り返し周波数 (Hz) = 1 秒当たりのパルス数

Femtosecond (10^{-15} s) pulsed laser :

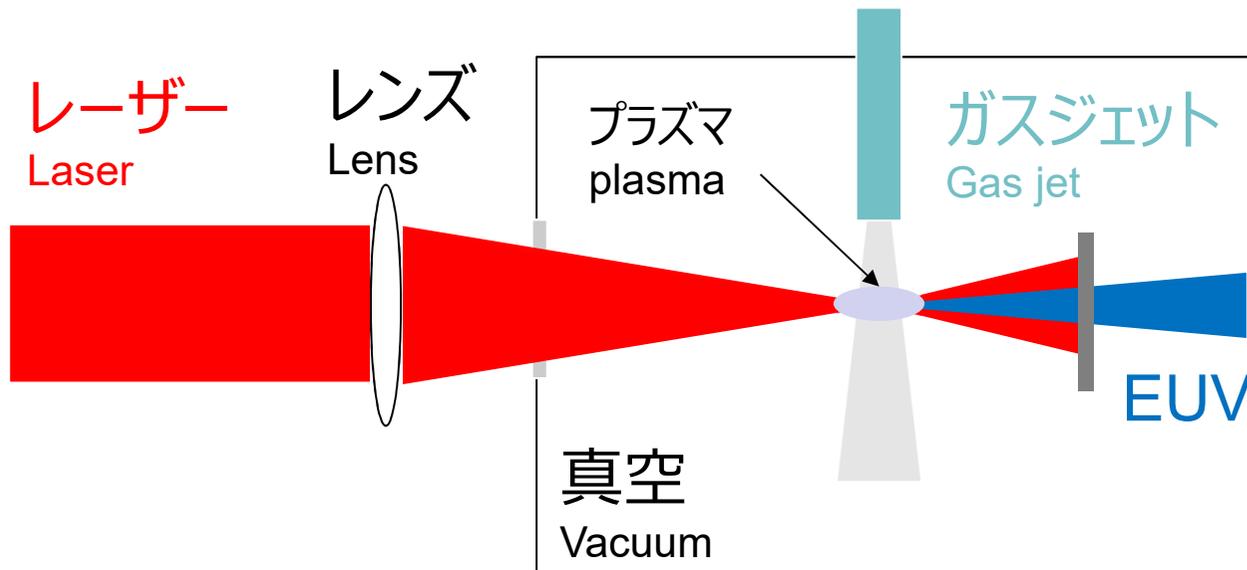
Power (W)

Pulse Energy (J) = number of photons / pulse

Repetition rate (Hz) = number of pulses / sec

本技術の原理

Basics of femtosecond-laser-based EUV sources



- ガス内でレーザーをフォーカス
Focus laser in a gas
- プラズマ生成
Creation of plasma
- 生成プラズマがEUVを発生
Plasma generates EUV

既存のEUV光源との比較

Currently available femtosecond EUV sources

メーカー Manufacturer	入力パワー Input	出力パワー Output	波長 Wavelength	繰り返し周波数 Acquisition rate
K社 Company K	100-1000 μJ >5 W	>10 μW > 10^{12} photons/s	30 nm	1-20 kHz
A社 Company A	~10-100 μJ 100 W	>1 μW < 10^{12} photons/s	48 nm	1-10 MHz

既存のEUV光源との比較

Currently available EUV sources

メーカー Manufacturer	入力パワー Input	出力パワー Output	波長 Wavelength	繰り返し周波数 Acquisition rate
K社 Company K	100-1000 μ J >5 W	>10 μ W > 10^{12} photons/s	30 nm	1-20 kHz
A社 Company A	~10-100 μ J 100 W	>1 μ W < 10^{12} photons/s	48 nm	1-10 MHz

十分な出力パワーで、様々な用途へ利用可能
(例：イメージング、測定)

Enough output power for many applications (e.g. imaging, metrology)

既存のEUV光源との比較

Currently available EUV sources

メーカー Manufacturer	入力パワー Input	出力パワー Output	波長 Wavelength	繰り返し周波数 Acquisition rate
K社 Company K	100-1000 μ J >5 W	>10 μ W > 10^{12} photons/s	30 nm	1-20 kHz
A社 Company A	~10-100 μ J 100 W	>1 μ W < 10^{12} photons/s	48 nm	1-10 MHz

