

軽元素ドーパント直接観測のための 中性子ホログラフィー法

Neutron holography for direct observations of light element dopants

大山研司¹、林 好一¹、細川伸也²、八方直久³、原田正英⁴、稲村泰弘⁴、
南部光江¹、宍戸統悦¹、湯蓋邦夫¹

東北大金研¹、熊本大²、広島市大³、J-PARC センター⁴

シリコン等の半導体に微量のボロンや燐などをドーピングすることで、n型かp型かを制御できる。これは、マクロな性質が微量ドーパントに支配されることを意味しており、ドーパント周りの環境を直接観測できれば、機能性材料の機構解明、高度化が可能と予想できる。我々は、ドーパント周囲の3D原子局所構造の観測のため、従来の散乱実験技術の延長上にはない「中性子ホログラフィー」に注目している。特に中性子インバースホログラフィーは、入射した中性子（平面波）が原子により球面波として散乱され、それが近傍原子位置で入射平面波と干渉を起こすことを利用して、局所構造を観測することができる。その重要な特色は、中性子吸収で発生する γ 線を利用するためエネルギーにより元素選択的に観測可能な点で、これによりドーパントからの情報だけを抽出できる。また、通常のXAFSよりも広い20Å程度までの3D局所構造をモデルなしで可視化できる。すでにJRR3で日本最初の中性子ホログラフィーに成功しているが、J-PARCでの白色中性子を用いれば測定精度を格段に向上できると考えている。そこで我々は白色中性子ホログラフィー装置を開発し、J-PARCのBL10で実験を行った。試料はEuを1%ドーピングしたCaF₂単結晶を用いた。この実験により世界で初めて白色中性子ホログラフィーデータが得られ（図1）、単色ホログラフィー実験よりはるかに高精度でEu周りの局所3D構造を可視化できることが確認できた。さらにJ-PARCがホログラフィー実験に最適であることが分かってきた。これは、世界的にも競争力のある材料科学研究、ドーピング系構造物性研究をJ-PARCで実現できることを意味している。

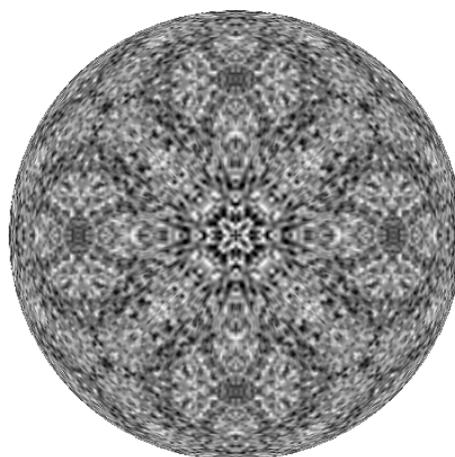


図1 BL10で得られた
Ca_{0.99}Eu_{0.01}F₂単結晶のホログラム
($\lambda=1.24\text{\AA}$)