

## 近接場光学顕微分光システム

研究者：大津元一 東京大学大学院工学系研究科 教授  
開発企業：武田順司 日本分光株式会社 代表取締役社長  
(推薦者：藤嶋昭 財団法人神奈川科学技術アカデミー 理事長)



大津元一氏



武田順司氏

### 1. 技術の背景

分光分析法は紫外・可視・赤外の光を用いることで、半導体のバンド構造や光物性、定性定量分析を行うための化学構造等の情報を得られることから、各種分野での研究、開発に広く利用されている。科学技術の進展により、半導体デバイス等の光物性分析や生物試料の細胞内分子構造分析等、光の波長（300nm～1000nm）よりも小さい微小領域での局所分析が必要となってきた。従来の光学技術では自由空間を伝播してきた光を用いるため、波長以下の空間分解能を得るのは光の回折限界のため原理的に困難であり、顕微分光法の空間分解能は限界に達していた。

そのため、波長以下の微細な領域を分光測定するための新たな装置の実用化が望まれていた。

## 2. 技術の概要

本技術は、赤外・可視・紫外領域の各波長より微小な領域での形状測定および分光測定を同時に行える顕微分光装置に関するものである。

本研究者等は、光の回折限界を越えた微小領域での分光分析を行うため、近接場光に着目することで、高感度および高分解能を実現する近接場プローブを考案し、その技術を分光分析に適用するための理論的研究を行った。

近接場プローブの製作は、石英など誘電体材料からなる光ファイバの一端を円錐状に加工することで波長以下の曲率半径に先鋭化し、開口部を形成し、他の部分を金属膜などでコーティングすることで実現された。この近接場プローブの先端に発生する近接場光を試料に照射することで、試料上の光のスポットサイズを光の波長以下とすることができるとの結果、分光スペクトルを従来の顕微分光法などよりも極めて高い空間分解能で得ることができるようになった。

近接場プローブの開口部の製作に対して、押し付け法という独自の方法を考案し、開口径30nm～500nmの範囲で再現性の良い開口形成が出来るようになり、光透過率も向上した。このため、本システムでは近接場光の照射と試料から得られる光の集光が同じ開口を通して行われるイルミネーションコレクション法が採用出来るようになり、さらなる高分解能分析が可能となった。

プローブと試料との距離をナノメートルの精度でコントロールするため、スパイラルフォースフィードバックと呼ばれる方法を考案した。プローブを試料平面内で等方的に運動させるため分解能の低下がなく、微動ステージで試料との距離を制御しながら試料平面内を移動することにより、その試料表面の凹凸形状をナノメートルの精度での測定が可能となった。

近接場プローブの大幅な性能向上と制御技術、高効率な分光器の開発及び光学系の最適化により、光の波長以下の微小領域での分光測定が可能となった。本顕微分光システムは、以下のような特徴を有する。

- ① 使用する光の波長より微小な領域での顕微分光が可能である。
- ② 形状測定と分光測定を同時に行える。
- ③ 非破壊分析が可能である。

以上のような特徴から、日本発の先端計測分析機器として、世界的にも注目され評価を得ている。

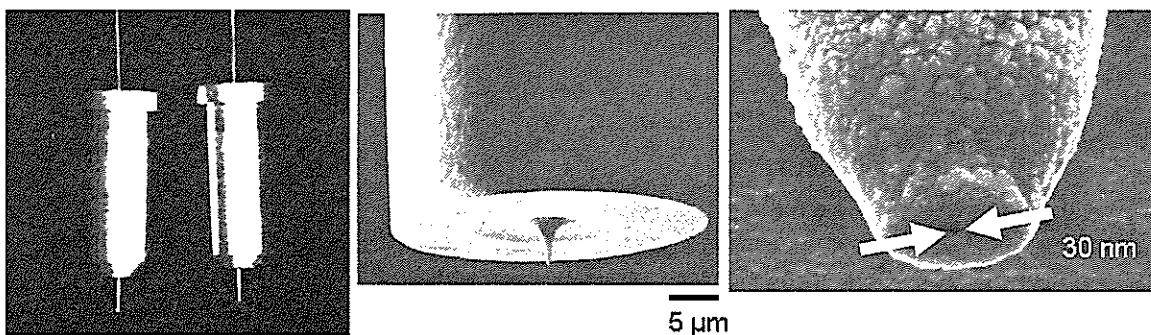
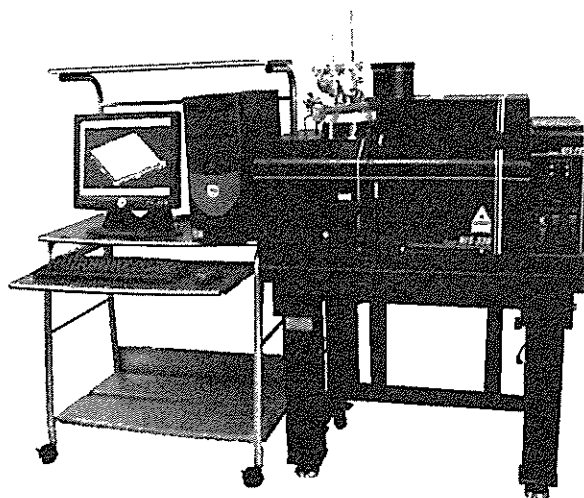


