

## 電荷量子ビットの複数ゲート操作

NEC基礎研・CREST-JST\* 中村 泰信、ユーリ パシユキン\*、蔡 兆申

Multi-gate-pulse operation of charge qubit

Yasunobu Nakamura, Yuri A. Pashkin\*, Jaw-Shen Tsai

NEC Fundamental Research Laboratories, CREST-JST\*

微小なジョセフソン接合を用いた素子「クーパー対箱」を用いて人工的な量子2準位系を実現することができる。微小な超伝導「箱」電極中と接地電極のあいだで、接合を介したクーパー対のトンネルが起これば、箱電極中のクーパー対数が揺らぐ。ところが箱電極が十分小さいと、帯電効果によりクーパー対数の変化は高々1個に制限されるので、その2つの異なる電荷数状態を2準位系として利用する。昨年度までに我々は、この人工2準位系—「電荷量子ビット」—の量子状態を、素子に高速のゲート電圧パルスを印加することにより制御できることを実験的に示した。[参考文献]

現実の量子ビットでは必ずデコヒーレンスという問題が付きまとう。今回、我々はクーパー対箱におけるデコヒーレンス、特に位相緩和の様子について調べるために、1つの量子ビットに複数の連続した制御パルスを施す実験を行なった。

最初の実験は、磁気共鳴実験での自由誘導減衰に相当するものである。2準位系の基底状態から出発し、最初のパルスで2状態の重ね合わせを準備する。次のパルスまでの遅延時間の中に、2状態間のエネルギー差に起因する波動関数の位相発展が起これば、2番目のパルスは位相情報を観測基底に射影するための操作を行なう。その結果、遅延時間の関数として、位相の回転する様子、また2~300psで急速に減衰する様子が観測された。

この急速な位相緩和は、低周波数の背景電荷揺らぎ（基板中の電荷不純物の揺らぎなどに起因すると思われる）の存在と、パルス制御後の終状態観測のために行なう試行平均操作とに由来する、アンサンブル中の不均一による見かけ上の位相緩和と考えられる。この効果を取り除くために、やはり磁気共鳴でよく知られたスピンエコーの手法を取り入れて、「電荷エコー」の実験を行なった。ここでは3つのパルスを用いる。最初と最後のパルスの中に、2準位の状態を交換するパルス操作を挿入し、前後の遅延時間における位相発展がちょうど互いに打ち消しあうようにする。これにより、揺らぎの低周波成分による見かけ上の位相緩和は取り除かれる。実際、実験では5~6nsまでコヒーレンスが保たれる様子が観測された。この結果は、電荷エコーの方法が効果的に働くことを示すと同時に、電荷量子ビットにおいて背景電荷揺らぎのデコヒーレンスの効果が重要な問題であることを示している。

## 参考文献:

Y. Nakamura, Yu. A. Pashkin, and J. S. Tsai, *Nature* **398**, 786 (1999).Y. Nakamura, Yu. A. Pashkin, and J. S. Tsai, *Physica B* **280**, 405 (2000).Y. Nakamura and J. S. Tsai, *J. Low Temp. Phys.* **118**, 765 (2000).