

# 【基盤研究(S)】 理工系(工学I)



## 研究課題名 近接場マルチプローブ分光の基盤技術開発

京都大学・大学院工学研究科・教授 かわかみ よういち  
川上 養一

研究分野：工学

キーワード：光物性，半導体，微小光学，光計測，走査プローブ顕微鏡

### 【研究の背景・目的】

これまで開発されたカソードルミネッセンスや近接場光学顕微鏡 (SNOM) などの顕微分光技術では、如何にして微細な領域を光励起するかに焦点がおかれていた。したがって、キャリア拡散による空間分解能の低下は不可避であり、それらを詳細に評価するための計測技術は確立していない。

本研究は、微細加工された材料やデバイスそして生体細胞などの各部位へ近接場領域で光アクセス可能なマルチプローブヘッドを開発し、生成された励起子やキャリアの再結合によって生じるルミネッセンスなど、光ダイナミクスを測定するための基盤技術を開拓することを目的としている。すなわち、時間、空間、波長、発光強度からなる5次元データを、並列測定し高速で解析することによって、キャリアの拡散、局在、輻射および非輻射再結合過程をナノ空間において可視化する技術を開発し、新材料・デバイスを研究・開発する上で、非常に有用なツール実現を目指す。

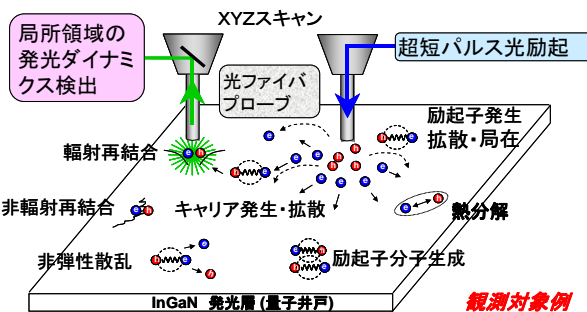


図1：近接場マルチプローブ分光の概念図

### 【研究の方法】

近接場シングルプローブ技術において、10 nmの空間分解能とピコ秒レベルの時間分解能を両立させて、輻射再結合過程によって生じる発光スペクトルと非輻射再結合過程によって生じる熱スペクトルを同時に検出することを目指す。このことにより、InGaN 量子井戸中の自然形成ナノ構造による局在中心の空間広がりやエネルギー深さに関する情報や転位や欠陥による非輻射再結合中心の分布や捕獲断面積の情報など再結合中心の同定技術を開発できるものと期待される。

さらに、光ファイバー先端などからなる一つの微小開口から試料の微少領域を光励起し、数 10 nm～数  $\mu\text{m}$  程度離れた場所からの発光を別の微小開口プローブを用いて時間分解で検出するマルチプ

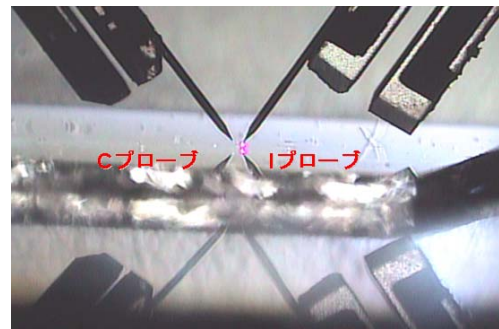


図2：試作された近接場2プローブ分光装置

ローブ技術の開発に取り組む。また、時間・空間・波長・強度の多次元データをそれぞれの切口から解析する手法を開発することで、多点間の相関関数など、異なる空間で時々刻々に相互作用して生じる現象を可視化する手法とアルゴリズムを開発する。このことにより、キャリアや励起子の拡散、局在化、輻射、非輻射再結合過程に関するダイナミクスの詳細な解析・評価が可能となる。

### 【期待される成果と意義】

近接場マルチプローブ分光が実現すれば、(a) ワイドギャップ半導体低次元構造の分光のみならず、(b) フォトニック結晶などの光集積デバイスにおける動作モニタリングや (c) 神経細胞における機能発現を測定することにも展開し、半導体ナノ構造における励起子局在や光機能性発現、さらには生体細胞のシグナル伝達など、離れた場所で相互作用・協調して生じる現象に関する新原理の探索と発見が期待される。

### 【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

・ A. Kaneta, M. Funato, and Y. Kawakami, "Nanoscopic recombination processes in InGaN/GaN quantum wells emitting violet, blue, and green spectra", *Phys. Rev. B*, **78**, pp.125317/1 - 7 (2008).

・ Y. Kawakami, A. Kaneta, and M. Funato, "Assessment and control of recombination dynamics in  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ -based quantum wells", *Materials Sci. Forum* **590**, *Advances in Light Emitting Materials*, pp.249-274 (2008).

### 【研究期間と研究経費】

平成21年度～25年度

123,900千円

ホームページ

<http://www.optomater.kuee.kyoto-u.ac.jp/>