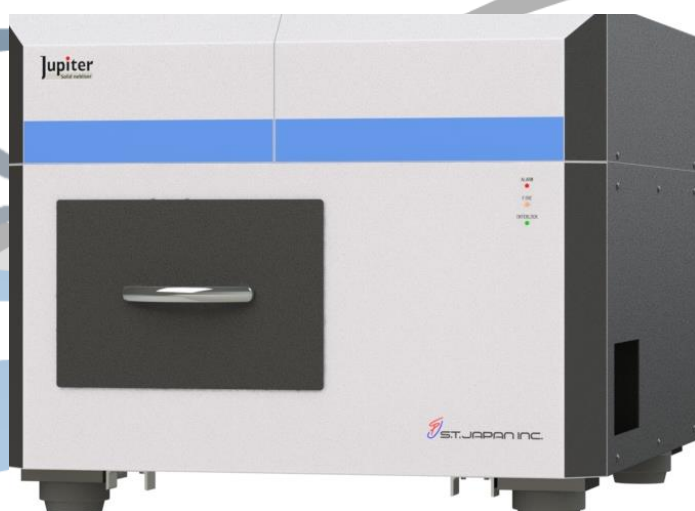


Jupiter

Solid nebulizer

ジュピター ソリッド ネブライザー



ICP-MSの常識を覆すイノベーション

高速多点アブレーションによる高感度元素分析
固体定量と高速イメージングを実現

 S.T. JAPAN INC.

今まで常識にとらわれず、無機分析を変える固体直接定量を可能としたガルバノスキャナーを搭載

エス・ティ・ジャパンは人体に害を及ぼす各種の酸類、有機溶媒を使用した溶液によるICP-MSの元素定量分析に、新たな変革をご提案いたします。それが、“Jupiter Solid Nebulizer”です。

従来のレーザーアブレーションの技術では正確な元素定量分析は困難でした。しかし、当社と東京大学平田教授・サーモフィッシャー社との共同研究により、ガルバノスキャナーとフェムト秒レーザーを用いて高感度で高い定量精度を実現しました。ガルバノスキャナーとフェムト秒レーザーの組み合わせは、これまでのどの分析装置よりも高速かつ高感度の定量元素分析を提供いたします。

合わせて、高速の元素イメージング機能により生化学分野のスクリーニングだけではなく、あらゆる産業での表面組成解析を最速、リアルタイムでの解析を可能にします。

“Jupiter”は全ての元素分析に携わる皆様に分析業務の安全性を保ち、高い生産性、高感度・迅速分析ができることをお約束いたします。

まるで溶液試料のように、もう酸は必要ありません。

Jupiterはガルバノ光学系により高速で、複数の固体試料をほぼ同時にアブレーションする高速多点アブレーションが可能です。これにより分析元素の添加や希釈、内標準元素の添加などが可能で、検量線法、標準添加法、同位体希釈法などの最適な校正方式を選択し固体の定量測定を可能としました。

- ・ 固体試料の溶液化前処理が不要で迅速分析が可能
- ・ 導電性・非導電性を問わず多種多様な固体試料が分析可能
- ・ 局所、表面、深さ分析に対応
- ・ ICPによる大気圧下での効率のよいイオン化が可能（ポストイオン化）
- ・ 一般環境下で溶液分析に比べ短時間で低いバックグラウンドで測定可能

