

## 原子分解能ホログラフィー顕微鏡の開発

○大門 寛<sup>1\*</sup>, 桃野浩樹<sup>2</sup>, 松田博之<sup>3</sup>, László Tóth<sup>4</sup>, 益田 有<sup>5</sup>, 小粥啓子<sup>5</sup>,  
竹内走一郎<sup>6</sup>, 橋本由介<sup>6</sup>, 松下智裕<sup>6</sup>

<sup>1</sup>豊田理化学研究所, <sup>2</sup>米子工業高等専門学校, <sup>3</sup>分子科学研究所, <sup>4</sup>デブレツェン大学, <sup>5</sup>(株)アプロコ,  
<sup>6</sup>奈良先端科学技術大学院大学

### Development of atomic-resolution holography microscope

○Hiroshi Daimon<sup>1\*</sup>, Hiroki Momono<sup>2</sup>, Hiroyuki Matsuda<sup>3</sup>, Laszlo Toth<sup>4</sup>, Yu Masuda<sup>5</sup>, Keiko Ogai<sup>5</sup>,  
Soichiro Takeuchi<sup>6</sup>, Yusuke Hashimoto<sup>6</sup>, Tomohiro Matsushita<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Toyota Physical and Chemical Research Institute, <sup>2</sup>NIT, Yonago College, <sup>3</sup>Institute for Molecular Science, <sup>4</sup>Univ.  
Debrecen, <sup>5</sup>APCO Ltd., <sup>6</sup>Nara Institute of Science and Technology (NAIST)

半導体中のドーパントのように機能材料中で孤立した原子の周りの 3 次元原子配列を知ることは、ドーパントの機能解明に基本的に重要であるが、周期性を持たないために通常の X 線回折の手法が使えず、構造が分からないまま試行錯誤で開発が進められていた。「原子分解能ホログラフィー」は、このような孤立原子周りの 3 次元原子配列が直接解析できる強力な手法である。科研費新学術領域研究「3D 活性サイト科学」で大きく進展した<sup>1)</sup>。特に、高いエネルギー分解能で測定した価数分解局所構造の知識は、活性ドーパントと不活性ドーパントの解明を可能にし、機能材料の開発に必須である。しかし、これまでのホログラフィー測定には放射光が必要であり、産業現場での解析は不可能であった。また、従来の二次元分析器では、価数分解した電子だけの二次元角度分布を表示できるだけのエネルギー分解能が無かった。

本研究において開発している「原子分解能ホログラフィー顕微鏡」を Fig. 1 に示す。高いエネルギー分解能を持つ二次元分析器 Compact DELMA と、走査電子顕微鏡機能を持つ小型電子線鏡筒 (APCO 社 MINI-EOC) とを組み合わせたものである。ナノ領域を走査電子顕微鏡で確認して、そのナノ領域の中の孤立原子の周りの構造をホログラフィーで直視することができる。

Compact DELMA は、減速比可変広角対物レンズ、エネルギー分析器、投影レンズ、蛍光スクリーンから構成されている。減速比可変広角対物レンズは今回新たに発明した<sup>2)</sup>ものであり、 $\pm 50^\circ$  の広い立体角に放

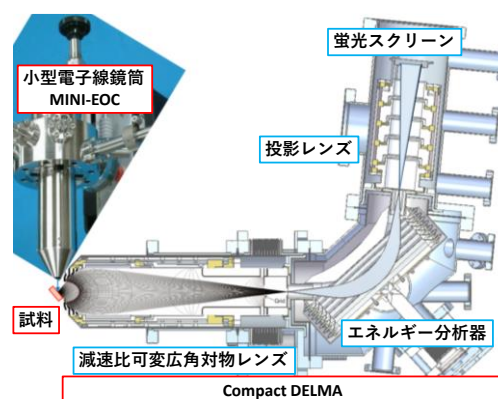


Fig. 1. 原子分解能ホログラフィー顕微鏡

出された電子を一度に取り込み、運動エネルギーを入射時の 1/5 から 1/20 に減速して、エネルギー分析器に導入することができる。減速しているため、高エネルギー分解能のホログラムが取れ、細いビームとしてエネルギー分析器に入射しているので、 $\pm 50^\circ$  の全ての電子を一度に分析でき、広い角度に渡る高エネルギー分解能のホログラムを一度に蛍光スクリーン上に表示できる。減速比可変広角対物レンズと投影レンズだけでも広角部分の分析器として使用できる<sup>3)</sup>。

## 文 献

- 1) H. Daimon, Jpn. J. Appl. Phys. 59, 010504 (2020). STAP REVIEW: Frontier of active site science: new insights on material functions.
- 2) H. Matsuda, L. Tóth, and H. Daimon, Rev. of Scientific Instruments 89, 123105 (2018). (特許出願中)
- 3) H. Momono, H. Matsuda, L. Tóth, H. Daimon, e-Journal of Surface Science and Nanotechnology 18, 1-5 (2020).

\*E-mail: daimon@toyotariken.jp