

技術名	外部磁場の影響を低減した大規模単一磁束量子論理回路			
発明の名称	大規模単一磁束量子論理回路			
出願番号	特願2005-291605	公開番号	特開2007-104332	特許番号
分類	H03K 19/195	H01L 39/22		
発明者	吉川 信行			

技術概要

SFQ (Single Flux Quantum, 単一磁束量子) 素子は、2個のジョセフソン接合 (Josephson Junction: JJ) を超伝導線でリング状に接続したもので、単一の磁束量子の動きで動作するため、CMOSよりもはるかに低消費電力で高速動作する素子である。このSFQ素子を組み合わせれば、すべてのブール演算を実行でき、CMOSに比べ演算速度は数百倍、消費電力は約1/100の演算回路を実現できる。しかし、SFQ論理回路が大規模になるほど、多数のJJが超伝導的に結合し外部磁界の影響を受けやすくなる。JJの数が万を越えるようになると、従来知られている種々の対策を施しても、素子に供給するバイアス電流による磁界やその他の外部磁界の影響により回路が動作しなくなる。本発明は大規模なSFQ回路を複数のブロックに分けて、ブロック間は超伝導的に結合しない対策を採ることにより、磁気的影響によるSFQ回路の大規模化の制約を低減するものである。

解決すべき技術課題

SFQ回路は一部にJJを持つ超伝導リングに磁束の物理的最小単位である磁束量子 ($2.07 \times 10^{-15} \text{ Web}$) が1つ捕捉されているかいないかで論理演算するもので、もともと磁界の影響を受けやすい。SFQ回路では磁束の移動に伴い電圧を発生されるためにJJにはDCバイアス電流を流しておかなければならないが、JJを数千以上含む大規模なSFQ論理回路では、このバイアス電流の総供給量が1A以上に達し、それが作る磁界により回路動作が大きな影響を受ける。また、多数のJJが超伝導的に結合して見かけ上大きな超伝導リングが構成され、このリングに1つの磁束量子が入るとまた電圧パルスが発生する。このため、リングが大きい分、微小の磁界でも容易に1つの磁束量子相当の量になる。したがって、わずかな外部磁界でも誤動作が発生することになる。バイアス電流の他、これまで知られている回路動作に影響する要因をまとめると、以下のものがある。

- (1) チップ上のバイアス供給線に流れる電流が発生する磁界の影響。
- (2) ボンディングワイヤやチップキャリア等に流れる電流が発生する磁界の影響。
- (3) グラウンドプレーンを流れる鏡像電流の影響。

これらに対して従来から知られている各種対策を講じてもJJが1万を超える回路では正常動作は難しいことが指摘されている。したがって、回路の一層の大規模化には上記問題を克服する必要がある。

どのように解決したか

本発明では、下図(a)に示す1つの大規模なSFQ回路を下図(b)のように複数の小規模な回路ブロック2A-2Dに分割し、各ブロック間に接続ブロック3A-3Dを挿入する。接続ブロックでは信号線路に微小抵抗を入れてあり、超伝導電流は遮断されるが、SFQパルスの減衰レベルは接続される他の回路を動作させるに十分なレベルになるように抵抗値が調整されている。これにより、大規模回路全体のJJが超伝導的に結合することを抑制し、各小規模回路ブロック自身は外部磁界があっても動作するようにしておけば、大規模ブロック全体としても動作するようになれる。さらに、下図(c)のように小規模ブロックさらに分割することにより、より大規模なSFQ回路を実現できる。

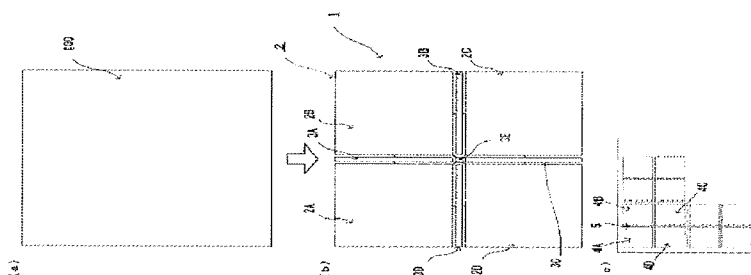
効果

本発明は、SFQ回路の大規模化の制約を抑制し、大容量のSFQコンピュータの道を拓いた。

優位性・特徴技術

本発明は、外部磁界の影響が少ないレベルの規模のSFQ回路を接続ブロックを介してつなぐことにより大きな規模のSFQ回路を実現する方法である。回路構成を複雑にせずにSFQ回路のスケールアップに伴う障害を低減することに本方法の特長がある。また、接続回路ブロックを各回路ブロックの間に設けるだけでよいので、回路設計、回路の積層化、回路構成が容易であるところに本発明の優位性がある。

代表図



大規模単一磁束量子論理回路の構成概略図

- 1: 大規模単一磁束量子論理回路
- 2: 回路ブロック
- 3: 接続ブロック
- 3A: 微小抵抗
- 4: 論理回路
- 5: 接続回路