高パルスエネルギー & ハイパワーレーザー

High pulse energy and high power laser

=

大型、高額、危険

Bulky, costly and dangerous

既存のEUV光源との比較

Currently available EUV sources

メーカー Manufacturer	入力パワー Input	出力パワー Output	波長 Wavelength	繰り返し周波数 Acquisition rate
K社 Company K	100-1000 μ J >5 W	>10 μ W > 10^{12} photons/s	30 nm	1-20 kHz
A社 Company A	~10-100 μ J 100 W	>1 μ W < 10^{12} photons/s	48 nm	1-10 MHz

高パルスエネルギー & ハイパワーレーザー
High pulse energy and high power laser

=

大型、高額、危険
Bulky, costly and dangerous

kHz = 低い繰り返し周波数、ノイズの多いデータ
kHz = Low acquisition rate, noisy data

MHz = 高い繰り返し周波数、ノイズの低いデータ
MHz = Fast acquisition rate, low noise data

既存のEUV光源との比較

Currently available EUV sources

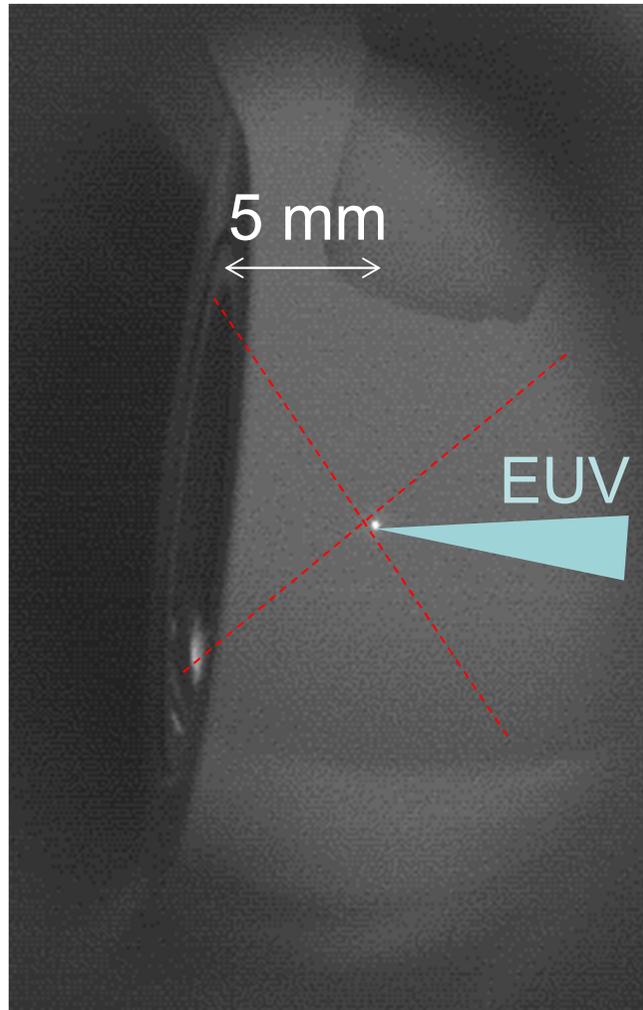
メーカー Manufacturer	入力パワー Input	出力パワー Output	波長 Wavelength	繰り返し周波数 Acquisition rate
K社 Company K	100-1000 μ J >5 W	>10 μ W > 10^{12} photons/s	30 nm	1-20 kHz
A社 Company A	~10-100 μ J 100 W	>1 μ W < 10^{12} photons/s	48 nm	1-10 MHz