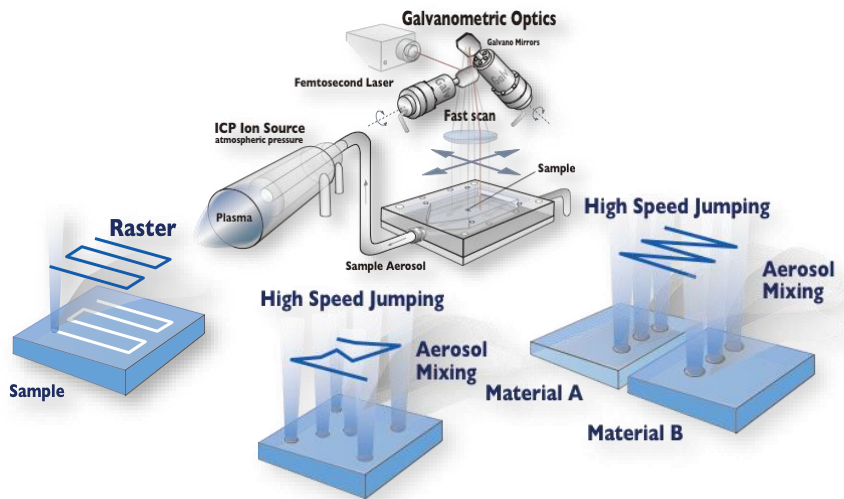


従来とは全く異なるアプローチ

Jupiterはガルバノ光学系を有する唯一のフェムト秒レーザーアブレーションシステムです。

従来のレーザーアブレーション装置では不可能だった固体試料同士の混合が可能です。このことによりこれまでの溶液試料の測定と同様に希釈・添加操作が可能となり信頼性の高い分析データを実現します。

また、ガルバノ光学系を生かした高速レーザーキャンにより、イメージングや定量分析のハイスループットを提供します。



Jupiter-Cellは、フェムト秒レーザーとガルバノモーターを使用したミラーを採用したJupiter用に新たに開発された、Heガスを分散して容量の全試料のエアロゾルを効率的にICP-MSのトーチへ運ぶことの出来るサンプリングセルです。

従来の容積が一つのタイプのセルで早いウォッシュアウトを実現しています。試料の交換は簡単で、片手でハンドリングすることが出来るよう人間工学に基づき設計された高機能なセルとなっています。

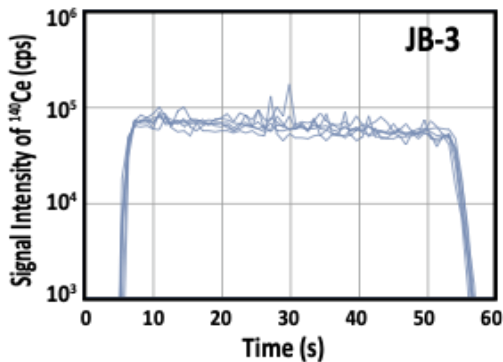
特許出願中

レーザーアブレーションに最適なフェムト秒レーザーを採用

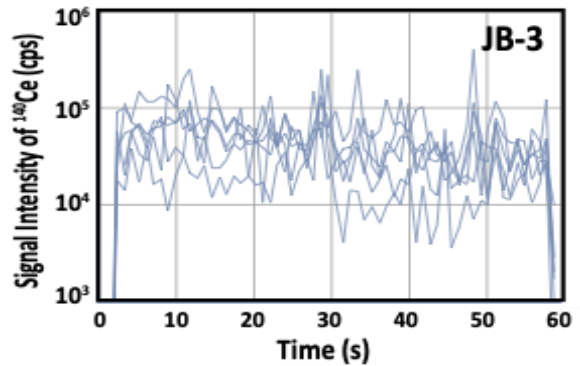
フェムト秒レーザーは最も元素分析に適している

フェムト秒レーザーは、エキシマやYAGなどのナノ秒レーザーでは適用できなかった金属や半導体を含めたさまざまな組成試料に対して効率の良いアブレーションを行います。従来品フェムト秒レーザーの最大照射径は65mmと狭い領域の局所測定となるため、バルク分析が難しいとされていましたが、**Jupiter** のガルバノ光学系によって広い範囲を高速にアブレーションすることを可能にしています。

フェムト秒レーザー



ナノ秒レーザー

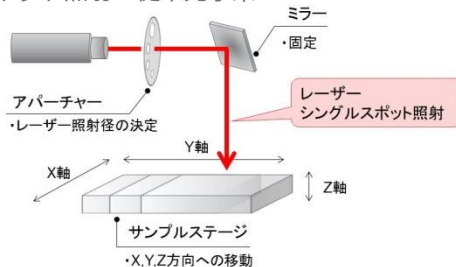


サンプルが金属の場合、熱拡散速度が早い（ 10^{-12} 秒以下）エキシマ短波長レーザーを用いても効率よくアブレーションすることは出来ませんでした。フェムト秒レーザーは、金属の熱拡散よりも早いタイミングでアブレーションされるため、発生するエアロゾルは微細化され安定的な信号強度を得ます。更に、生成する粒子量もエキシマよりもはるかに多量になるため、高い信号強度を得ることができます。

