

研究課題別中間評価結果

1. 研究課題名： レーザー補助広角3次元アトムプローブの開発とデバイス解析への応用

2. 研究代表者： 宝野 和博（物質・材料研究機構磁性材料センター フェロー）

3. 研究概要

本研究課題では、従来3次元アトムプローブによる分析が不可能であった、半導体、絶縁体、磁気・スピントロニクスデバイス、難分析金属材料等への応用を目的としている。そのためレーザーパルスによって電界蒸発を補助する広角3次元アトムプローブの開発を行い、中間報告までに以下の成果を達成した。

まず、特筆すべきは、波長変換レーザーを用いて、これまでアトムプローブによって分析が不可能とされていた絶縁体材料（絶縁性セラミックス等）に関して、紫外線波長領域である 343nm 波長のパルスレーザー光によって、世界で初めて分析に成功したことである。また、半導体デバイス、磁気・スピントロニクスデバイスおよび難分析金属材料の分析にも成功し、広範囲の材料に対する分析技術として、広範な応用が期待される。

装置全体の仕様としては、質量分解能が当初目標の半分の値しか達成していないこと以外は、全て当初目標を達成している。しかし、レーザー補助電界蒸発に関する学理が、まだほとんど解明されておらず、これに関しては今後の展開が待たれる。

4. 中間評価結果

4-1. 研究の進捗状況及び研究成果の現状

(1) 研究の進捗状況について

装置的には既存のものを組み合わせただけではあるが、新たな工夫によってこの方法を半導体、セラミックスへ進展させたことについては良好な進捗状況といえる。特に、これまで分析が不可能といわれていた絶縁体材料の分析を世界で初めて成功させたことは評価できる。また、この成功に伴い、絶縁体に対するレーザー補助イオン化の機構に関して予期しない効果が現れ、当初3年半の研究計画であった研究期間の延長を申請している。これまで、金属系難分析試料や半導体、絶縁体試料における、レーザー補助イオン化の最適化条件の解明など、手法の理論的側面や学理の解明が遅れていたが、延長により、これらの機構や条件に関連する学理が明らかになれば、望ましい展開になるといえる。

本研究課題で得られた成果は、国際的にインパクトが高く、研究自体も国際的に十分高いレベルにある。したがって、レーザー補助イオン化機構の理論的裏づけと最適化ができれば、国際的にみても、きわめて高い成果となると考えられる。

なお、本研究プロジェクトは、計測装置・計測手法の開発（基盤開発）が主であり、可能な限り装置・手法関係の特許の取得が望まれる。

(2) 研究実施体制について

絶縁体の分析まで可能にした点についてはリーダーシップを評価できる。しかし、本手法に関して、学理を明らかにする体制が不十分であり、今後、理論研究グループの充実が望まれる。また、研究を分担している日本原子力研究開発機構がその役割を十分果たしていないので、研究体制の改編が望まれる。

研究費の執行に関しては、必要最小限に抑えられており、妥当であると考えられる。

4-2. 今後の研究に向けて

本研究において、絶縁体の解析をはじめ、材料科学研究上の多くの重要な成果が得られているが、それを可能にした手法上の学理はほとんど分かっていない。本研究領域の基本方針に照らして、今後は、この手法をインパクトのある手法として確立するためには、レーザー補助イオン化の機構とその最適条件の解明を行う必要が

ある。それによって、戦略目標に対して十分貢献するとともに、社会的にも十分インパクトのある大きな成果が期待できる。また、研究実施体制に関しても、イオン化機構の解明のためには理論家の協力が必要不可欠と考えられる。したがって、研究チーム内に理論グループを含めた実施体制とすべきである。研究費に関しては、新たに加える理論グループへの予算措置が必要である。

4-3. 総合的評価

本研究において、任意の材料から、3次元アトムプローブ用の試料作成が可能となり、それによって半導体材料や難分析試料の組成分布の測定が可能になったことは評価できる。これについて、試料作製に用いる Ga 集束イオンビーム加工からくる Ga の汚染、透過電子顕微鏡法と比較した場合、界面の原子オーダーの急峻さが同等に議論できるかなどの疑問は残るが、半導体のみならず絶縁体材料の測定に成功したことは、大きな成果として評価できる。しかし一方で、材料応用への成果を急ぐあまり、本プロジェクトの主要な課題である、新しい手法の確立に向けての取り組みが弱い。特にレーザー補助イオン化の最適条件を明らかにするための取り組みや、それから得られるはずの、イオン化機構の解明に関する取り組みが不十分である。手法の基礎となる原理等の追求について一層の意欲が必要である。そのためにはイオン化に関する専門家を加えてバランスをとるのも一つの方法であろう。日本原子力研究開発機構のグループは機構解明に対して十分機能していないと判断されるので、これらを考慮してチーム内のグループの見直し、イオン化に関する物理を議論・解明できる共同研究者を加えて研究実施体制を改変して、1年の延長によって、イオン化機構の解明がなされることが望まれる。

また市販されているImagoの装置や他のグループの装置に比べ、宝野グループの装置がどのような優位性があり、どのような新原理があるかは明確ではない。この点を明らかにすることも必要である。