理想的なEUV光源 Ideal technology

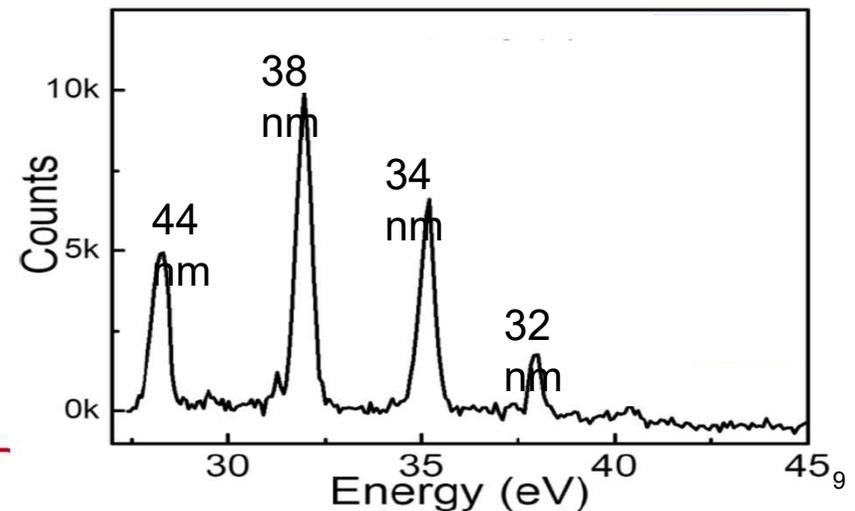
- 低パワーレーザー = コンパクトで安価
Low power/pulse energy laser = compact and cheaper
- 高いデータ取得率、低ノイズ = > MHz
Fast acquisition rate, low noise = > MHz repetition rate

本技術の特徴

Our technology: Microplasma EUV source-Demonstration



- 低パワー MHzレーザー (4 MHz, 0.4 μ J ,1.5 W)
Low power MHz laser (4 MHz, 0.4 μ J ,1.5 W)
- マイクロプラズマを通してEUVを生成
EUV generated via a Microplasma
- 小型の光源 (光学系込みで40cm x 40cm程度。
既存製品は光学系なしでも1m四方以上の大きさ)
Very compact source: footprint < 40 x 40 cm optics included vs
currently available sources > 1 x 1 m, optics not included



既存のEUV光源との比較

Currently available EUV sources

メーカー Manufacturer	入力パワー Input	出力パワー Output	波長 Wavelength	繰り返し周波数 Acquisition rate
K社 Company K	100-1000 μJ  >5 W	>10 μW  > 10^{12} photons/s	30 nm	1-20 kHz 
A社 Company A	~10-100 μJ  100 W	>1 μW  < 10^{12} photons/s	48 nm	1- 10 MHz 
OIST	0.4 μJ  1.5 W	~1 μW  > 10^{11} photons/s	38 nm	4 MHz 

既存のEUV光源との比較

Currently available EUV sources

メーカー Manufacturer	入力パワー Input	出力パワー Output	波長 Wavelength	繰り返し周波数 Acquisition rate
K社 Company K	100-1000 μJ  >5 W	>10 μW  > 10^{12} photons/s	30 nm	1-20 kHz 
A社 Company A	~10-100 μJ  100 W	>1 μW  < 10^{12} photons/s	48 nm	1- 10 MHz 
OIST	0.4 μJ  1.5 W	~1 μW  > 10^{11} photons/s	38 nm	4 MHz 