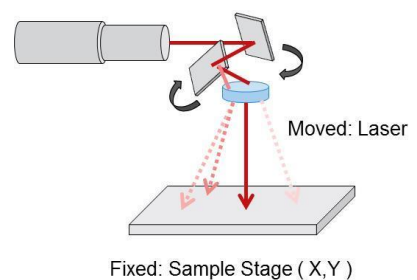
ガルバノ光学系が必要な理由

従来のレーザーアブレーションシステムでは、サンプルステージを動かすことで広範囲にレーザー照射を行っていましたが、移動スピードはわずか200um/sec程度で、広範囲のレーザー照射に時間がかかることは常識とされてきました。**Jupiter** はレーザーアブレーション装置で唯一、ガルバノ光学系を採用しています。従来品よりも高速で精度の高いレーザー照射制御を実現します。さらにJupiter の繰り返し周波数は60kHzを有しており、従来品レーザーアブレーション装置よりも多くのアブレーション試料を生成します。

シングルスポット照射：従来光学系



高速多点照射：ガルバノ光学系



さまざまなアプリケーションに対応

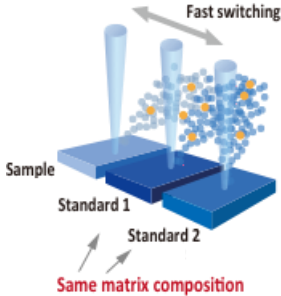
- ・ 試料全体のバルク分析（固体全体の定量分析）
- ・ 粉末試料・非導電性試料（ポリマー・ガラス・セラミック）も分析可能
- ・ 局所・局所分析（空間分解能 $>10\mu\text{m}$ ）
- ・ 精密元素分布イメージング
- ・ リアルタイムイメージングによる高速スクリーニング
- ・ 数十nmまでの精密深さ方向分析
- ・ 生体高分子の金属ラベルによるプロテオミクスへの応用

Jupiter Solid Nebulizer System

Jupiter は世界で初めて、レーザーアブレーションで誰でも簡単迅速に高感度定量分析を実現した装置です。

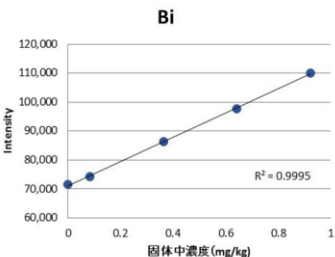
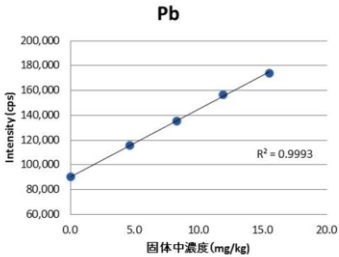
Jupiter が持つ最大の特長は、高速で多点レーザー照射できることです。この機能を使うことで固体試料を任意の比率で混合させることができます。レーザー照射数、試料の混合比率などはソフトウェアで制御できます。固体試料を溶液試料のように扱うことができる世界で唯一の装置がJupiterです。

Jupiter は、固体試料標準添加法が適用できます。この手法を用いるメリットは、プラズマに到達するマトリックス組成を常に一定に保てることです。これは、湿式分析でも問題となるマトリックス干渉を抑制し、定量精度を向上させます。未知試料中の含有量に応じて、レーザー照射数や比率を任意に変更できるため超高感度分析（ $\mu\text{g/kg}$ ）から高濃度分析（数百 mg/kg ）までに対応します。



標準添加法による高純度銅（99.99%）中の不純物元素の定量

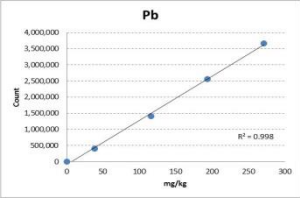
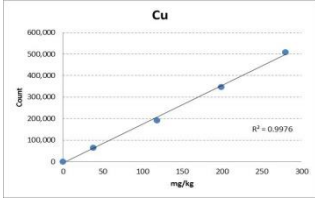
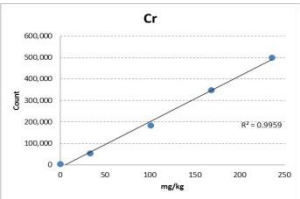
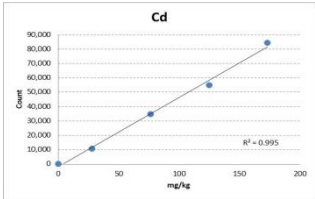
元素	単位	LA-ICP-MS	湿式分析
Pd	mg/kg	1.45	1.43
Bi	mg/kg	0.148	0.150
Sn	mg/kg	0.136	0.111
Au	mg/kg	0.04	0.04



