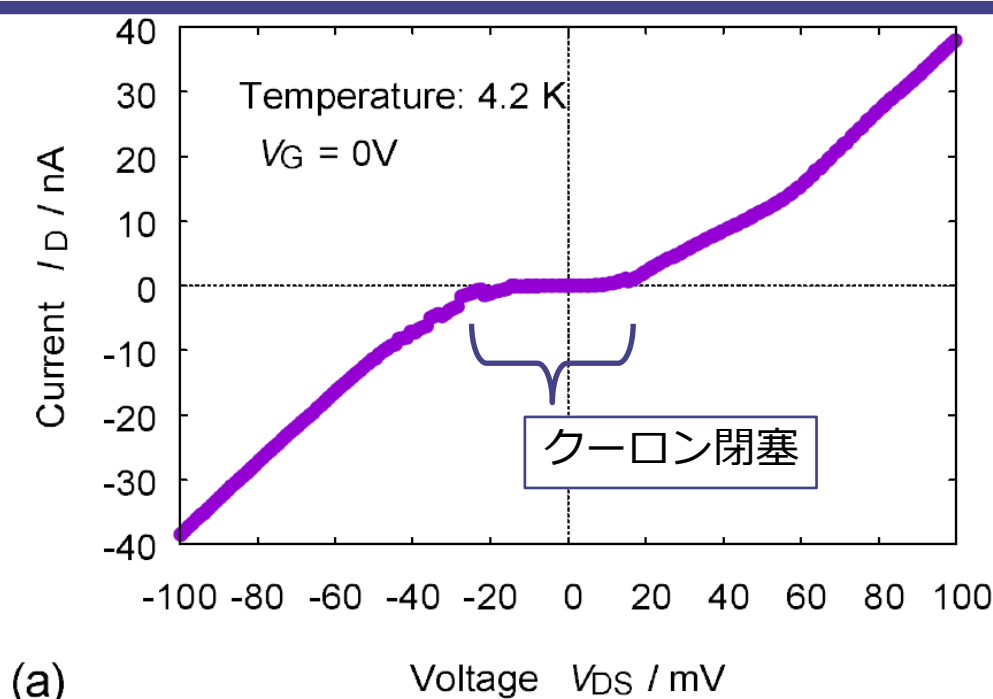
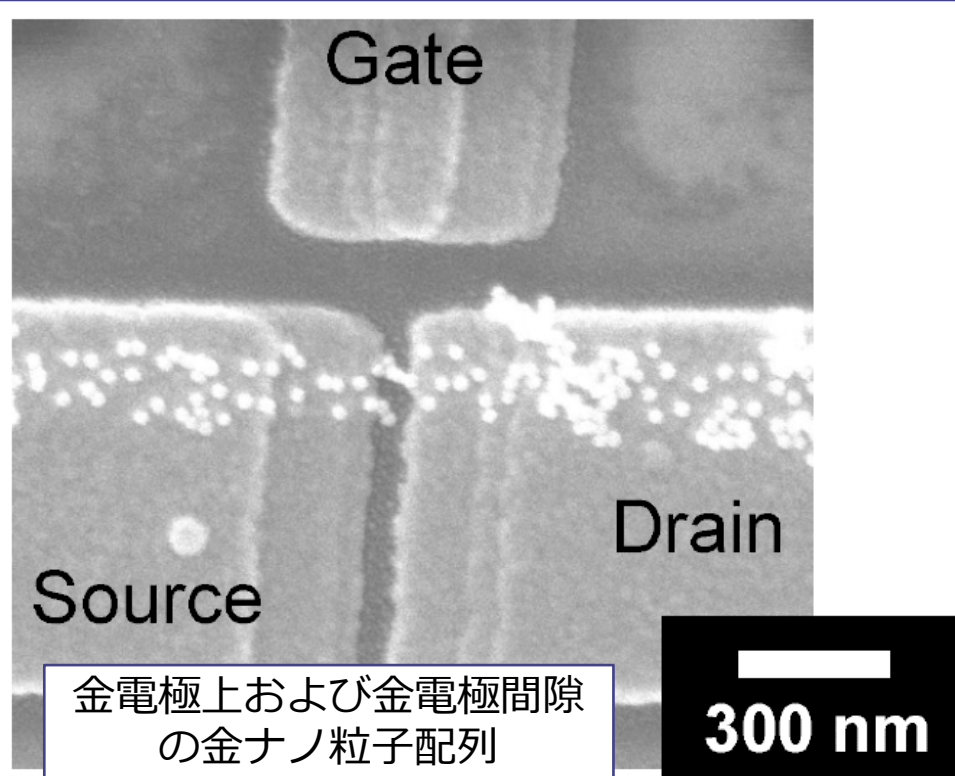


