



超微量元素を選択検出する多重反射レーザー共鳴イオン化分析法(原理編)

坂本 哲夫 工学院大学 先進工学部 応用物理学科 教授

キーワード: 微量分析、不純物分析、半導体、質量分析、SIMS、レーザーイオン化、イメージング

概要

- 鉄鋼中や半導体メモリの不純物は、現状、SIMSにより分析
- 分析対象の体積の縮小化に伴い、感度不足が課題
- 波長可変チタン・サファイア(Ti:Sa)レーザーを開発
- レーザー共鳴イオン化により、元素選択性の高いイオン化・質量イメージング法が可能
- 多重反射機構によりさらなる高感度化の実現

アピールポイント

- 費用対効果が非常によく、既存の装置にも適用可能
- 視野幅1 μm 、面分解能40 nmでの成分イメージング
- 実デバイスの微小領域高感度元素イメージングに利用可能

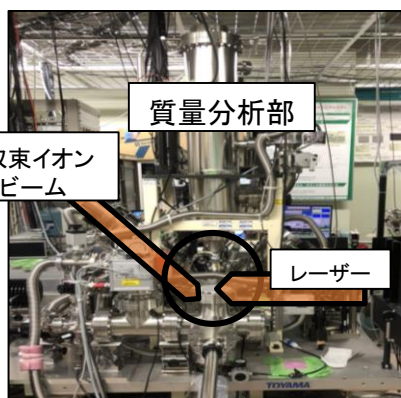


図1: イメージング装置本体

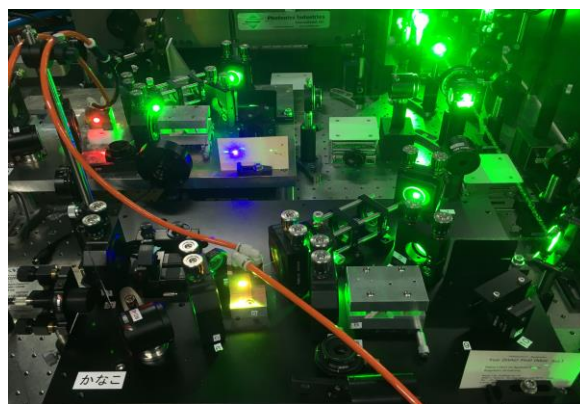
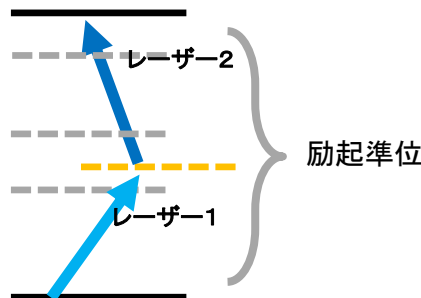
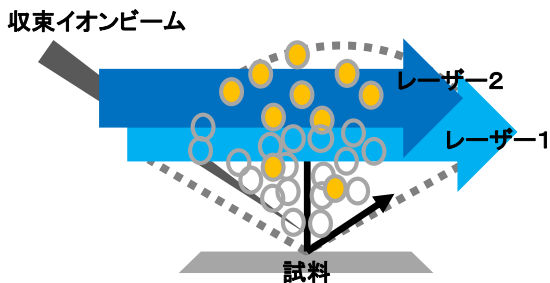


図2: 波長可変レーザー本体



- 当研究所が開発したFIB-TOF-SIMSと波長可変レーザーを組み合わせた共鳴イオン化は、原子固有の励起波長を介することで選択的に効率よくイオン化できる手法である。進化する半導体デバイスなどの微小不純物には対応できない問題があり、高感度化が求められている。

関連情報

- 知的財産権 = 質量分析装置および質量分析方法(特願2017-054691)、レーザー装置およびその制御方法、質量分析装置(特願2017-034189)、質量分析装置及び質量分析法(特願2017-094046)
- 関連論文 = T. Sakamoto et al, Isotope-selective Microscale Imaging of Radioactive Cs without Isobaric Interferences using Sputtered Neutral Mass Spectrometry with Two-step Resonant Ionization using newly-developed Ti:Sapphire Lasers, Analytical Sciences, 31(11), pp. 1265-1270 (2018).
- 関連 URL = 研究室HP <http://www.ns.kogakuin.ac.jp/~wwc1045/>