MHzの繰り返し周波数を持つ、波長調整可能な光源

+ Compatible with MHz repetition rate wavelength tunable sources

=

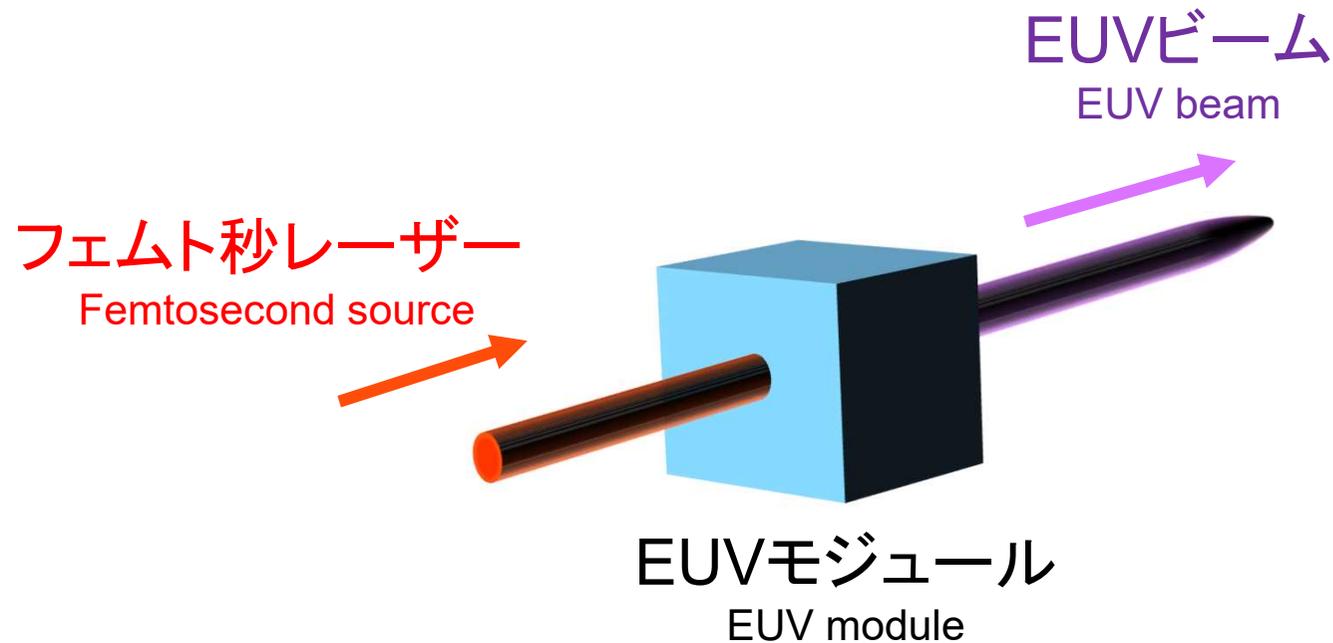
10nm~100nmまで波長を調整可能なEUV

Tunable EUV wavelength from 10 nm to 100 nm!

Various applications covered by the same device!

