

放射光による原子分解能ホログラフィーの実際

Atomic Resolution Holography Method using Synchrotron Radiation

JASRI¹, °木下 豊彦¹JASRI¹, °Toyohiko Kinoshita¹

E-mail: toyohiko@spring-8.or.jp

我々は、科研費新学術領域研究「3D 活性サイト科学」[1]の支援のもと、SPring-8の放射光を利用したホログラフィー実験などで、ドーパント、触媒、界面原子の電子状態とサイトの決定を行うことを目指している。いろいろなサンプルに対してホログラフィー研究を進める傍ら、装置や測定環境の整備にも取り組んでいる。これまでよりもエネルギー分解能の良い、光電子ホログラフィーパターンを得ることができるようになり、同一元素であっても、サイトの違う原子を区別したデータ解析により、詳細な議論ができるようになってきた。また、10 ミクロンを切る微小領域のホログラフィーや、ポンプ&プローブ手法との組み合わせによる相転移のダイナミクス研究も視野に入ってきている。講演では、SPring-8 で整備を進めているホログラフィー測定に利用可能な手法、装置の紹介のほか代表的な測定例を示す。

代表例として、デバイスでも実際に重要な半導体中のドーパントの測定例を取り上げる。実デバイスではSi中にBやPをドーピングして、キャリア濃度のコントロールを行っているが、教科書に出ているような置換サイトにこれらのドーパントが配置している状況を直接可視化した例はほとんど知られていない。また、半導体に限らず、高温超伝導体や様々な機能性物質においても、ドーピングによるキャリア注入は非常に重要である。実際の材料開発で、キャリア濃度を上げようとして、ドーピング原子をたくさん注入することを試みても、それらの原子すべてがドーパントとして活性化するわけではない。この問題を解決するためには、実際に活性化しているサイトと不活性のサイトがどのような状況にあるかを可視化することが重要である。図は、東工大筒井教授のグループを中心に行われたSi中のAsについての事例である[2]。予想通り、活性部位は置換サイトであり、Asがダイマーを形成し空孔が近くにあるサイトや、AsとSiがランダムなクラスターを作っているサイトが不活性サイトとして存在することが明らかになった。

[1] <http://www.3d-activesite.jp/>

[2] K.Tsutsui, et al., Nano Letters, 17, 7533-7538, (2017). DOI: 10.1021/acs.nanolett.7b03467