LA-ICP-MS：高純度銅（99.99%）に、ガラス標準試料（NIST 614, 616）を用い標準添加法にて定量
湿式分析：高純度銅（99.99%）を硝酸で溶解
銅マトリックス濃度として0.1%に希釈定容し（希釈倍率1,000倍）、内標準法にて定量
固体換算濃度0.1～1.5 mg/kg に対し、定量精度の検証とし湿式分析結果と良好な相関を得られました

ガラス標準試料を用いたポリエチレン樹脂の定量

ガラス標準試料を用いて検量線を作成し、ポリエチレン認証物質の元素分析を行いました。事前の検討により得られたアブレート係数で補正した定量結果を下表に示します。ポリエチレン認証値と非常に近い結果を得られました。マトリックス組成が大きく異なる試料でも、予めアブレーション効率の補正を行うことで、微量元素分析が可能となります。



		BCR-680 (polyethylene)			BCR-681 (polyethylene)		
元素	単位	認証値	結果(N=2)	分析確度(%)	認証値	結果(N=2)	分析確度(%)
Cd	mg/kg	140.8±2.5	138.7±2.1	98.5	21.7±0.7	19.5±0.8	89.9
Cr	mg/kg	114.6±2.6	121.2±8.4	105.8	17.7±0.6	17.6±2.6	99.4
Cu	mg/kg	119	125.8±1.6	105.7	14	14.5±0.5	103.6
Pb	mg/kg	107.6±2.8	109.9±3.7	102.1	13.8±0.7	14.7±1.6	106.5

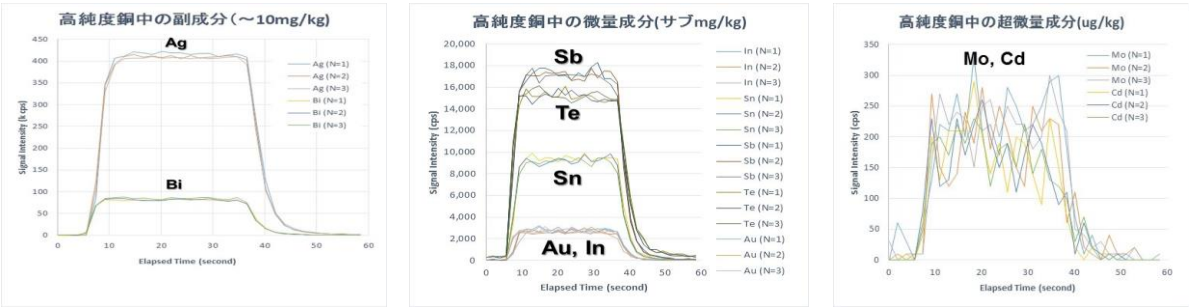
標準添加法による高純度銅（99.99%）中の不純物元素の定量測定例

高純度銅を標準添加法にて定量。
1測定に要する時間は約14秒と非常に迅速に行えるのも特徴です。
結果は湿式分析での相関が得られ、従来の湿式分析におけるサブppbオーダーの定量が行えることを示しました。

元素	単位	Jupiter	湿式分析	相関(%) (湿式の結果に対して)
Ni	ppb	997.6	1,005	99.3
Zn	ppb	449.7	442.0	101.7
In	ppb	13.2	13.3	99.2
Sn	ppb	123.8	122.9	100.7
Sb	ppb	136.7	145.1	94.2
Pb	ppb	1,233	1,238	99.6
Bi	ppb	127.4	118.1	107.9

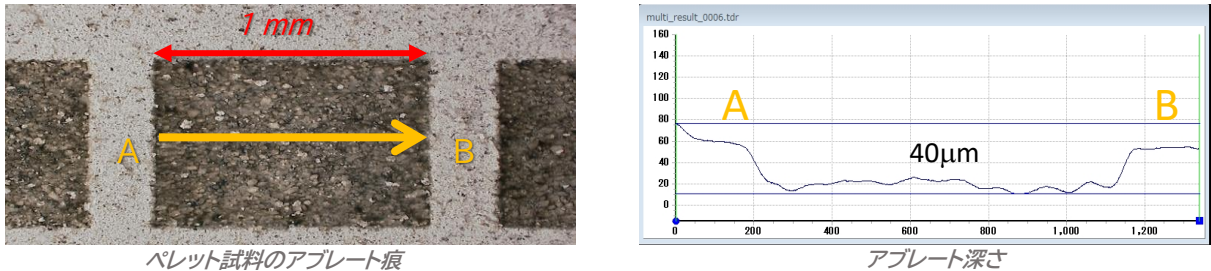
高純度銅（4N）中の各元素ピークプロファイルの重ね合わせ（N=3）

銅は熱伝導率が大きいため、従来のレーザー（YAG、エキシマ）では安定した信号が得られない。しかし、Jupiter Solid Nebulizerでは銅からもここまで安定した信号を得ることができます。



