

単電子振動子ネットワークによるフォトン位置検出センサ

Photon position detector comprising a network of coupled single-electron oscillators

北海道大学 情報科学研究科¹, 静岡大学 電子工学研究所² ○キコンボ A. K.¹, 雨宮好仁¹, 田部道晴²

Department of Electrical Engineering Hokkaido University¹, Research Institute of Electronics Shizuoka University²

Kikombo A. K.¹ (kikombo@sapiens-ei.eng.hokudai.ac.jp), Amemiya Y.¹, and Tabe M.².

【はじめに】

単電子振動子のネットワークを用いて入射フォトンの位置を検出できる可能性がある。単電子振動子は微小なフォトンセンサとして動作し、フォトンを受けて電子トンネルを発生する。これがトリガとなってネットワーク全体にトンネル現象が広がるので、その様子をネットワーク周縁で観測して入射位置を特定する。従来のフォトン位置センサ MCP よりも高い空間分解能が期待できる。

【センサの構成】

センサの構成を図1に示す。正負にバイアスされた単電子振動子を交互に容量結合したネットワークである。振動子が単安定となるようにバイアス電圧を定める。この状態ではネットワークは安定であり、振動子のノード電圧は変化しない。ここでフォトンが入射して振動子の一つに当たると、その振動子のクーロンブロッケードが破れてトンネルが発生する（フォトン誘起トンネリング [1][2]）。そのため振動子のノード電位が変化し、それが隣接する振動子のトンネルを誘発する。このトンネル現象はネットワーク全体に波のように広がってセンサの周縁に到達する。その様子を図2に示す。頂点 A, B, C, D における振動子のノード電位変化を観察すれば、これら各点にトンネル波が到着した時刻を知ることができる。

【入射位置の検出】

四つの頂点における到着時刻の差からトンネル波の発生位置（フォトンの入射位置）を特定できる。たとえば点 A での到着時刻が t_1 、点 B が t_2 、点 C が t_3 ならば、波の速度を v_0 として入射位置は「焦点 A-B からの距離差が $v_0(t_1 - t_2)$ の双曲線」と「焦点 B-C からの距離差が $v_0(t_2 - t_3)$ の双曲線」の交点である。焦点の組み合わせは六つ (A-B, B-C, C-D, A-D, A-C, B-D) なので、双曲線は6本、その交点は15個ある。トンネル波の速度が一定ならば15個の交点は一致し、そこが入射位置である。実際にはトンネル波の速度は図2のように少し変動する（トンネルの確率性による待ち時間バラツキのため）。したがって15個の交点は一致しないので、その平均をとって入射位置とする。図2の例に対して位置検出を行った結果を図3に示す。いま頂点 A, B, C, D の座標を (0, 1), (1, 1), (1, 0), (0, 0) として、図2の入射位置は (0.8, 0.7) である。これに対して、到着時刻の差から推測した入射位置は図3のように (0.799, 0.701) であり、実際の入射位置とほぼ一致した。

【参考文献】 [1] Fujiwara A., Takahashi Y., and Murase K., *Phys. Rev. Lett.*, **78**, 1532-1535 (1997), [2] R. Nuryadi, Ishikawa Y, and Tabe M., *Phys. Rev. B*, **73**, 45310-45316 (2006).

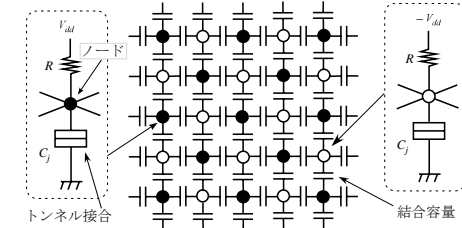


図1. フォトン位置検出センサの構成。正電圧 V_{dd} と負電圧 $-V_{dd}$ でバイアスされた単電子振動子の容量結合ネットワーク。

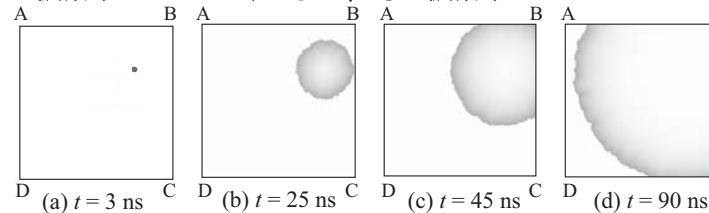


図2. トンネル波の発生と伝搬。ある振動子でトンネルが発生して周囲に伝搬する様子を示す。1001×1001の振動子ネットワークにおけるシミュレーション。正バイアス振動子のノード電位を濃淡で表示（高い電位が白、低い電位が黒）。 t はトンネル発生からの経過時間。

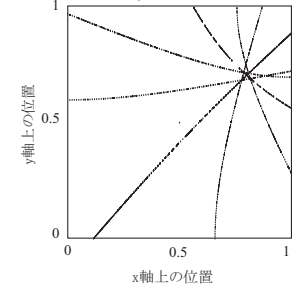


図3. 四つの頂点における波の到着時刻から求めた双曲線6本とその交点。