

24. ダイヤモンドのNV センターにおける ESR と 光誘起磁気モーメントの研究

森 健 三

孤立窒素を不純物として含む Ib 型ダイヤモンドに中性子又は電子線を照射しアニールすると NV センターが生成される。NV センターは電荷状態は $(NV)^-$ と言われ、吸収、発光では 638nm にゼロフォノンラインを持つバイプロニックスペクトルを示し、光 ESR やホールバーニングなども観測される。しかし、基底状態がスピニングレットかトリプレットなのかなど、まだ明らかでない点も多い。本研究では、照射、アニールにより生成されたセンターの評価と NV センターの光励起緩和過程の考察とを行った。

まず、中性子照射によるカラーセンターについて、等時アニール過程の ESR 測定によって系統的に調べた。その結果、Ib 型ダイヤモンドに固有のセンターとしては主に NV センターぐらいで、他のセンターのほとんどは不純物によらない vacancy や interstitial carbon から成るセンターであることがわかった。

NV センターのトリプレット準位の光によるスピン分極は Loubser and van Wyk の光 ESR の実験によって報告されていたが、それを我々の試料についても確認した。しかし、光を当てない状態でも、室温だけでなく 77K においてもトリプレットに分布があることがわかった。NV センターはスピン格子緩和時間が長いためか、ESR 強度はマイクロ波が弱くても飽和しやすく、温度変化からトリプレットが励起状態かどうかを決めることは出来なかった。

ESR を磁気モーメントの変化から測定する SQUID-ESR の実験からは、 4.2K においてもトリプレットに分布があることがわかった。光誘起磁気モーメントによっても NV センターのトリプレットによると思われるスピン分極は測定された。また、緩和時間の時定数などから次の事がわかった。

(1) $(NV)^-$ のトリプレット状態は基底状態であるか、又は、 4.2K でも熱分布できるような基底状態に非常に近い励起状態である。

(2) SQUID-ESR の緩和時間より、トリプレットのスピン格子緩和時間は照射量が $2.2 \times 10^{16} \text{ neutrons cm}^{-2}$ の試料に対しては 4.2K で 6 秒くらいになる。マイクロ波共鳴によって、スピン系はクロス緩和を起こしながらスピン温度が上昇し、磁気モーメントは減少する。マイクロ波を切った後ではスピン格子緩和により、熱平衡へと戻る。

(3) 光照射により、トリプレットはスピン分極を起こし（又はトリプレットの分布全体も増加して）磁気モーメントは増加する。光を切ると 2 秒くらいの緩和時間で元に戻る。光を照射した後では SQUID-ESR の緩和時間も 2 秒くらいに速くなり、数時間のオーダーで緩和時間は元の 6 秒へと回復してゆく。これらの原因としては、光によって孤立窒素から電子をもらった X^- (X^- はまだ解っていない。スピン格子緩和時間の短いセンターであるとする。) が生じ、クロス緩和によって NV センターのトリプレットの緩和が速くなると考えられる。数時間の時定数はこの X^- の寿命であろう。