

22. ダイヤモンドの NV センターのホールバーニング効果と ESR

錦 織 均

この研究は、ダイヤモンドの NV センターについてホールバーニング効果とそれに関連した現象を調べ、さらに電子状態に関する情報を得るために ESR と光ゼーマン効果を測定したものである。

NV センターとは、窒素不純物 (N) と原子空孔 (V) からなる複合格子欠陥で、バイプロニクススペクトルを示す。そのゼロフォノン線は 80K 以下において顕著なホールバーニング効果を示す。ホールバーニング効果とは、不均一広がりをしている吸収線にレーザー光線を照射すると、その部分の吸収が減少して吸収スペクトルに穴があいたように見える現象である。この穴を一次ホールと呼ぶことにする。NV センターでホールバーニングが起こるのは、吸収線が内部歪により不均一広がりをしており、光励起によって内部歪が変化するためである。さらに、ゼロフォノン線の裾や、1 フォノン線を励起したときにもゼロフォノン線のピーク付近に吸収の減少が起こることを新しく見いだした。これを二次ホールと呼ぶ。二次ホールの特徴、生成の機構を明らかにするため、二次ホールの励起光波長依存性、温度依存性、NV センターの濃度による依存性を調べた。その結果、次のことがわかった。

- (1) ゼロフォノン線のピークの高エネルギー側、又は低エネルギー側を励起した場合、60K では二次ホールが共に形成されるが、4.2K では低エネルギー側では一次ホールは形成されない。このことは二次ホールの形成にフォノンが関与していることを示している。
- (2) 二次ホールの形成は、NV センターの濃度によらない。このことはエネルギー移動が、電気双極子相互作用によるのではなく、発光再吸収による可能性を示唆している。
- (3) 1 フォノン線、2 フォノン線で励起したときにも二次ホールは作られるが、更に高次のフォノン側帯で励起すると二次ホールは作られない。これは励起状態でのフォノン発生が大きいと一次、二次ホールが共に消滅するためであると説明できる。

結論として一次ホールはレーザー光線の直接励起で作られ、二次ホールはゼロフォノン線の再吸収によって作られる。また、高次フォノン側帯で励起してフォノンの発生が大きいとホールを消滅させる効果がある。

NV センターはスピン三重項であり、ESR を生じる。光励起を行うと三重項の磁気量子数 $m_s = 0$ の準位の分布が増えることを確認した。この効果を生じる励起光の偏光依存性を測定して、双極子モーメントが $\langle 1\ 1\ 1 \rangle$ 軸に垂直であるという結論を得た。また、励起光で $m_s = 0$ の分布が増えることは、スピン三重項を経由する緩和と項間交差によって説明される。さらにゼロフォノン線の光ゼーマン効果を測定し、励起状態の軌道ゼーマン分裂を求めた。このゼーマン分裂は小さく内部歪による軌道磁気モーメントの消滅が起こっていると考えられる。