

利用課題番号 : F-13-NM-0060
 利用形態 : 機器利用
 利用課題名 (日本語) : 電子ビーム描画装置を用いた半導体微小構造形成と超伝導素子応用
 Program Title (English) : Fabrication of semiconductor nanostructure and its application for superconducting device
 利用者名 (日本語) : 津村 公平¹⁾, 右田 英俊¹⁾, 高柳 英明^{1,2)}
 Username (English) : K. Tsumura¹⁾, H. Migita¹⁾, H. Takayanagi^{1, 2)}
 所属名 (日本語) : 1) 東京理科大学 理学部第一部応用物理学科, 2) 物質・材料研究機構 MANA
 Affiliation (English) : 1) Tokyo University of Science, 2) MANA-NIMS

1. 概要 (Summary) :

半導体二次元電子系 (2DES) に超伝導電極を組み合わせた超伝導体-2DES-超伝導体 (SNS) 接合の研究が広く行われている。しかしその素子形成手法は様々であり、さらに素子微細化は超伝導特性を有する素子独自の物理的制約のため、非常に困難である。本研究では電子ビーム描画装置と化合物ドライエッチング装置によって数百 nm オーダーの半導体微小メサ構造を作製する。その後そのメサ側面から内部の 2DES に対して超伝導金属 (NbN) を接触させる。そして、強磁場中での超伝導現象と量子ホール効果の競合した系に於ける輸送現象解明を目的として研究を行った。

2. 実験 (Experimental) :

【利用した主な装置】

- ・ 電子ビーム描画装置
- ・ レーザー露光装置
- ・ 化合物ドライエッチング装置
- ・ 多目的ドライエッチング装置
- ・ 1 2 連電子銃型蒸着装置
- ・ 走査電子顕微鏡
- ・ 自動スクライバー
- ・ ワイヤーボンダー

【実験方法】

InGaAs/InAlAs 基板に電子線ポジレジスト ZEP520A を塗布し、電子ビーム描画装置を用いて $L \times W=1 \times 4 \mu\text{m}$, $2 \times 4 \mu\text{m}$ の微小メサ構造形成用エッチングマスク描画を実行した。描画後、Xylene による現像を行った。形成された構造をマスクとし、化合物ドライエッチング装置を用いて Cl_2 プラズマによるエッチングを行った。次にレーザー露光装置を用いて素子分離用エッチングマスクを作製し、前記と同様に

Cl_2 プラズマによるエッチングを行った。そして電子ビーム描画装置を用いて、半導体メサ構造に接触する電極パターンを描画し、リフトオフプロセスによって NbN 超伝導電極を作製した。

3. 結果と考察 (Results and Discussion) :

$T=300 \text{ mK} \sim 1 \text{ K}$ に於いて、2DES を介して流れる超伝導電流を観測し、その臨界電流値の磁場 (B) 依存性は Fraunhofer 型の振動を示した。これより作製した素子が設計通りの Josephson 接合を形成していることがわかった。図 1 に $B=0 \sim 1.5 \text{ T}$ の下で微分抵抗-バイアス電圧 ($dV/dI-V$) 特性を示す。ゼロ磁場下に於いては超伝導近接効果に伴う複数の dip 構造が見られたが、印加磁場下ではそれが抑制された。これは磁場印加によって SN 界面に於ける Andreev 反射が抑制された結果と考えられる。

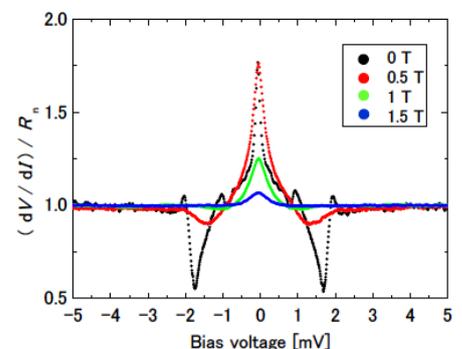


図 1: $dV/dI-V$ 特性の印加磁場依存性

4. その他・特記事項 (Others) :

今回の測定では NbN 電極の臨界磁場が 3 T 程度と明らかに低いことがわかった (以前は 7 T に於いても超伝導状態が保たれていた)。今後 NbN のスパッタリング条件を改善し、より強磁場中での輸送特性解明に繋げたい。

5. 論文・学会発表 (Publication/Presentation) :

なし

6. 関連特許 (Patent) :

なし