

15. 中性子照射シリコンの光励起緩和

新 本 祐 一

シリコンの中性子損傷欠陥における光励起緩和過程を明らかにする為、赤外分光、ESR、光磁気効果の測定を行った。その結果について報告する。

赤外分光により、 $3.3\mu\text{m}$ 付近にある複空孔 $[V_2^-]$ の電子遷移による吸収バンドと、 $8\mu\text{m}$ 付近にある酸素-空孔対 $[(V-O)^-]$ の局在格子振動による吸収バンドが観測された。光照射によって V_2^- センターの吸収係数が増加し、光を切ると数分程度の緩和時間で元の状態に戻る。 $(V-O)^-$ センターの吸収は光照射によって全く変化しない。 V_2^- センターの吸収係数の増加は複空孔が光キャリアをトラップする反応 $V_2^0 + e^- \rightarrow V_2^-$ によって説明できる。 300°C でアニールを行うと、複空孔が残っているのにもかかわらず、光照射による吸収係数の増加は起こらない。このことは V_2^0 にトラップされる光キャリアを供給する未知のセンターが 300°C ではすでに消失していることを示唆する。

ESRによって、 200°C でアニールした照射シリコン中にG7、A10、A2、A3、A4、P1の各センターが観測される。バンドギャップ光を照射すると、G7、A10センターの信号強度が増加し、数十分という長い緩和時間で元の状態に戻る。G7センターは V_2^- センターであり、A10センターは局在準位が V_2^- センターに類似したセンターである。どちらのセンターも伝導帯の底から約 0.4eV 下に局在準位が存在する。光照射によってG7、A10センターの信号強度を増加させた後、 $0.4\sim 0.5\text{eV}$ に相当する光を照射すると信号強度はすぐに元の状態に戻る。このことは複空孔から光キャリアが放出される反応 $V_2^- \rightarrow V_2^0 + e^-$ によって説明できる。

光照射による磁気モーメントの変化を光磁気効果と呼ぶ。中性子損傷欠陥が導入されたシリコンでは、光を照射すると磁気モーメントは反磁性の方向に変化し、数秒程度の時定数で元の状態に戻る。このことは単に複空孔による光キャリアのトラップだけでは説明できない。 V_2^- センターが増加すると、常時性中心が増加することになるので、磁気モーメントは常磁性の方向に変化するはずである。 200°C のアニールによって光磁気信号の時定数は3倍程度に長くなる。赤外分光の結果から 200°C のアニールでは V_2^- センターの量は変化しないことが分かる。これらのことから、光磁気信号は光キャリアの供給源となるセンターのスピン温度の上昇によるものと結論できる。 $0.4\sim 0.5\text{eV}$ の光照射によって磁気モーメントは反磁性の方向に変化したまま戻らなくなる。このことは V_2^- センターの減少として説明できる。

以上のことから、シリコンの中性子損傷欠陥における光励起緩和過程では、複空孔による光キャリアのトラップと放出が中心となるが、低温で長いスピン格子緩和時間をもつセンターが、光キャリアの供給源となっていると結論できる。