

ファイバーコンポーネントを用いた周波数基底の量子ゲート

Frequency quantum gates by Fiber optic components

東大院総合（駒場）¹, JST さきがけ² 大村 史倫, 浅場 智也, 安武 裕輔, 深津 晋

UTokyo at Komaba¹, JST-PRESTO² Fuminori Omura¹, T.Asaba¹, Y.Yasutake^{1,2}, and S.Fukatsu¹

E-mail: 0852658007@mail.ecc.u-tokyo.ac.jp

半導体微細化技術の限界に近づきつつある現在、CMOS の限界を突破しうるデバイスとして量子コンピュータが大きな注目を集めている。しかし、ゲート型の量子コンピュータは量子ビット間のもつれの維持やゲート操作の難しさからビット数を十分に増やすことができず、原理検証の域を出ていない。そこで、我々は量子コンピュータのスケーラビリティを緩和する事によって大規模計算への障壁を下げることを目標として研究を行ってきた。ゲート型量子コンピュータでは複数のビットをもつれさせることで高いスケーラビリティを保持しているが、 2^N の情報に対しそれと同数だけの基底を用いることができれば量子もつれなしにゲート型量子コンピュータを再現することができる[1]。この方式では多くの基底を用意する必要があるが、周波数は空間的に広がることなく無限に基底をとることができ、本研究室では以前にアナログ電子回路上で量子計算のシミュレーションに成功している[2]。今回はファイバーコンポーネントを用いて周波数基底の量子ゲート(CNOT ゲート、回転ゲート)構築を試みた。

周波数基底では N bit(n-qubit, qunit)の状態 $|i_1, i_2, i_3, \dots, i_N\rangle$ を、周波数 $\omega = \omega_0 + \sum_{k=1}^N \Delta\omega \cdot 2^{k-1}$

によって表現する。状態の重ね合わせは周波数の重ね合わせで再現される。このとき、 $\Delta\omega \cdot 2^k$ 間隔の矩形波様コムフィルタで分配する事により、k 番目の bit で状態を分別することができる。これを用いると、k1 bit を制御、k2 bit を標的とした CNOT ゲートを構成することができる。図はファイバーコンポーネントによる CNOT ゲートの模式図である。 ω_0, ω_1 は $|1,0\rangle, |1,1\rangle$ に対応し、FSU,FSD は周波数シフターである。

この構成は既存の光周波数多重通信の技術を用いることでスケーラビリティの不利を補い、オンライン上で計算できると考えられる。当日、回転ゲートを含め実装例を報告する。

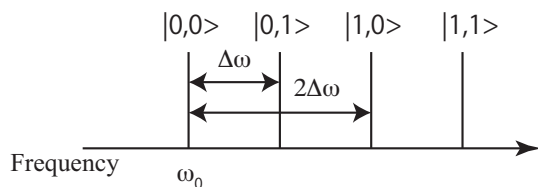


図 1 周波数基底

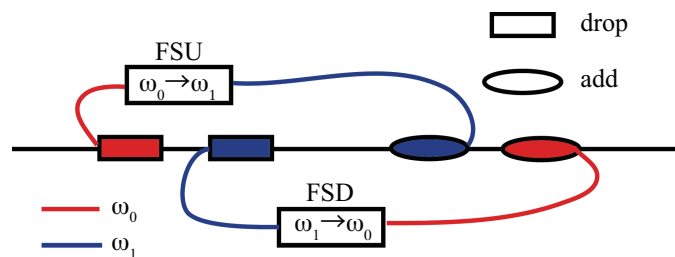


図 2 2bit CNOT gate

[1]Photon Frequency Bears More At Less T. Asaba, and S. Fukatsu arXiv:1009.5212

[2]林 周平, 浅場 智也, 深津 晋 アナログ電気回路による量子計算 I,II
電子情報通信学会ソサイエティ大会講演論文集 2011 巻 35-36p