電子や磁束を1個ずつ操るエレクトロニクス

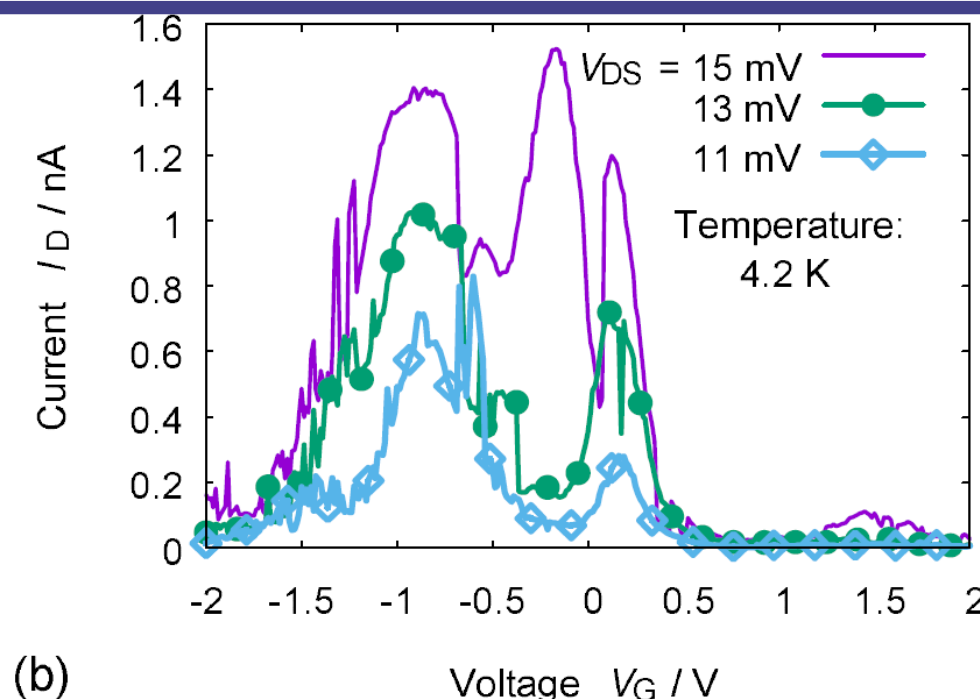
水柿研究室 (III類・基盤理工学専攻)

電子編 (クーロン閉塞を利用して電子を1個ずつ動かす単一電子素子)

- 高感度な電荷センサ, 低消費電力な電子回路などが実現できます。
- ナノ粒子のランダム配列が素子構造の基本です。
 - ナノ粒子間の微小トンネル接合におけるクーロン閉塞現象を動作原理とします。
 - 数値計算による特性予測・評価や素子設計も行っています。
 - 新規情報処理システムへの応用を見据えています。



