

量子コンピュータ用 Cryo-CMOS 集積回路の開発 Development of Cryo-CMOS Integrated Circuits for Quantum Computers

石黒 仁揮
Hiroki ISHIKURO

慶應義塾大学
Keio University

概要

量子コンピュータの実用化において、量子ビットの制御および信号読み出しのための Cryo-CMOS 集積回路の重要性が増している。量子ビット数のスケーラビリティの観点から、Cryo-CMOS チップには、多数の制御、読み出し回路を集積する必要があるが、冷凍機の冷却能力に制約があるため、これらの回路には超低消費電力での動作が要求される。また、量子ビットの極めて微弱な信号を検出するためには、フロントエンドの低雑音増幅器の雑音特性が非常に重要となる。本講演では、まず Cryo-CMOS 集積回路に関する近年の研究動向を概説する。次に、当研究グループが行っている超伝導量子ビットの信号読み出し用回路の研究に関して、CMOS デバイスの極低温における直流特性および高周波特性の評価結果を示す。さらに、読み出し回路で重要な役割を果たす高速 AD 変換器の設計および評価結果を紹介する。

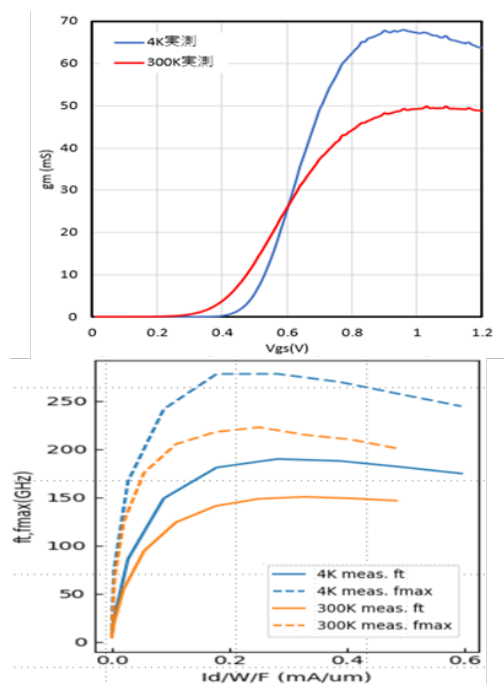


図1 65nm NMOSFET の DC 特性(g_m - V_{gs})
と高周波特性(f_T, f_{max} - I_d)

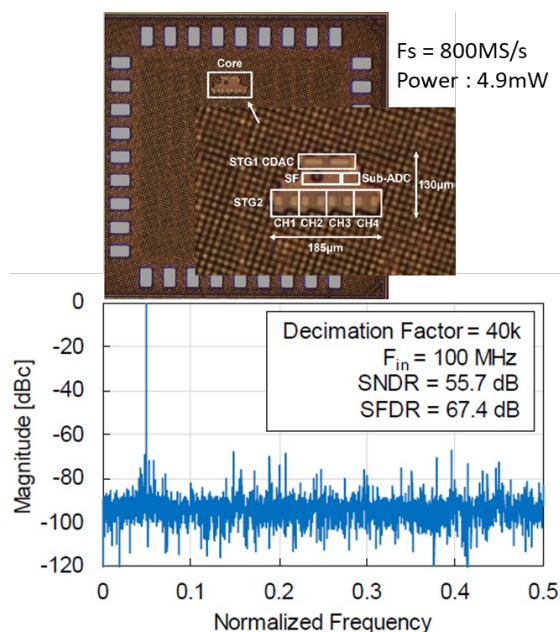


図2 12nm-FinFET プロセスで設計試作した高速 ADC のチップ写真と 4.6K における実測値

Abstract

Cryo-CMOS integrated circuits for Qubit control and readout are becoming important in practical applications of quantum computers. These circuits are required to operate at ultra-low power consumption because of the limited cooling power of the refrigerator. In this presentation, recent research trends on Cryo-CMOS integrated circuits are introduced. Next, the evaluation results of DC and RF characteristics of CMOS devices at cryogenic temperatures obtained in our research are shown. The design and evaluation results of a high-speed AD converter, which plays a key role in the readout circuits, are shown.