

導波路基板による量子制御の研究

横浜国立大学・理工学部・物理工学 EP3 年 小形 優弥

ある量子の量子状態を 2 準位間で遷移させるとき、その 2 準位間のエネルギー差に共鳴する周波数 ω で振動する磁場をかけることによってこの遷移を実現させることが出来る。この際、周波数 ω のマイクロ波を銅線に流したときに銅線を中心として同心円状に生じる磁場を発生させ、その磁場の影響下に量子が位置するようにすれば、目的の量子制御が可能となる。

それまでは、同軸ケーブルの途中に銅線を付けて、ダイヤモンドにその銅線を近づけて磁場をかけていた。銅線の径が小さいほど銅線の表面付近にかかる磁場の強度は強くなり、また、かける磁場の強度が強いほど、早い時間で遷移させることが出来るために、その間に失われる位相の情報を小さくすることが出来る。しかし、同軸ケーブルと銅線ではそれぞれのインピーダンスが異なるために、同軸ケーブルから銅線へ変わる部分でマイクロ波が反射し、銅線での磁場の強度が落ちてしまう。この部分での損失をなるべく少なくするためには、銅線部分を極力短くする必要がある。

それまでは銅線でダイヤモンドを固定するように括り付けることで銅線をダイヤモンドに近づけていたが、この方法では、銅線の部分が長くなってしまい、銅線部分でのマイクロ波強度が落ちてしまっていた。そこで、同軸ケーブルと銅線の間を基板を挟む方法を今回実験した。基板に同軸ケーブルをインピーダンスマッチが極力取れるようにはんだ付けし、基板上の導波路にマイクロ波が流れるようにして、その導波路上のごく短い部分に極力小さい穴をあけて、そこに銅線をはんだ付けした基板を作製した。ダイヤモンドは固定しておいて、そのダイヤモンドに基板を接近させることでダイヤモンド中の量子に磁場をかけ、量子状態を遷移させることが出来る。

今回自作した導波路基板にマイクロ波を流してラビ振動を観測したところ、導波路基板を使わなかった時と同じ程度か少し短い周期のラビ振動を観測することが出来た。これ以上周期を短くすることが出来なかった理由としては、クロスするように 2 本の導線を基板にはんだ付けしたことで、その両方がきれいにダイヤモンドに接触するように平らにするのが難しかった点や、基板によってかけた磁場とダイヤモンド NV 中心の電子の方位性の問題などが原因として考えられる。