

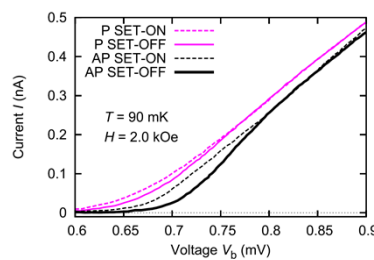
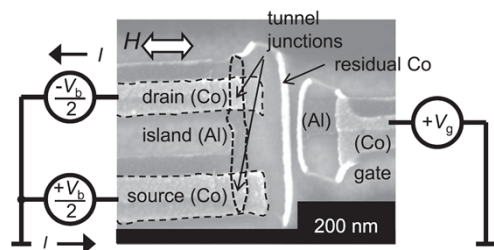
電荷・磁束を1個・1本ずつ操るエレクトロニクス

水柿研究室 (先進理工学・西8号館)

電荷編 (単一電子素子)

電子を1個ずつ動かす電子素子を「単一電子素子」と呼びます。

- 微小トンネル接合を組み合わせて実現します
- サイズを数ナノメートル (数十万分の1ミリ) まで小さくすると、室温で動作します。
- そこまでサイズを小さくできない場合は、マイナス273℃位まで冷却すればOK
- 高感度な電荷センサ、低消費電力な電子回路が実現できます。
- 電子間の相互作用、電子が持つ磁石の性質 (スピン) などとも利用できます。



単一電子素子の電子顕微鏡写真 (左) と電気的特性の例 (右)

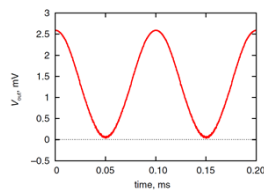
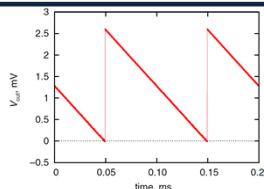
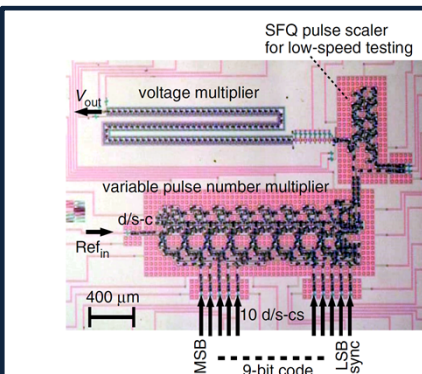
- 電場と磁場の両方に応答します。
- 測定温度は、絶対零度に近い温度です (0.1 K以下)。

Y. Mizugaki, N. Tamura, and H. Shimada, "Bias-Voltage Dependence of Magnetoresistance Enhancement in a Single-Electron Transistor Comprising Two Cobalt Leads and an Aluminum Island," *Journal of Applied Physics*, vol. 113, no. 15, 156101, 2013.

磁束編 (単一磁束量子素子)

超伝導体でリングを作ると、それを貫く磁束 (磁力線) が「基本単位の整数倍」になります。(「磁束の量子化」と呼びます)。量子化された磁束 (磁束量子) を1本ずつ動かす電子素子を「単一磁束量子素子」と呼びます。

- 超伝導体のトンネル接合を組み合わせて実現します。
- 低温にすると電気抵抗がゼロになる現象が超伝導です。超伝導状態では、電気抵抗ゼロ、磁束の量子化など、不思議な特性が現れます。
- 高感度な磁束センサ、高速かつ低消費電力な電子回路 (アナログとデジタルの両方) が実現できます。
- 量子力学に従った正確な電圧を発生することができます。



入力デジタル信号に応じて高精度な電圧を出力する単一磁束量子素子の回路。

光学顕微鏡写真 (左) と出力電圧波形の例 (右)

- 超伝導体にはNb (ニオブ) を用いています。1544個のトンネル接合が含まれています。
- 測定温度は液体ヘリウム温度です (4.2 K)。

Y. Mizugaki, Y. Takahashi, H. Shimada, and M. Maezawa, "9-bit superconductive single-flux-quantum digital-to-analog converter," *Electronics Letters*, vol. 50, no. 22, pp. 1637-1639, October, 2014.

現在のテーマ

- 種々の環境 (例えば室温) で動作する単一電子素子の実現
- 正弦波 (両極性) を出力するワンチップ単一磁束量子回路の実現と電圧精度評価
- その他