超微量元素を選択検出する多重反射レーザー共鳴イオン化分析法(技術編)

坂本 哲夫 工学院大学 先進工学部 応用物理学科 教授

キーワード: 微量分析、不純物分析、半導体、質量分析、SIMS、レーザーイオン化、イメージング

理論

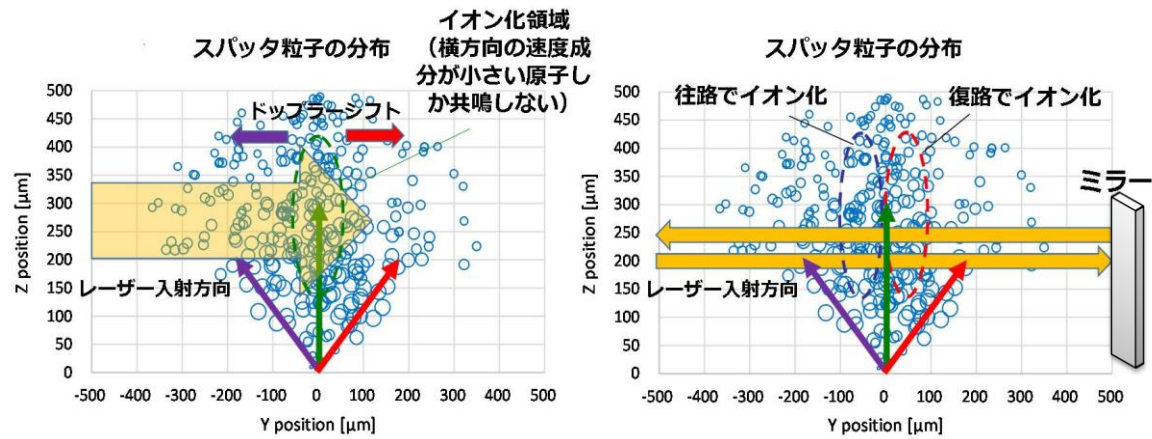


図3: ドップラーシフトのシミュレーション図

収束イオンビームによるスパッタ粒子の速度や方向は広がりをもっている。そのため、スパッタ粒子のレーザーと相対的な速度差によってレーザーの波長が変化が生じる。(ドップラー広がり) このドップラーシフトの影響により共鳴イオン化はイオン化領域に限られる問題が生じていた。本手法(多重反射レーザー共鳴イオン化分析法)では、ミラーによる反射光によりドップラー広がりの問題を改善しイオン効率の向上する。

使用器具

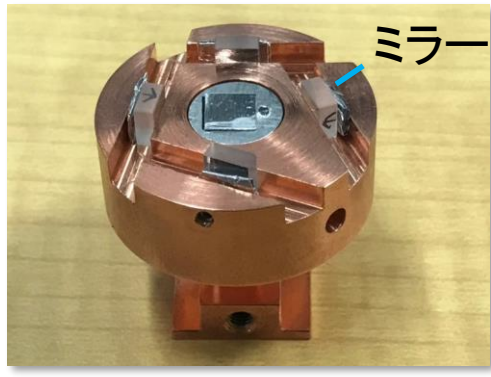


図3: 多重反射用試料台

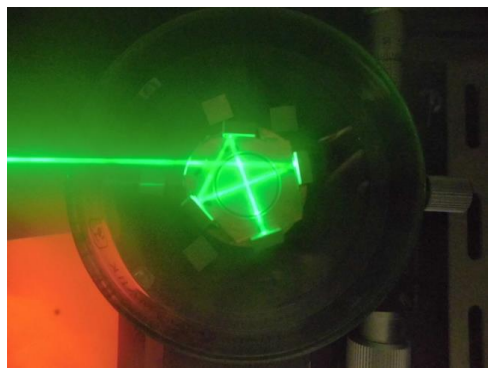


図4: 反射の様子

関連情報

- 知的財産権 = 質量分析装置および質量分析方法(特願2017-054691)、レーザー装置およびその制御方法、質量分析装置(特願2017-034189)、質量分析装置及び質量分析法(特願2017-094046)
- 関連論文 = T. Sakamoto et al, Isotope-selective Microscale Imaging of Radioactive Cs without Isobaric Interferences using Sputtered Neutral Mass Spectrometry with Two-step Resonant Ionization using newly-developed Ti:Sapphire Lasers, Analytical Sciences, 31(11), pp. 1265-1270 (2018).
- 関連 URL = 研究室HP <http://www.ns.kogakuin.ac.jp/~wwc1045/>