想定される用途

Examples of applications

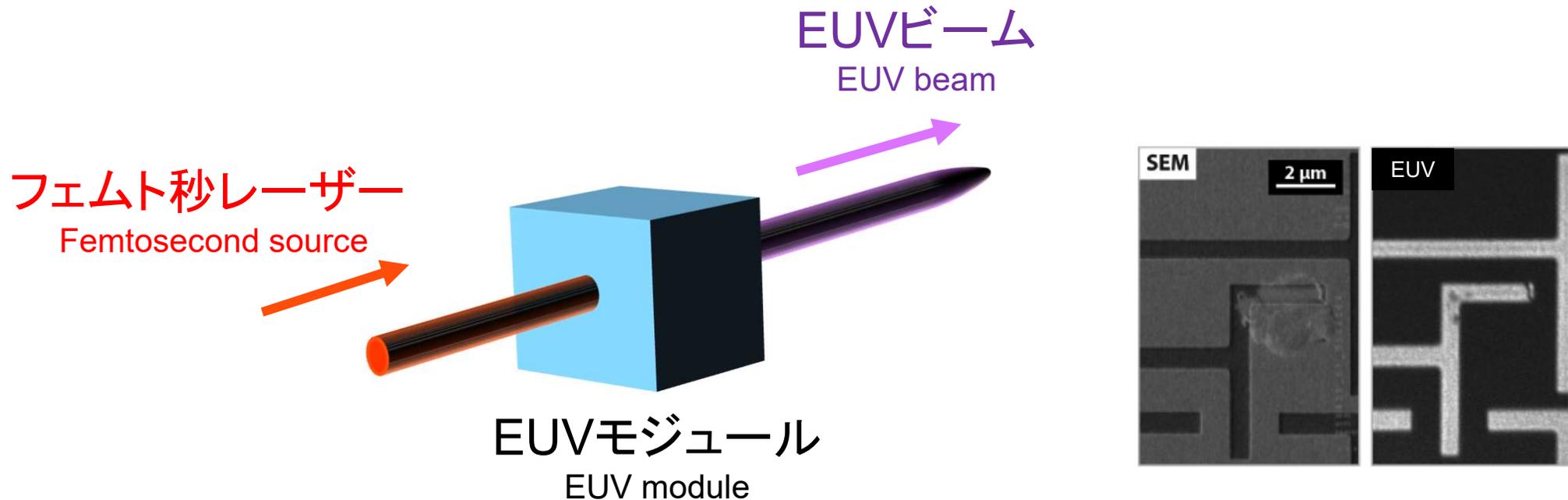


- 小型EUVモジュールの開発

Our technology allows to develop small footprint EUV module

想定される用途

Examples of applications

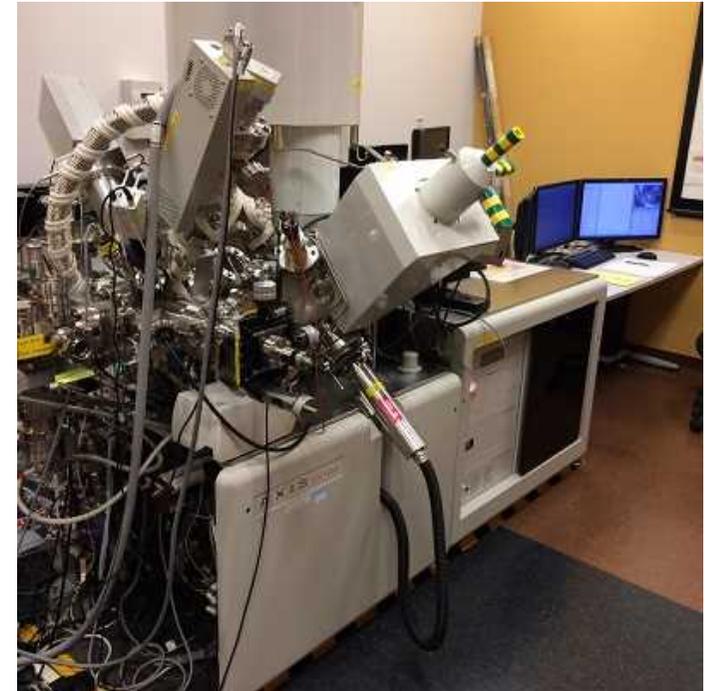
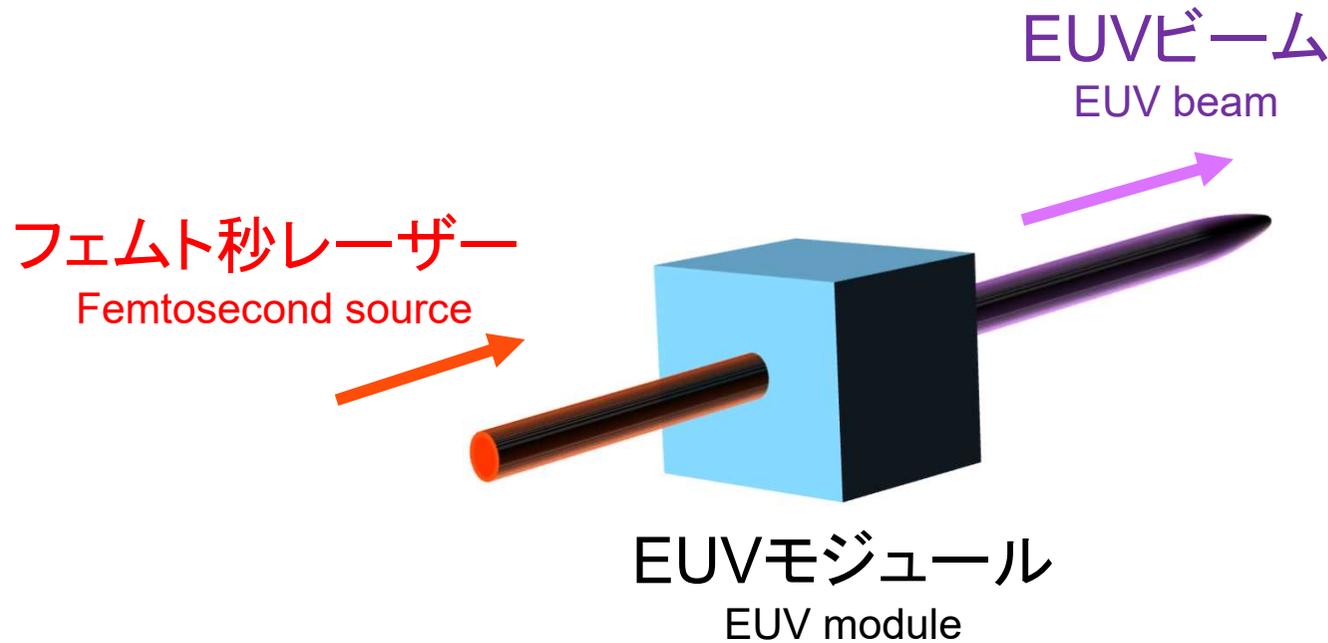


- EUVリソグラフィー：
Support of EUV lithography:

ナノメーター空間分解のマスキクオリティー検査（電子顕微鏡が不要）
Mask quality inspection with nm spatial resolution (no Electron Microscope required)

想定される用途

Examples of applications



- 紫外光電子分光 (UPS) の光源
Source for UV Photoelectron Spectroscopy (UPS)