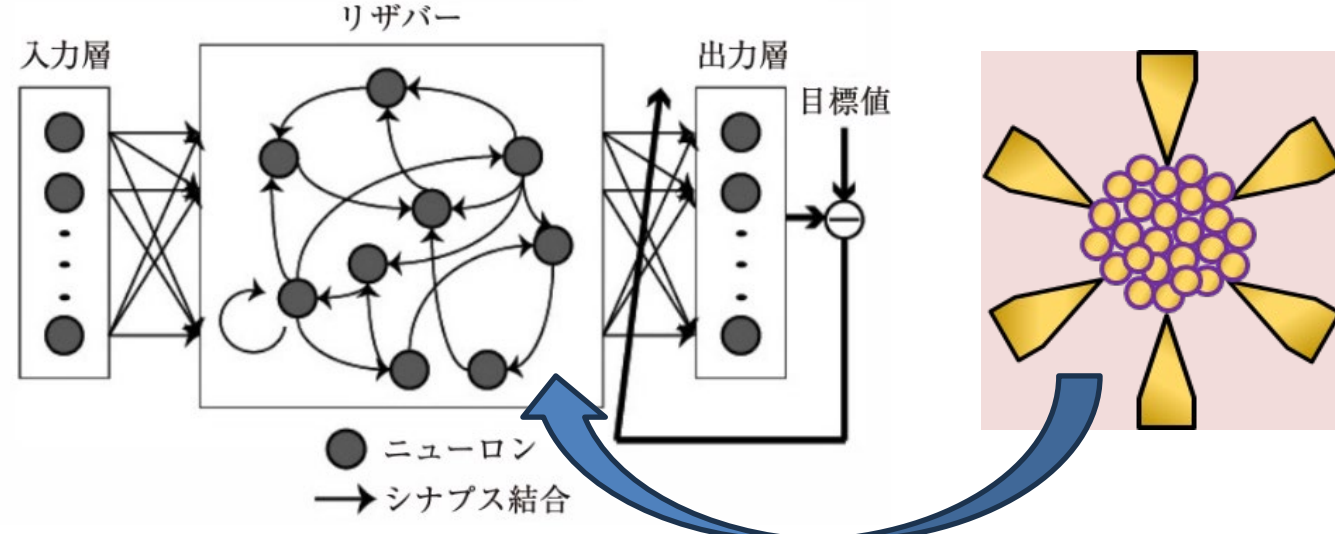
(a) ソース・ドレイン間の電流電圧特性
原点付近の電流が抑圧されている



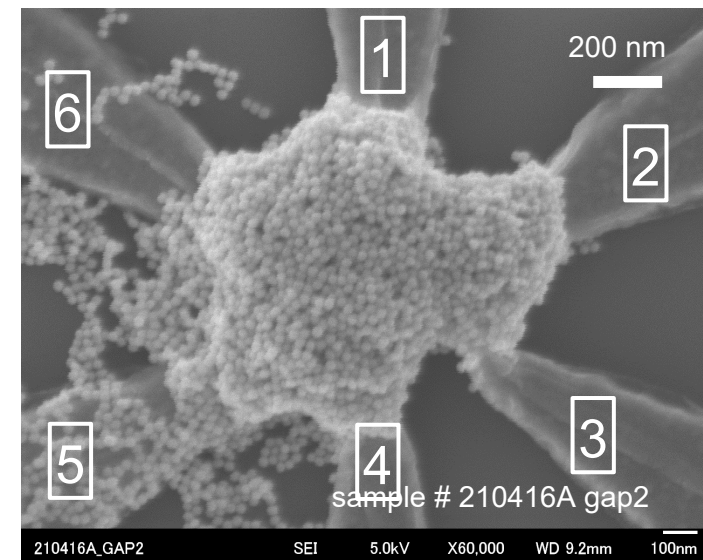
(b) ソース・ドレイン間の電流が
ゲート電圧によって変調されている様子

金ナノ粒子のパーコレーション
接続(確率的接続)を利用して
作製した単一電子素子

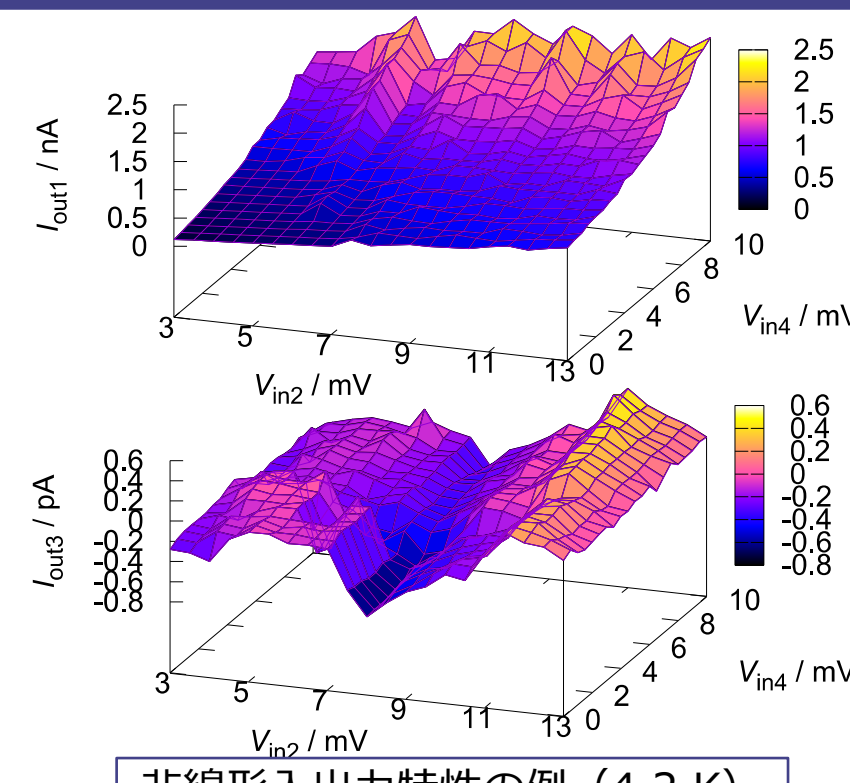
Y. Mizugaki, K. Matsumoto, M. Moriya, H. Shimada, A. Hirano-Iwata, and F. Hirose, "One-dimensional array of small tunnel junctions fabricated using 30-nm-diameter gold nanoparticles placed in a 140-nm-wide resist groove," Japanese Journal of Applied Physics, vol. 57, no. 9, 098006, Sep., 2018.



