

1. ダイヤモンドの窒素センターの光磁気モーメントと スピン格子緩和

白 井 良 史

ダイヤモンド結晶中の格子欠陥（窒素不純物、ホウ素不純物、空孔、あるいはこれらの複合欠陥等）にはカラーセンターを形成するものが多く、その色は黄、青、茶、黒とバラエティに富んでいる。そのため天然ダイヤモンドについてはふるくからその光物性が調べられてきた。

最近、質に揃った人工ダイヤモンドの合成が行われており、カラーセンターの基礎研究の材料として注目されている。この合成ダイヤモンドは窒素原子を置換型不純物として 100ppm ほど含んでおり窒素原子に属する電子が伝導帯の下 2eV 付近に準位をもつため黄色に着色している。この窒素センターの電子状態に関してこれまで理論的、実験的に多くの研究がなされている。というのは共有結合性結晶に存在する格子欠陥のうちいまの系は単純な構造をしており取扱いが簡単であると考えられるからである。特に窒素の電子が $S=1/2$ なるスピンを持つため ESR 測定が可能であり、いろいろと興味深いことが分かっている。例えば、窒素原子はダイヤモンド格子位置から $[111]$ 方向にずれたところに安定位置を持ちその方向に電子が局在化していることや、窒素原子は十分低温でも等価な4つの安定位置（ $[111]$, $[\bar{1}\bar{1}\bar{1}]$, $[1\bar{1}\bar{1}]$, $[\bar{1}1\bar{1}]$ 方向のずれ）の間を局在電子がトンネリングすることで移り変わっていることや、トンネリング時のスピン反転がスピン格子緩和過程を支配していることなどである。

本研究は、この試料に光照射を行うと磁気モーメントの変化を生じることから、その特徴および得られる物性の情報を解析したものである。磁気モーメントの検出には SQUID 素子を活用した。そして照射光のエネルギーが 1.55eV 以上のときの光磁気信号の回復過程は、スピン格子緩和過程であると結論づけた。それは、回復時の時定数の温度依存性が ESR の1種である pulse-saturation 法により直接的にスピン格子緩和時間(T_1)の測定を行った I.M.Zaritskii たちの結果と一致したからである。また、照射光のエネルギーが 1.55eV より小さいときは既知の事実からでは知れ

ないような現象が生じており、その発生の機構として光イオン化過程と Jahn-Teller 歪間のトンネリング過程の2種類について検討してみた。

2. 酸化物高温超伝導体のNMRによる研究

石 田 憲 二

酸化物高温超伝導体 (La 系, Y 系) について超伝導発現機構を解明するために、微視的な観点から重要な情報を与える核磁気共鳴 (NMR) および核四重極共鳴 (NQR) を用い研究を行った。

具体的には

- 1) $(\text{La}_{1-x}\text{Ba}_x)_2\text{CuO}_4$ 系における ^{139}La の NQR
- 2) $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ 系における $^{63,65}\text{Cu}$ の NQR
- 3) $(\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x)_2\text{CuO}_4$ 系における $^{63,65}\text{Cu}$ の NQR による T_1 の測定
- 4) $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ における ^{17}O の NMR による T_1 の測定

である。

1), 2) の実験より La 系, Y 系とも超伝導と反強磁性秩序がその領域を接して存在していることがわかった。これは酸化物高温超伝導体の共通の性質であり、超伝導出現に対し反強磁性秩序が関係していると考えられる。

3) の実験より La 系および Y 系の CuO_2 面内の Cu の緩和は、伝導をになっているホールによる緩和よりむしろ Cu^{2+} の 3d-ホールのスピンのゆらぎによる緩和の方が支配的であると考えられる。しかしこのスピンのゆらぎは超伝導と関係したものであり、 T_c が下がるにつれ、スピンのゆらぎはおさえられる傾向にある。このように Cu^{2+} にある 3d-ホールのスピンのゆらぎは超伝導発現に関し重要な影響をおよぼしていると考えられる。

4) の実験から $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ について ^{17}O の緩和は Cu および Y の緩和と異なり、 T_c 直下に $1/T_1$ の増大が見られた。 T_c 直下に $1/T_1$ の増大が見られるのは、BCS 超伝導体において特徴的な現象である。しかし今回の $1/T_1$ の増大は $(1/T_1)_s / (1/T_1)_n \simeq 1.2 \sim 1.3$ 程度であり、一般的 BCS 超伝導体に比べ小さなものである。ところが T_1 を測定したスペクトルのピークには最低2サイトからの信号が重なっていることが高分解能 NMR よりわかった。現在、4) の実験は進行中である。