分子、素材組成 (仕事関数、価電子帯)
Molecules and Materials properties (workfunction, valence band)

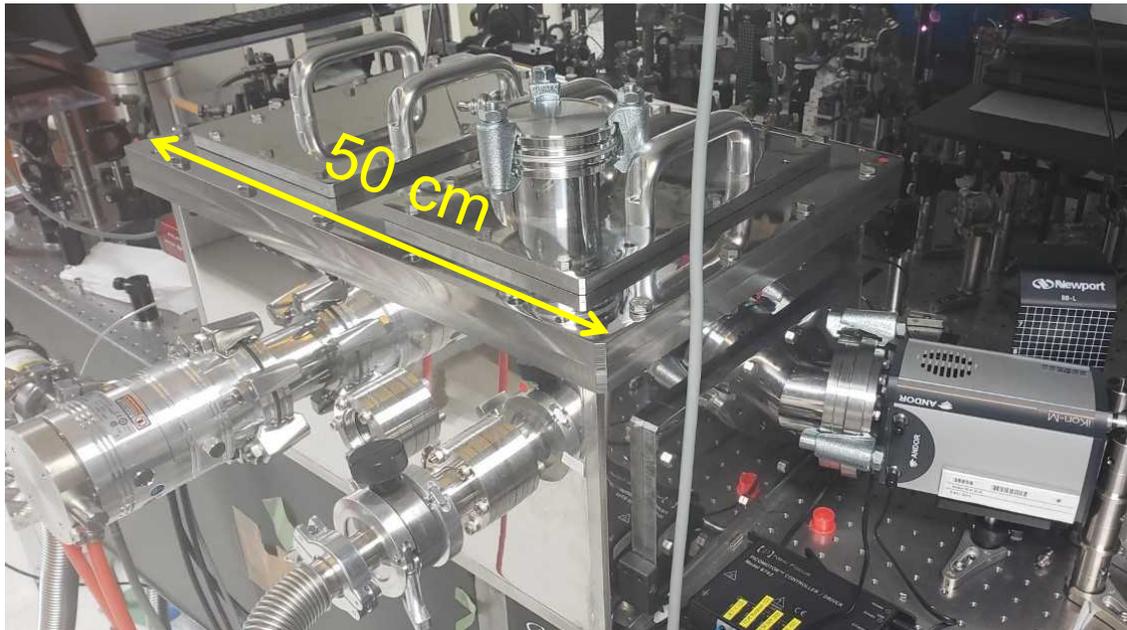
例：電池、ナノ材料、セラミック、有機EL
Ex: Batteries, Nanomaterials, Ceramics, OLEDs, Semiconductors,...

実用化に向けた課題

Challenges for commercialisation

現在のプロトタイプ

Current prototype



- 小型化 <math><40\text{cm}\times 40\text{cm}</math>
<math><40\text{cm}\times 40\text{cm}</math> footprint
- 波長チューニング性のテスト、異なるレーザーでのテスト
Test tunability and operation with various laser systems
- 使い勝手の向上
Easier handability
- 特定の用途に対する最適化
Optimization for a specific application

企業への期待

Potential ways for technology transfer

- 特許ライセンス
Licensing
- 共同研究： レーザー、電子顕微鏡、EUVリソグラフィーメーカー
Collaborations: Lasers, Electron Microscopy, EUV lithography manufacturers

パートナーとして探している企業：

半導体業界、材料評価機器、イメージング機器

Companies potentially interested by this technology: Semiconductor industry, Material characterization instruments, Imaging instruments

特許 Patent

- 発明の名称 : レーザー駆動のマイクロプラズマXUV光源
原題「Laser-Driven Microplasma XUV Source」
- 出願番号 : 米国仮出願 62/834,829
- 出願人 : 沖縄科学技術大学院大学 (単独)
- 発明者 : ジュリアン・マデオ Julien Madeo (ポスドク研究員)
ケシャヴ・ダニ Keshav Dani (准教授)
マイケル・マン Michael Man (スタッフサイエンティスト)

お問い合わせ先

Contact

沖縄科学技術大学院大学 (OIST)

技術移転セクション

TEL : 098-966-8937

FAX : 098-982-3424

E-mail : tls@oist.jp



OIST

OKINAWA INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY GRADUATE UNIVERSITY
沖縄科学技術大学院大学