

2023 年度年次報告書

ナノ物質を用いた半導体デバイス構造の活用基盤技術

2023 年度採択研究代表者

加藤 俊顕

東北大学 大学院工学研究科
准教授

精密界面制御直接合成法によるグラフェン標準量子限界増幅器の開発

主たる共同研究者:

大塚 朋廣 (東北大学 材料科学高等研究所・電気通信研究所 准教授)

仙場 浩一 (東京大学 大学院理学系研究科 特任教授)

研究成果の概要

本研究は、原子層材料であるグラフェンを活用した量子デバイスの社会実装につながる基盤技術の開発を目指すものである。具体的なターゲットとしては、量子コンピュータの低雑音信号増幅器として活用できる、ジョセフソンパラメトリック増幅器(JPA)に着目し、グラフェンを活用した JPA の集積化合成手法の開発を目指すものである。全体計画における1年目に当たる今年度は、主にグラフェン量子デバイスの特性を精密に計測するための校正用テストデバイス形成と計測システムの構築に重点的に取り組み以下の成果を得た。

テストデバイス形成に関しては、機械剥離法により採取した数層グラフェンを、同じく剥離法により採取した六方晶窒化ホウ素(h-BN)の上に選択的に転写し、さらにその上部に再び h-BN を位置選択的に積層する空間選択転写・積層プロセスを立ち上げた。これにより、数層グラフェンが h-BN に挟み込まれた構造(h-BN/G/h-BN)の形成を可能とした。さらに電子ビーム(EB)リソグラフィ、プラズマエッチング、およびスパッタリングを組み合わせることで、超電導金属であるモリブデンレニウム(MoRe)電極と h-BN/G/h-BN が 1 μm 程度のチャンネル間隔で接合したテストデバイス形成を実現した。

計測システムに関しては、ジョセフソン接合、および JPA を計測するために必要な計測システムの構築を行った。具体的には、4.2 K の極低温環境下でピコアンペアオーダーの微小電流と数マイクロボルトの微小電圧をそれぞれ計測可能なセットアップを構築した。また、JPA に必須の超電導共振回路の設計を行った。さらにテストデバイスにおける超電導電極部分のみの基礎特性を計測した結果、本研究でスパッタリングにより作製した MoRe 電極が約 9.5 K 以下で超電導に転移することを確認した。