写真1 近接場光学顕微分光システムと近接場プローブ

### 3. 効果

近接場光学顕微分光システムは、1998年から開発が行われ、現在も散乱型プローブや各種オプション機器を組み込んだ装置が開発され、物理、化学、生物の広い分野での研究、開発に貢献している。各種研究機関や企業での用途、対象試料によりカスタムメイドを行い、半導体デバイス等の光物性分析、生体組織の分子構造分析、半導体製造プロセスの評価・品質管理等に利用されている。

特に、半導体分野においては、GaN系量子井戸構造の光物性評価、GaAs基板表面の不純物及び欠陥分析や多層膜基板の評価等が行われ、従来得ることのできなかった新たな知見により材料や素子の構造設計を行い、品質向上に大きな貢献をもたらしている。

様々な試料に対応できることと同時に、ナノフォトニクスや光微細加工技術などへの応用も研究されており、今後の更なる発展が期待される分析機器である。

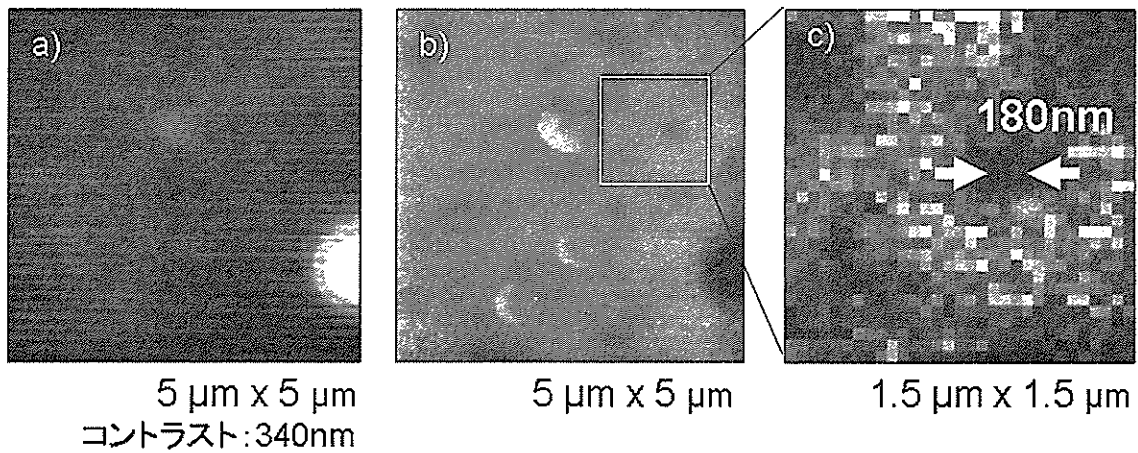


図1 GaAs半導体表面の分析例

a) 表面形状, b) 発光強度分布, c) 発光強度分布一部拡大

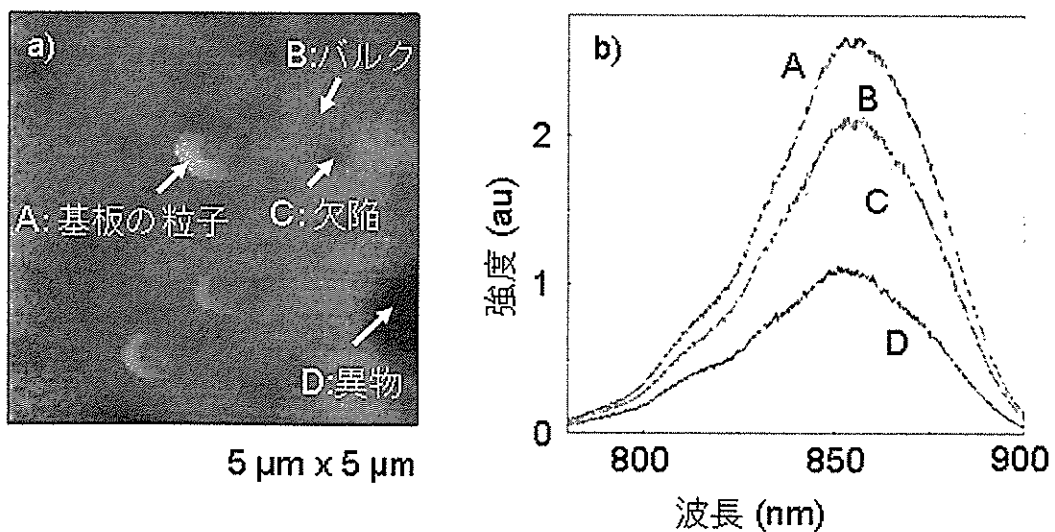


図2 GaAs半導体表面の分析例

a) 結果の解釈 b) 各代表点での発光スペクトル