リザーバコンピューティング(エコステートネットワーク)
のリザーバ部にナノ粒子集合体を用いる



電子ビームリソグラフィ, 金属蒸着,
誘電泳動を使って作製した
金ナノ粒子集合体



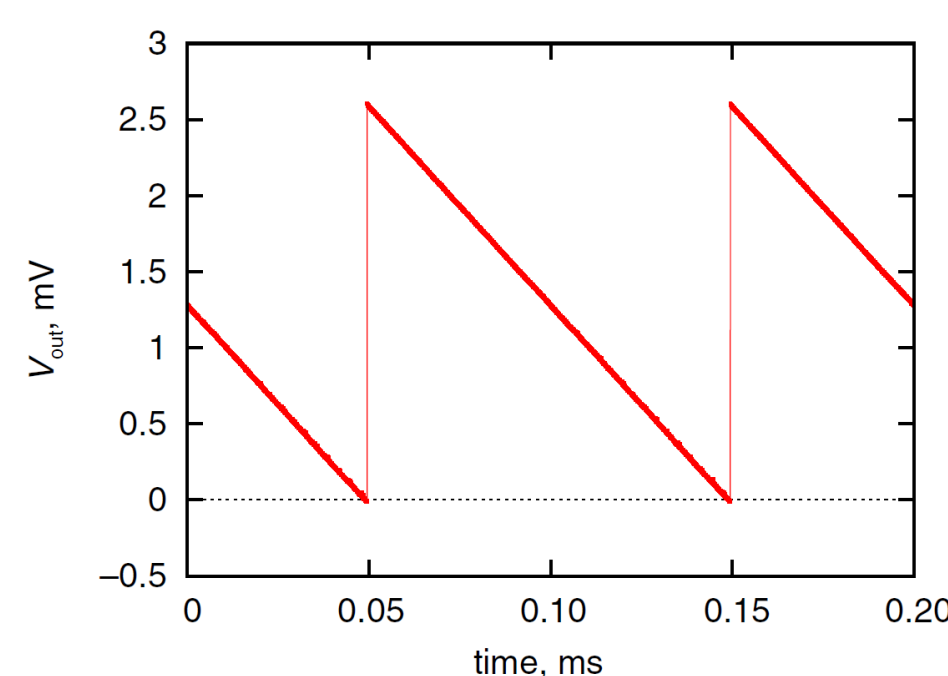
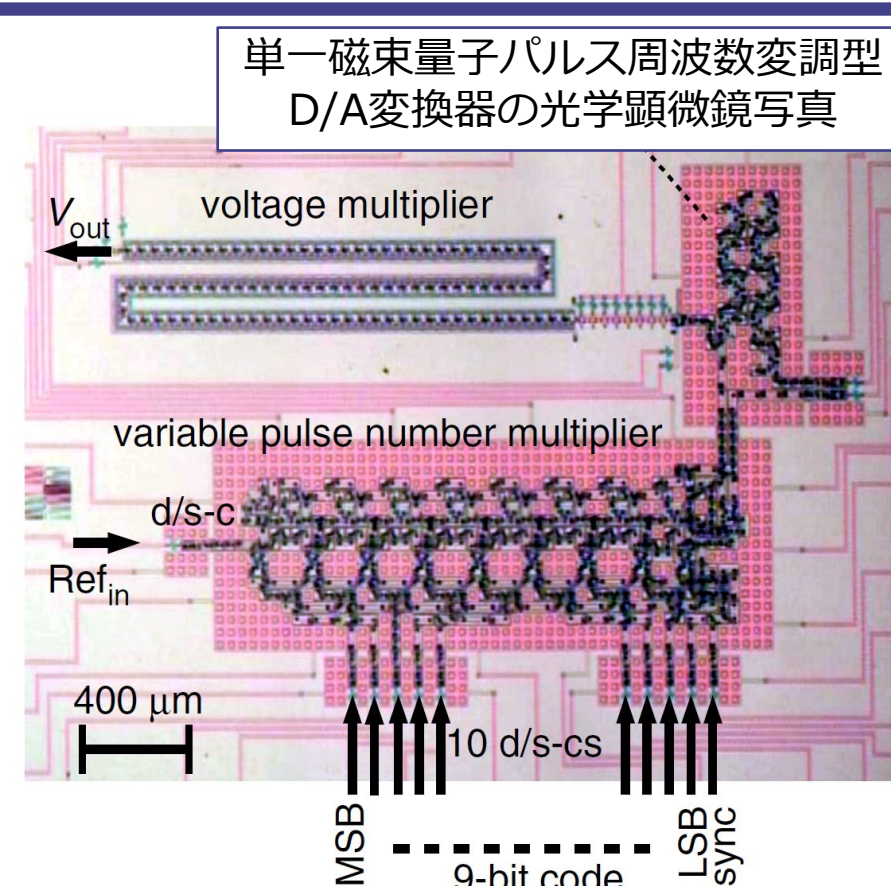
非線形入出力特性の例 (4.2 K)