Jupiterによるペレット試料のアブレート痕と深さ方向の評価

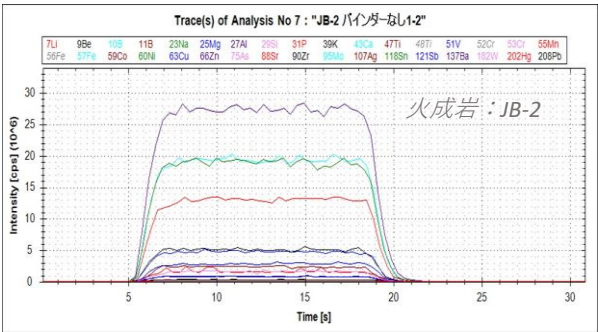
ペレット試料平面上1 mm角をアブレーションした後のアブレート痕とアブレート深さ方向をデジタル顕微鏡で評価した結果を示します。粉体試料の粒子サイズが不均質であることが右図のアブレート痕より確認できるが、Jupiter Solid Nebulizerによる高速多点アブレーションはペレットを破碎することなく、サンプリング領域内の試料をアブレートしていることがわかります。



データ提供：東京大学 平田研究室

Jupiterであれば、粉体からも安定した信号が得られ分析を可能にします

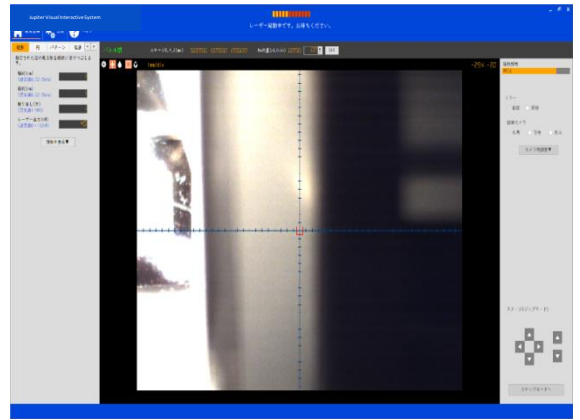
粉体がアブレートされる最小のレーザーエネルギーに設定し、高い繰り返し周波数とガルバノによる高速走査を用いることで、安定した信号プロファイルが得られます。



Jupiter Solid Nebulizer System

Jupiter コントロールソフトウェア

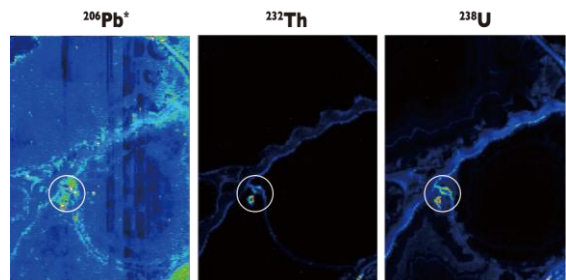
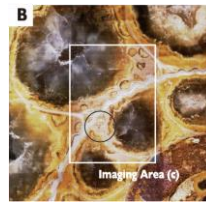
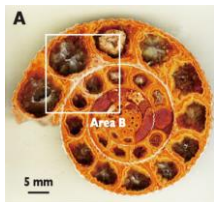
Jupiterの専用コントロールソフトウェアはユーザーが簡単に各種の分析が簡単に行えるよう設計されています。全てのレーザーパラメータはソフトウェアで調整することが出来ます。キャリアガスのヘリウムの流量コントロールもソフトから行うことが出来ます。目的に応じて、いろいろなパターンでレーザーを照射出来ます。円径、長方形だけでなく、標準添加の定量に合わせた多点同時測定もセット出来ます。



