

## 研究課題別中間評価結果

1. 研究課題名：高機能光和周波顕微鏡の開発

2. 研究代表者：水谷 五郎（北陸先端科学技術大学院大学マテリアルサイエンス研究科 教授）

3. 研究概要

本研究では開発例が非常に少ない和周波顕微鏡の技術を飛躍的に発展させ、固体表面、界面、生物試料などの観察に応用する技術を確立することをめざしている。新たな機能として

- (1) ポンププローブ方式による時間分解機能
- (2) 共焦点光学系による3次元観察の機能
- (3) 紫外励起による分解能向上と共鳴増強の機能
- (4) 磁気測定機能

などを付加することにより、和周波顕微鏡の多機能化、高機能化をめざす。

4. 中間報告結果

4-1. 研究の進捗状況及び研究成果の現状

研究の力の分散を避けるために、当初のテーマのうち、超高真空顕微鏡、共焦点顕微鏡、ポンププローブ分光に集中して研究を進めている。この計画のすべての基礎となる和周波顕微鏡の感度の向上については、新規レーザー光源の導入と光学系の最適化により、目標を上回る270倍（CREST開始前の当該研究室における値との比較）を実現した。レーザービームの自動追尾や計測ソフトも完成し、安定的に実験が行える環境が整った。超高真空仕様の顕微鏡については和周波像で分解能 $3\mu\text{m}$ 、共焦点顕微システムでは、空間分解能 $2\mu\text{m}$ 、深さ分解能 $5\mu\text{m}$ を達成したので、ここまでの開発は概ね順調に進んだといえる。ただし、共焦点光学系が真価を発揮する回折限界 $0.5\mu\text{m}$ にはまだ距離がある。

一方物性測定では、水素終端シリコン表面で、赤外光誘起脱離を和周波で観測し、Si-Hの伸縮モードが消滅し、ダングリングボンドに起因すると思われる幅広いスペクトルが出現することを見出した。ポンププローブ測定装置を立ち上げ、時間分解測定を行った。その結果 $532\text{nm}$ 光の照射により時間分解能(30ps)以下でSi-Hの伸縮モードが消滅し、代わって幅広いスペクトルが出現することがわかった。その原因として半導体中のキャリアとの相互作用が考えられるが、明快な解釈には至っていない。

そのほか、米の種子などいくつかの生物試料や有機ELなどの電子デバイスでも測定を行っているが、試行の段階と位置づけられる。

4-2. 今後の研究に向けて

光学系の問題点を洗い出して顕微鏡としての性能が目標に近づくように今後も努力するべきであるが、同時に、光学顕微鏡の原理的な限界である $\mu\text{m}$ 程度の空間分解能を有効に生かせる対象物の探索が急務である。シリコン表面における脱離過程の問題は、和周波の測定だけでは解明が難しいと思われるが、試料の調製に工夫を凝らすことで、別の切り口からインパクトのある研究も可能と思われるので、外部の研究者の協力も得つつ計画を練ってほしい。生物試料は構造の大きさが光学顕微鏡に適合しているので、和周波で初めて明らかにできる興味ある特性を示す画像を、いろいろな試料について取得していくという道もあるだろう。いずれのテーマにおいても、それぞれの分野の専門家との密接な連携が有効と思われる。

4-3. 総合評価

超高真空仕様の顕微鏡、共焦点顕微鏡、ポンププローブ顕微鏡など装置の開発は意欲的に進められており、物性測定も開始されているが、現在のところ必ずしも顕著な成果には結びついておらず、論文発表なども十分とは言えない。原因としては、研究員の頻繁な入れ替わりなど研究代表者の責任とは言えない部分もあるが、研

究目標である対象物質・現象と開発技術との整合性に問題があるように見える。今後は、目標を明確に定め、真の意味で空間分解のメリットを生かしつつ、和周波でなければ見えないものを見せるデモンストレーションを行う必要がある。和周波顕微鏡において所期の性能が達成できれば、ユニークな装置になることは確かなので、極めて戦略的にテーマを設定することにより成果をあげるように期待したい。