

放射光核共鳴非弾性散乱の現状と展開

京都大学原子炉実験所、CREST 瀬戸 誠

放射光核共鳴非弾性散乱法は、1994年にKEK・PF-ARリングにおいて世界で初めて観測されてから急速な進展を遂げてきた[1]。この方法は原子核の共鳴励起過程を利用しているため、特定元素またはサイトだけの状態を選択して観測が可能であるという特徴を有している。そのため、複雑な化合物中の特定元素だけのフォノン状態密度の測定や、金属・半導体中における微量不純物の局所フォノン状態密度測定も可能となっている(図1)[2]。また、超高压下での測定も数多くなされ、100GPa以上の超高压下でのフォノン測定も実施されている[3,4]。さらに、固体だけにとどまらず液体中のイオンの拡散運動等についての研究も数多く実施されてきている[5]。核共鳴散乱法は、非弾性散乱測定だけでなく、原子核と電子系との超微細相互作用による電子状態測定も可能であることより、電子状態を特定したフォノン状態密度測定を行う事が可能である。この方法を用いる事により、混合原子価化合物のように、同一元素でありながら電子状態の異なる原子が幾つか含まれるような物質中の局所フォノン状態密度を、それぞれの電子状態を特定した状態で測定を行う事ができる。このような測定は、これまでの方法では不可能であったものである(図2)[6]。さらに、核モノクロメータを利用する事でneVオーダーの準弾性・非弾性散乱測定を行う事も可能となってきている。

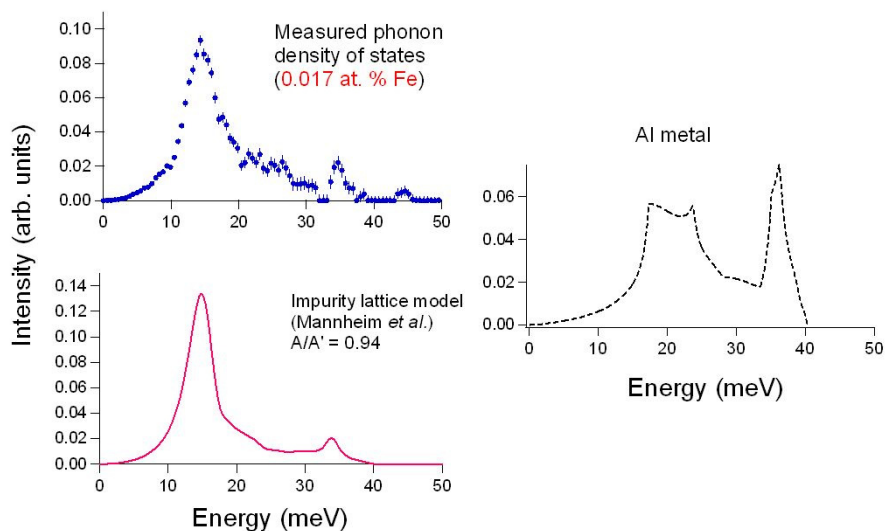


図1 .(左上)核共鳴非弾性散乱により求められたAl金属中に170ppm含まれる ^{57}Fe の局所フォノン状態密度、(右)Al金属のフォノン状態密度、(左下)Fe-AlとAl-Alの力定数の比をパラメータとしてAl金属のフォノン状態密度からGreen関数法を用いて計算したFeの局所フォノン状態密度

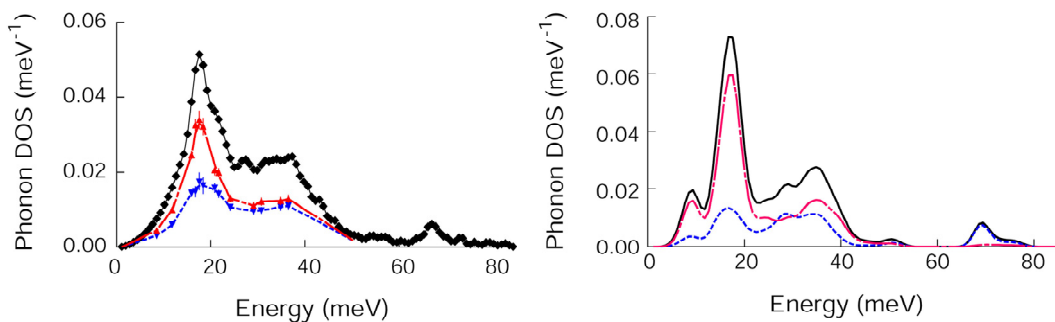


図2 .(左) 核共鳴非弾性散乱により求めた Fe_3O_4 における Fe フォノン状態密度 ()、Aサイトのフォノン状態密度 ()、Bサイトのフォノン状態密度 () (右) 第一原理計算により求めた Fe_3O_4 における Fe フォノン状態密度 (-)、Aサイトのフォノン状態密度 (-)、Bサイトのフォノン状態密度 (-)

しかしながら、元素選択性を活用した研究を実施するためには、多くの元素における非弾性散乱測定を実施可能にする必要があるが、原子核の励起エネルギーが多岐に渡っていることが1つの原因となってこれまであまり実施されてこなかった中・高エネルギー領域における高分解能モノクロメータを開発していく必要がある。また、そのような高いエネルギー領域で、高繰り返し測定が可能でかつ十分な時間分解能と検出効率を有するX線検出器も開発していく必要がある。また、この他にも核共鳴散乱法の特性を活かした先進的な測定法も開発していく必要がある。

このような状況において平成17年度後半からJSTのCREST研究「物質科学のための放射光核共鳴散乱法の研究」がスタートした。この研究の目的は、現在およびこれからの精密かつ複雑で高度な物質・材料科学研究分野において、重要かつ本質的な役割を果たすであろうと考えられる“元素およびサイトの特定”という概念を軸に、放射光と核共鳴励起過程双方の有する優れた性質を最大限に活用した放射光核共鳴散乱法の新しい分光法としての基盤技術を確立し、さらにその持てる最大限の性能を引き出すことで大きな発展を目指すものである。さらに、多くの物質科学研究者が容易に利用できる開かれた分光法とすることで、物質科学研究の発展に寄与することを目指している[7]。

[参考文献]

- [1] M. Seto, *et al.*: Phys. Rev. Lett. **74** (1995) 3828.
- [2] M. Seto, *et al.*: Phys. Rev. B **61** (2000) 11420.
- [3] H. Kobayashi, *et al.*: Phys. Rev. Lett. **93** (2004) 195503.
- [4] H. K. Mao, *et al.*: Science **292** (2001) 914.
- [5] X. W. Zhang, *et al.*: Jpn. J. Appl. Phys. **34** (1995) L330.
- [6] M. Seto, *et al.*: Phys. Rev. Lett. **91** (2003) 185505.
- [7] <http://www.jst.go.jp/pr/info/info202/crest6.html>