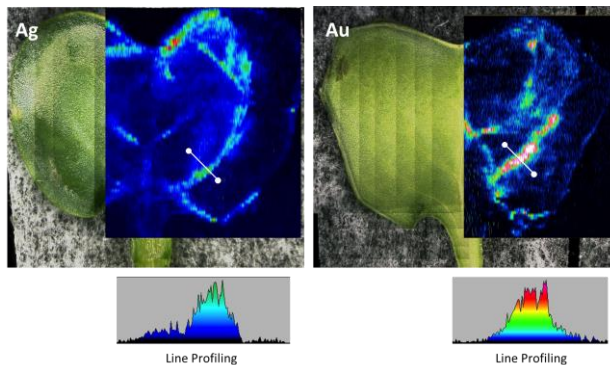
イメージング分析

フェムト秒レーザーによる高い繰り返し周波数とガルバノ光学系による早いスキャンニングにより、Jupiter Solid Nebulizerは、従来のレーザーアブレーション測定イメージング分析で要した時間を大幅に短縮します。

元素イメージング：アンモナイトの微量元素イメージング

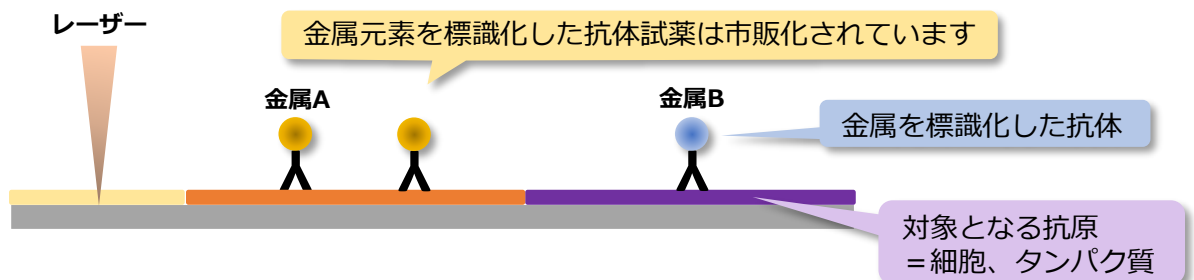


カイワレ大根の葉っぱ中のAg, Auのイメージング分析



応用例：生体内高分子化合物（細胞、タンパク）の検出

抗原抗体反応を利用し、対象となる細胞やタンパク質を検出する手法です。金属元素（安定同位体）が標識化された抗体を用いて、組織切片の染色を行います。LA-ICP-MSは標識化された金属元素（=抗体）を検出します。これにより、間接的に細胞やタンパク質といった生体内高分子化合物を計測します。

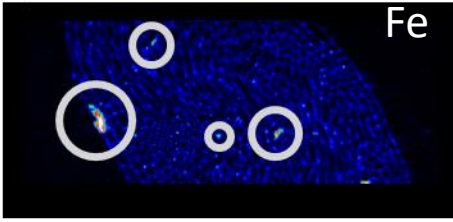


Jupiter Solid Nebulizer System

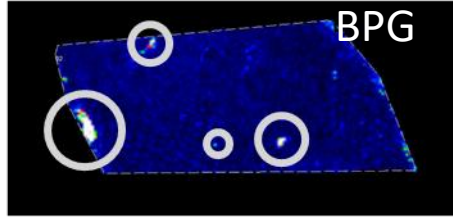
MALDI とのイメージングの比較

Jupiterで得られる元素イメージングと、MALDIのイメージング画像より更なる知見が得られます。下記は肝臓の鉄（Jupiter）とBPG（MALDI）のイメージング分析の比較です。