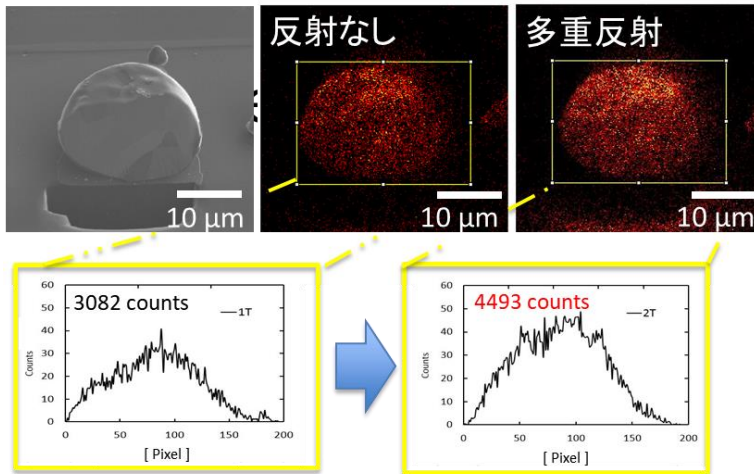
超微量元素を選択検出する多重反射レーザー共鳴イオン化分析法(応用編)

坂本 哲夫 工学院大学 先進工学部 応用物理学科 教授

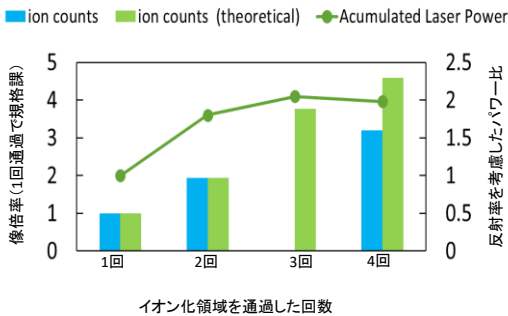
キーワード: 微量分析、不純物分析、半導体、質量分析、SIMS、レーザーイオン化、イメージング

理論

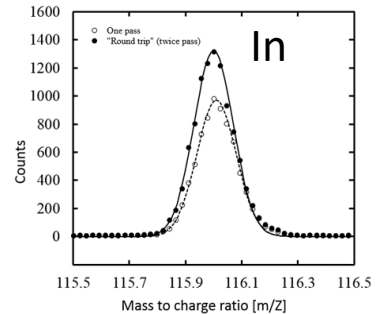
レーザー共鳴イオン化は元素固有のエネルギー順位に相当する波長のレーザー光を吸収させることで選択的に狙った元素をイオン化・検出させる方法である。しかしながら、ドップラー効果影響により方向性を持った元素に対してはイオン化する領域が制限を受けてしまっていた。本発表では解決策として意図的に波長をずらし、反射による往復でドップラー効果の軽減に成功した。



実際に反射による増感の様子を紹介する。右の図画がIn粒子のTotal ion像と元素イメージング画像である。全体的にカウント数が増加している様子が確認できる。Pixel毎のカウント数の増加を示した図が下図である。



光路の通過数こと増感のグラフである。実験より1往復させるだけでも1.94倍の増感を達成した。



マススペクトル上でのシグナルの比較上でも増感が確認できた。

利用・用途 応用分野

将来的な展望として、レーザー共鳴イオン化方法の原理を適用した他の装置に対しても低コストな増感手法として普及させることや、ドップラーシフト及び、スパッタ原子の方向性の研究に役立つことを期待する。

関連情報

- 知的財産権 = 質量分析装置および質量分析方法(特願2017-054691)、レーザー装置およびその制御方法、質量分析装置(特願2017-034189)、質量分析装置及び質量分析方法(特願2017-094046)
- 関連論文 = T. Sakamoto et al, Isotope-selective Microscale Imaging of Radioactive Cs without Isobaric Interferences using Sputtered Neutral Mass Spectrometry with Two-step Resonant Ionization using newly-developed Ti:Sapphire Lasers, Analytical Sciences, 31(11), pp. 1265-1270 (2018).
- 関連 URL = 研究室HP <http://www.ns.kogakuin.ac.jp/~wwc1045/>