金ナノ粒子集合体を用いた
物理リザーバの実現

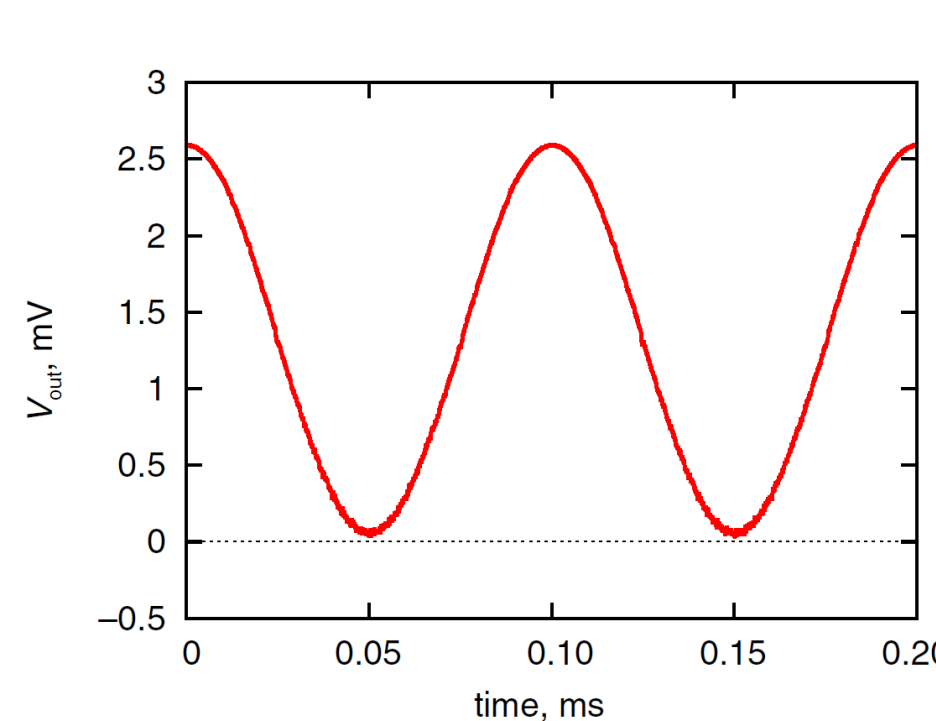
Y. Mizugaki, T. Urae, and H. Shimada, "Microcontroller-Controlled Dielectrophoretic Assembly of Gold Nanoparticle Arrays toward Realization of Physical Reservoir Devices," 35th International Microprocesses and Nanotechnology Conference (MNC 2022), Tokushima, November 8-11, 2022. 10P-3-6 (Nov. 10)

磁束編 (超伝導体リング中の磁束を1個ずつ動かす単一磁束量子素子)

- 高感度な磁束センサ, 高速かつ低消費電力な電子回路が実現できます。
 - 量子力学に従った正確な電圧を発生することもできます。
- 超伝導体のトンネル接合を組み合わせで作ります。
 - 半導体集積回路と似た設計ツールを駆使して設計します。(集積チップは外注します)
 - 新規情報処理システムへの応用を見据えています。



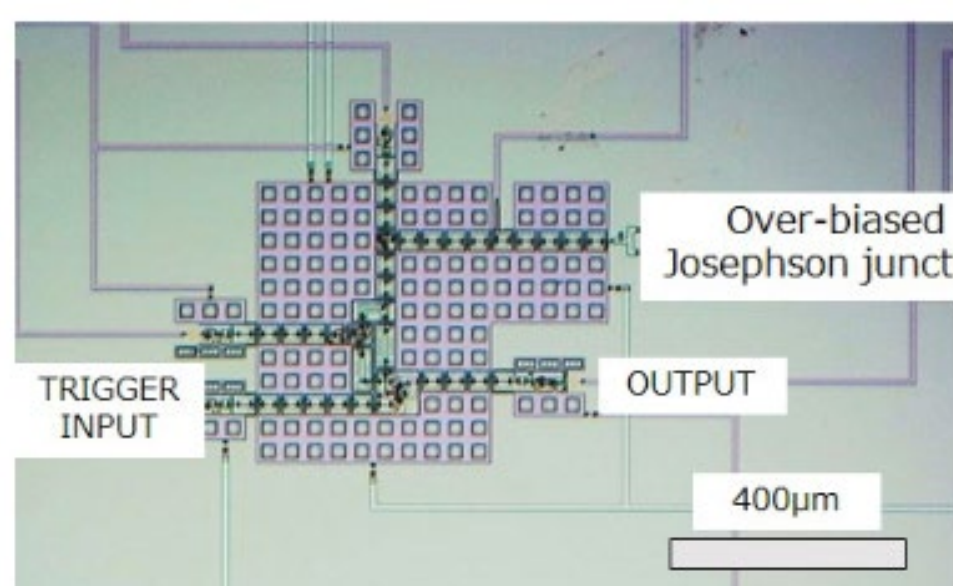
合成したアナログ出力電圧波形の例(鋸歯状波と正弦波)
デジタル入力コードを変えることで様々な電圧波形を合成できます



