

揺らぎをナノスケールで観察する顕微鏡

— 超高感度赤外量子井戸検出器の応用 —

東京大学 情報通信研究機構
小宮山 進

1. はじめに

我々が知る顕微鏡はほぼすべて、測定対象に光を照射して反射光，透過光，散乱光などを測る，すなわち照射光という外部からの刺激に対する物質の反応を調べる。しかし，本稿でとりあげる顕微鏡はそれとは異なり，照射光なしに物質自体が誘起する電磁場を測る。そこに見えてくるのは，物質が極微細領域に宿す超高周波の電磁場揺らぎである。本稿では，その計測にどんな物理的意味があるのかを考察し，あわせて，そこで必要となる超高感度検出器について記す。

なおこの顕微鏡をめぐる一連の研究について，前半の，検出器・顕微鏡の開発と基本的な測定応用の実験は筆者が在職中だった東京大学で行われたものだが，後半の，電流細線の結果の解析と半導体微細素子に対する実験は，大学退職後に，中国科学院上海技術物理研究所に外国人特別教授として招かれて，同研究所との共同研究として行われたものである。以下，§2 でこの顕微鏡の仕組みを説明し，具体的に何がどのように計測されるかを解説する。§3 では計測を実現するために開発された超高感度の赤外検出器について説明する。§4 では，得られた観測例を示すことで，従来の顕微鏡では観測できない物理量（例えば半導体中ホットエレクトロンの空間分布など）が実際に観測されることを示す。§5 で今後期待される発展について記す。

2. 揺らぎを観察する顕微鏡 (SNoiM) とはどんなものか

2-1 赤外カメラ ⇒ 赤外顕微鏡 ⇒ 揺らぎ顕微鏡 (SNoiM)

本稿の顕微鏡は，測定対象が自ら発する光を捉えるという点で，サーモグラフィーとして知られる赤外カメラ(図 1(a))に似ている。赤外カメラは，レンズを顕微鏡レンズに交換すれば赤外顕微鏡((図 1(b))になるが，赤外光の回折のために分解能は波長程度(数~10 ミクロン)で抑えられる。本稿の装置は，近接場技術を導入することで，分解能を波長の 1000 分の 1 程度(ナノメートルレベル)まで改善するのだが(図 1(c))，その際，近接場を観察することになるため，得られる情報が，単に従来の顕微鏡画像を高解像度化したものとは質的に異なるものになる。つまり，通常の赤外顕微鏡は，プランクの輻射公式に従って物質から放射される輻射を観察するのだが，我々の顕微鏡は，物質から

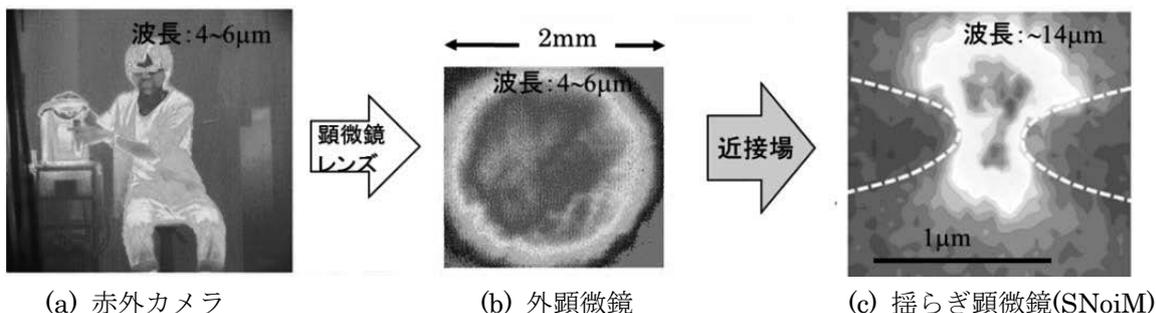


図1 赤外カメラから SNoiM へ