

Direct probe of the electron-phonon coupling among the empty states in graphite by means of the high-resolution electron energy loss spectroscopy

阪大産研¹, 東大物性研²

田中慎一郎¹, 向井孝三², 吉信淳³

ISIR, Osaka University¹; ISSP, The University of Tokyo²,

S. Tanaka¹, K. Mukai², J. Yoshinobu²

電子格子相互作用 (EPC) は固体物性における最も重要な相互作用の一つである。EPCの素過程は電子のフォノンによる散乱であり、例えば band index i 、運動量 k の電子が運動量 q のフォノンによってバンド j に遷移するとき、相互作用ハミルトニアンを H_q として matrix element $\langle \Phi_{jk\pm q} | H_q | \Phi_{ik} \rangle$ が相互作用の大きさを決定している。しかし、総体としての EPC (matrix element を積分した Eliashberg 関数) を実験的に観測する手段はこれまでであったが、素過程である電子フォノン散乱をエネルギー・運動量で分解して観察する手段はほとんどなかった。最近我々は角度分解光電子分光を利用してこの観測を始めているが、本発表では新たに、グラファイトにおいて高分解能電子エネルギー損失分光 (HREELS) を用い、特定の波動関数間の特定のフォノンによる電子フォノン散乱を観察することに成功したので報告する。

図 1 は、二種類の異なった入射エネルギー (E_p) を用いて測定した HOPG グラファイトの角度分解 HREELS スペクトルである。わずか 3eV の違いで全く異なったスペクトルが観測されており、グラファイトのフォノン分散曲線との比較によって、それぞれはグラファイトの面間フォノンの異なったブランチ (ZO' モードおよび ZA モード) による散乱に起因することが分かる。なお、 E_p が大きい ($> 20\text{eV}$) ときには全てのフォノンモードが観測されており、この場合では平面波としての電子が振動する原子核ポテンシャルによって散乱されるという衝突散乱モデルで説明できる。しかし図 1 におけるエネルギー依存性を説明するために全く異なった散乱メカニズムを考えなくてはならない。これは、分子などの孤立系の HREELS においてよく知られている負イオン共鳴散乱と同様の散乱メカニズムを考えることで説明できる。すなわち、グラファイトの特定の非占有バンドの k, E が入射電子のそれらと一致し、かつ特定のフォノンによる電子の散乱確率が高く、出射電子と条件が一致するバンドがあるとき、共鳴的散乱チャンネルが開き、これが HREELS スペクトルにおいて観測されるわけである。講演では、入射エネルギー依存性の詳しい測定や、第一原理計算による非占有バンドとの比較などによって、遷移過程について詳しく検討する。

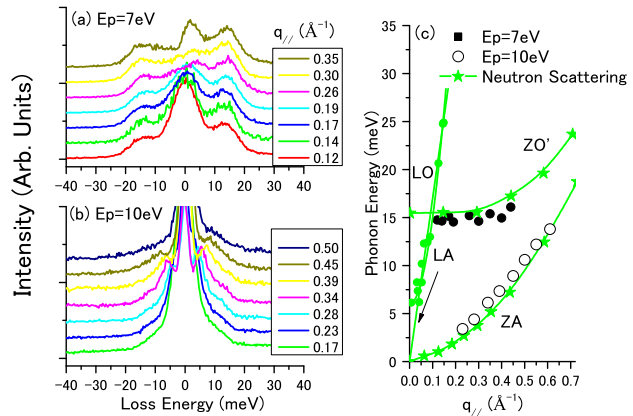


図 1: HOPG の角度分解 HREELS スペクトル (a: $E_p=7\text{eV}$, b: 10eV) および中性子散乱によるフォノン分散曲線との比較 (c)