

## ナノ位相トモグラフィー走査型透過電子顕微鏡の開発

研究代表者 生田 孝 (大阪電気通信大学・情報通信工学部・教授)

研究者数・期間 6人 (平成18年度~平成22年度)

### ナノ3次元位相像を観察できる電子顕微鏡技術の創出

今日、電子顕微鏡の分解能は、観察面内では原子を直視できる0.1ナノメートルに到達しています。しかし電子光学系の特性から、深さ方向の分解能はたかだか10ナノメートル程度に留まっています。これを解決して3次元像を観察するため、3次元試料回転ホルダーを使用して各方向からの像を撮影して3次元像を再構成する、トモグラフィー電子顕微鏡法がありますが、3次元像を正しく再構築する為には各方向からの焦点深度の深い観察像が必要になります。ところが高分解能電子顕微鏡で重要となる試料の位相情報には、焦点位置によってコントラストが反転する性質があり、この方法では正しく3次元位相像を再構成出来ません。これがナノメートル分解能位相トモグラフィー電子顕微鏡の実現を妨げていた一大原因です。一方、我々は傾斜照明と画像処理を併用する事で、位相像もまた、長焦点深度で、かつコントラストの反転がなく観察可能である事を指摘しています。

本研究では、ナノメートル分解能で、試料の位相情報の3次元分布(3次元位相像)を観察できる新しい電子顕微鏡技術の創出を目指して、純国産技術により、

- 1) 超高輝度電子銃とコンパクト収差補正システム搭載、高精度3次元試料回転ホルダー装備 STEM (走査型透過電子顕微鏡) 鏡体の開発、および、
- 2) 輪帯照明とアレイ型検出器、並列画像処理システムによる新しい長焦点深度位相像観察方式の開発を行い、「ナノ位相トモグラフィーSTEM (走査型透過電子顕微鏡)」を完成させる予定です。

この新しい電子顕微鏡の応用分野としては、青色LEDに使われる半導体中の3次元積層欠陥像の可視化や、タンパク質などの3次元ナノ構造解析などが考えられます。

Title of Project : **Development of Nano-phase Tomographic STEM**

Head Investigator Name : Takashi IKUTA

Institution, Department, Title of Position

Osaka Electro-Communication University, Faculty of Information and Communication Engineering, Professor

Number of Researchers : 6, Term of Project : 2006-2010

#### Abstract of Research Project

Today, in-plane spatial resolution of electron microscopes reaches the 0.1 nm, which allows direct observation of atoms. However, the depth resolution is restricted to about 10 nm, caused by the intrinsic nature of the electron optical system. To resolve this restriction, and to get 3D images of the sample, tomographic electron microscopy has been introduced, in which a rotated image series is used to reconstruct 3D images using 3D sample rotation holders. In this technique, it requires rotated image series of very long depth of field. However, phase information of the sample, which is very important for the high-resolution electron microscopy, has the nature of the contrast inversion for change in defocus, and it makes very difficult to reconstruct 3D phase images by this tomographic technique. This is the main reason that the tomographic phase microscope of the 1nm spatial resolution is unrealizable. On the other hand, we have already pointed out that the phase image with very long depth of field can be observed by the use of the oblique illumination and image processing techniques.

The present study aims to create the new microscopy to observe 3D phase distribution of the sample (3D phase images) under the spatial resolution of the 1nm or less. To construct a new nano-phase tomographic STEM,

- 1) A main frame of STEM (scanning transmission electron microscope) with the precise 3D sample rotation holder, which equipped a very high brightness electron gun and a compact aberration correction system, and,
- 2) A new phase image reconstruction system of extended depth of field by the use of the annular illumination, an array detector and a parallel image processor,

will be developed in the present study using domestic technologies. This new microscope will be applicable to various fields, such as the 3D visualization of local stacking faults in semiconductor crystals for blue color LED and the 3D nano-scale structure analysis of protein molecules.