Jupiter

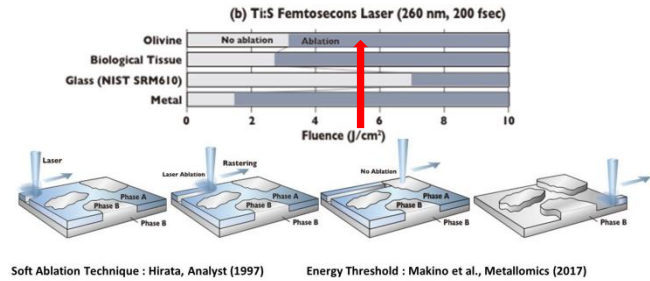


MALDI

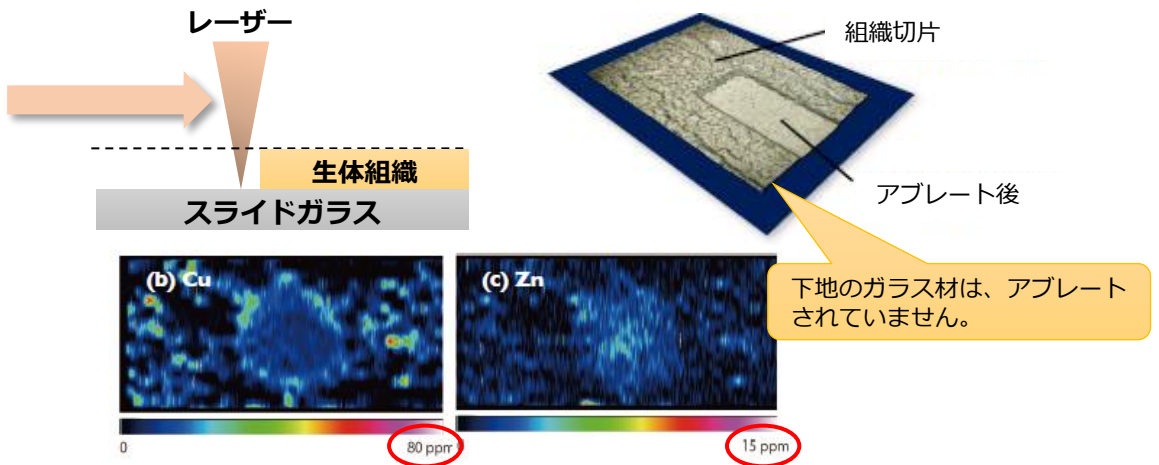


サンプルを選択的にアブレートする

アブレーションは材質毎にエネルギー閾値がある現象です。レーザー出力（Fluence）を調整することでサンプリングに選択性を持たせることができます。図の矢印（赤）位置に出力を設定すると、ガラスはアブレートされず、その他材質をアブレートすることができます。



この現象を利用し、スライドガラス表面上の生体組織のみをアブレートすることで、サンプリングした体積が計算できます。湿式化して得られた濃度平均値がある場合、レーザーアブレーションで得られたイオン強度から、定量値（濃度レンジ）を推定することができます。



レーザー出力を弱め、ウェハ（基盤）上の表面に付着する物質のみをアブレーションすることで表面汚染に関するデータを取得します。また、レーザー出力を強めて同一箇所をアブレーションすると、ウェハ（基盤）に関するデータが取得できます。このように表面と基板の情報を区別して取得できます。

(a) 表面汚染の分析



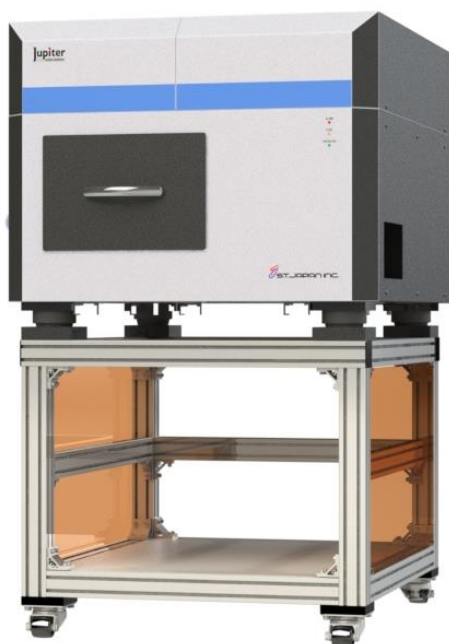
(b) 基板の分析（ウェハ、ガラス、金属など…）



装置仕様

Jupiter Specification

中心波長	257 nm
パルス幅	< 500 fs
ガルバノ走査範囲	20x20mm
サンプルセル	高効率フロータイプ
* 使用環境	温度 17 - 27 °C
	湿度 < 65 % (結露がないこと)



iCAP TQ / RQ は Jupiter Solid Nebulizerの専用検出器装置です

* Jupiterはサーモフィッシャーサイエンティフィック製のICP-MSのみ接続が可能です。

* 仕様は予告なく変更する場合がありますのでご了承ください。



株式会社 エス・ティ・ジャパン

【東京本社】東京都中央区日本橋蛸殻町1-14-10

TEL03(3666)2561 FAX03(3666)2658

【大阪支店】大阪府枚方市南中振1-16-27

TEL072835)1881 FAX072(835)1880

 ST.JAPAN INC.