

## 研究課題別事後評価結果

1. 研究課題名： グラフェン・オン・シリコン材料・デバイス技術の開発

2. 研究代表者名及び主たる研究参加者名(研究機関名・職名は研究参加期間終了時点):

研究代表者

尾辻 泰一 東北大学電気通信研究所 教授

主たる共同研究者

末光 眞希 東北大学 電気通信研究所 教授

RYZHII Maxim 会津大学 コンピュータ理工学部 准教授

佐野 栄一 北海道大学 量子集積エレクトロニクス研究センター 教授

3. 研究実施概要

グラフェンは、質量消失効果に伴う巨大キャリア移動度が高キャリア濃度でも得られ、かつ、極限的なチャンネル厚の薄層化による短チャンネル効果フリーという優れた特異性を有している。この特長を Si 基板上で実現させるグラフェン・オン・シリコン (GOS) で実現することが期待されている。本研究は、独自の製膜プロセスから成る GOS 技術を開発し、相補的スイッチングデバイス CGOS(Complementary GOS)、及び、これを用いたロジック基本回路を開発する。また、これらの開発を支えるモデリングをあわせて行う。さらに、プラズモン共鳴テラヘルツ(THz)デバイス PRGOS (Plasmon Resonant GOS) 技術の開発を行う。

4. 事後評価結果

4-1. 研究の達成状況及び得られた研究成果(論文・口頭発表等の外部発表、特許の取得状況等を含む)

成膜技術に関して、エピタキシャルグラフェンのグレインサイズ拡大化、結晶方位によるグラフェン物性の制御など世界的にユニークな成果として評価できる。FET デバイスとしては、単体あるいは CMOS の基本動作は確認できたが、バンドギャップの小ささとバッファ層 (SiC) の絶縁性の低さもあり、満足できる特性には至らなかった。グラフェン薄膜のもつ物理的・化学的性質を考慮した新しい FET(グラフェン HEMT)の提案と、一部の特性を確認したことは評価できる。プラズモンデバイスに関しては、エピタキシャルグラフェンの高品質化を待たずに、剥離グラフェンを用いて、提案された THz デバイスの原理実証を先行させたことは、有効な方針として評価できる。グループとして 78 件の原著論文と 110 件の招待講演など多数の論文発表と共に、この分野の国際会議を立ち上げるなど、極めて競争の激しい分野であるにもかかわらず、学術的な存在感を示した。

4-2. 研究成果の科学技術や社会へのインパクト、戦略目標への貢献

本課題で開発したグラフェン結晶 (GOS) を用いて超高速ロジックデバイスに適用する試みは、現時点で特性上のメリットがまだ見えにくく、その改善の見通しも現状では難しいと言わざるを得ない。一方、プラズモンデバイスの原理実証をベースにした THz 領域で動作する超高速無線システムや、安心・安全のためのセンシングシステムなどをシリコン基板上に搭載したモノリシック集積化デバイスを提案することにより、それを戦略目標である集積化デバイスを開拓する方針に整合させた点は評価できる。

4-3. 総合的評価

極めて高い移動度をもつグラフェンを用いて、超高速集積回路を目指した研究は盛んになっているが、世界的にも不完全なレベルに留まっている。その中で、本チームによって集積化課題が明らかになり、それを克服する新しい FET 構造 (グラフェン HEMT) の提案に結び付けた。また、シリコン CMOS・

グラフェン **FET**・グラフェン **THz** デバイスをシリコン基板上にモノリシック集積する **THz** 領域の集積化システムの具体像を示したことは新しい分野の開拓として意義がある。**THz** レーザーに関する研究成果が、文科省科研費特別推進研究につながったことで、次の発展が期待できる。