

熱雑音限界に迫る超伝導単一磁束量子集積回路

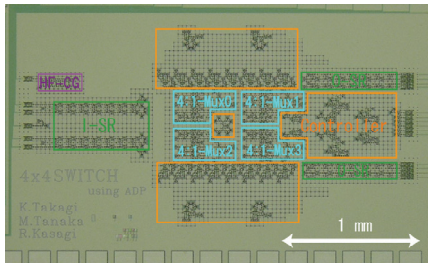
量子工学専攻 量子集積デバイス工学研究グループ 藤巻朗, 赤池宏之

研究開発の概要

超伝導単一磁束量子回路(SFQ回路)は、磁束量子1個の有無を2値信号の"1"、"0"に対応させて計算を行うデジタル回路である。1個の磁束量子の保持、消滅、2個の磁束量子の統合などが論理演算の基本動作となる。超伝導電子素子(ジョセフソン接合)の特性やインダクタンスなどの回路パラメータを調整することで、具現化できる。

SFQ回路は、100 GHz以上の高速動作と1論理演算あたり0.1 μ W程度の低消費電力を特徴とする。また、充放電を伴わない光速の信号伝送も大きな特徴である。

現在、SFQ回路の高速化・大規模集積化とともに、低電力化に努めている。原理的には、熱雑音に迫るエネルギーでの演算が可能と考えており、これまで熱雑音の100倍程度のエネルギーでの論理動作を実証している。



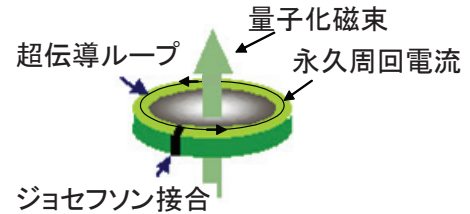
110 GHz, 0.7 mW 4入力4出力 スイッチ回路

新規性・独創性

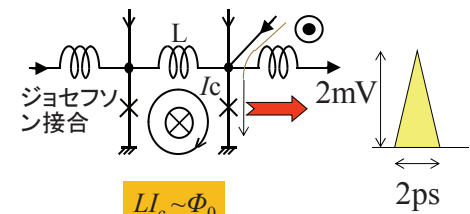
集積回路の特性評価パラメータのひとつで最近特に重要視されているエネルギー・遅延積(EDP)は、新たな回路方式であるLow- V_b RSFQ回路は、従来のSFQ回路より1桁、集積回路内での半導体素子と比べて5-6桁小さな値となる。超伝導配線が低エネルギー化に大きく寄与しており、超伝導を生かした特性が得られている。

応用

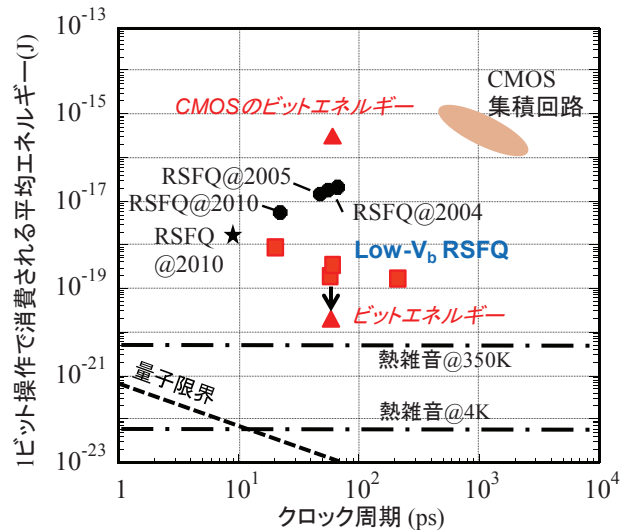
- ・ デスクサイド・スーパーコンピュータ
- ・ ExaFLOPSスーパーコンピュータ
- ・ 大容量高速ルータ
- ・ 高エネルギー分解能超伝導検出器システム
- ・ あらゆる変調方式・広い周波数に対応できる無線機



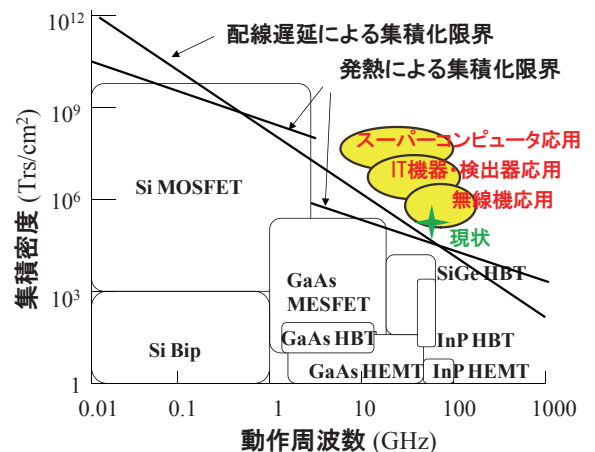
超伝導リングと磁束の量子化



単一磁束量子回路の動作原理



集積回路において演算に要するエネルギー



SFQ集積回路の速度・集積度と応用分野