

強くドライブした超伝導磁束量子ビットのラビ振動

Rabi oscillations in a strongly driven flux qubit

理研 CEMS¹, 東大先端研², NEC スマエネ研³, ○吉原 文樹¹, 中村 泰信^{1,2}, 蔡 兆申^{1,3}

Riken Center for Emergent Matter Science¹, RCAST, The Univ. of Tokyo², NEC SERL³,

○Fumiki Yoshihara¹, Yasunobu Nakamura^{1,2}, JawShen Tsai^{1,3}

E-mail: fumiki.yoshihara@riken.jp

超伝導磁束量子ビットのループに $|0\rangle \rightarrow |1\rangle$ 状態間の遷移エネルギー E_{01} に共鳴する周波数 E_{01}/h の振動磁束を印加するとラビ振動が起こる。ラビ周波数は振動磁束の振幅に比例する。磁束量子ビットは非調和性 $(E_{12}-E_{01})/E_{01}$ が大きく、大きな振幅の振動磁束を印加しても $|2\rangle$ 状態以上に励起されにくい。

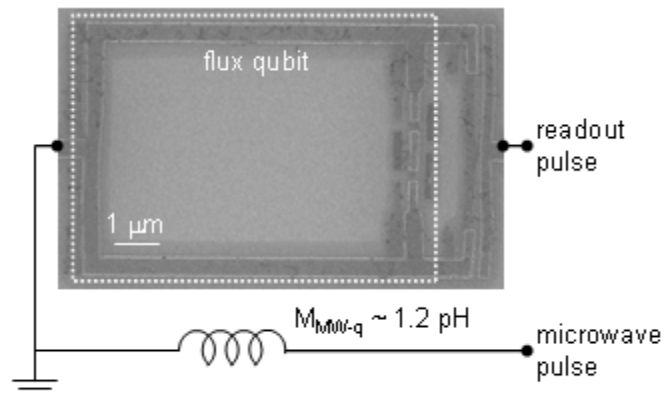


図 1: 磁束量子ビットの SEM 画像及び、周辺回路の模式図。

我々は、超伝導磁束量子ビットのループとチップ上のマイクロ波ラインとの間

の相互インダクタンス M_{MW-q} が大きいサンプルを作製し(図 1)、高速のラビ振動の測定を行った。遷移エネルギー E_{01} のループを貫く磁束に対する感度が 0 で、磁束の揺らぎによる位相緩和が最小の点である最適動作点では、ラビ周波数を $E_{01}/h = 4.8$ GHz と同じオーダーになる 2.2 GHz まで大きくしても、ラビ振動の緩和率の増加はほとんど見られなかった。その結果、1 ns よりも短い $\pi/2$, π パルスが実現可能であることが分かった。

超伝導磁束量子ビットのデコヒーレンスの主な原因となる磁束の揺らぎは、ノイズスペクトル密度が数 mHz から数 10 MHz の広い周波数範囲で $1/f$ 型の周波数依存性を持つことが数々の測定により知られている。最適動作点から離れた点でラビ振動の緩和率を測定することにより、ラビ周波数における磁束の揺らぎを評価できる。その際、低周波数の磁束の揺らぎによる影響を評価して、測定データから差し引く必要がある。ラビ周波数の磁束の揺らぎに対する感度を考慮した結果、低周波数の磁束の揺らぎの影響を最小にするためには、 $E_{01}/h = 6.4$ GHz、ラビ周波数が 1.5 GHz の場合、6.1 GHz (−300 MHz の離調周波数) の振動磁束をかける必要があることが分かった。

ラビ周波数が 2.7 MHz から 1.7 GHz の広い周波数範囲でラビ振動の緩和率から磁束の揺らぎのスペクトル密度を評価した。今回測定したサンプルにおいては、磁束の揺らぎのノイズスペクトル密度は、300 MHz 程度まで単調減少していること、全体的には $1/f$ 型の周波数依存性を持っていること、10 MHz から 300 MHz ではローレンツ型の周波数依存性を持っていることが分かった。