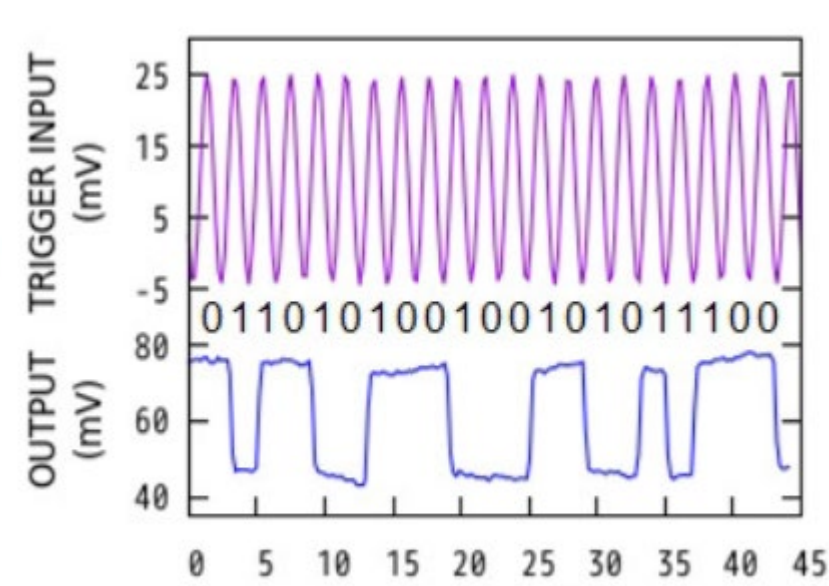
デジタル入力信号に応じて
高精度な電圧波形を出力する単一
磁束量子素子の超伝導Nb集積回路

- 分解能: 9 bit
- 最大電圧: 2.5 mV

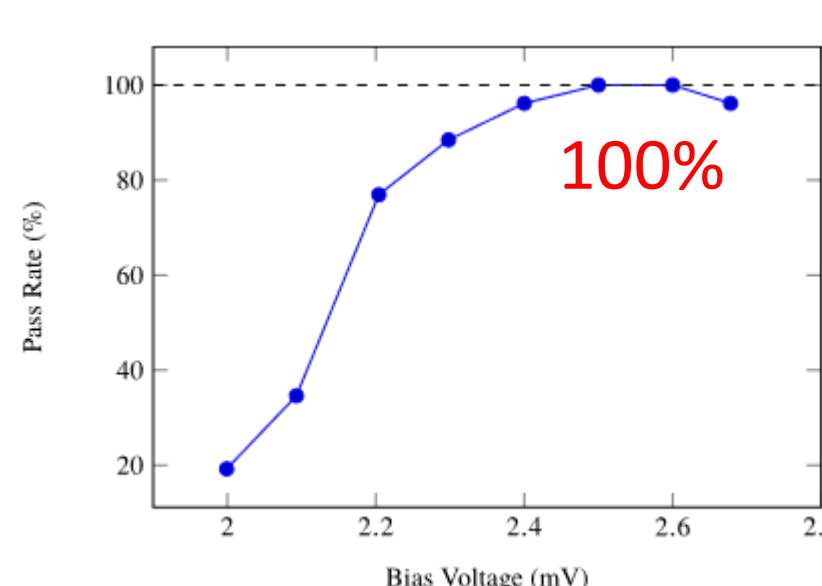
Y. Mizugaki, Y. Takahashi, H. Shimada, and M. Maezawa, "9-bit superconductive single-flux-quantum digital-to-analog converter," Electronics Letters, vol. 50, no. 22, pp. 1637-1639, Oct., 2014.



真性乱数生成回路の光学顕微鏡写真



回路動作の一例



乱数検定(NIST FIPS140-2) 合格率
のバイアス電圧依存性

熱雑音を利用して真性乱数を生成
する超伝導Nb集積回路

- 乱数検定に100%合格

K. Sato, N. Sega, Y. Somei, H. Shimada, T. Onomi, and Y. Mizugaki, "Evaluation of True Random Number Generator Utilizing Timing Jitters in RSFQ Logic Circuits," IEICE Transactions on Electronics, vol. E105-C, no. 6, pp. 296-299, June, 2022.