

※課題番号 : F-12-NM-0069
※支援課題名 (日本語) : Si 深堀エッチングを用いたスキャニング SQUID プローブの加工
※Program Title (in English) : Fabrication of scanning SQUID probe using Si deep etching process.
※利用者名 (日本語) : 柴田 祐輔
※Username (in English) : Yusuke Shibata
※所属名 (日本語) : 筑波大学
※Affiliation (in English) : University of Tsukuba

※概要 (Summary) :

超伝導量子干渉計 (Superconducting Quantum interference device: SQUID)を用いた、操作型プローブの開発を進めた。本プローブは Si 基板の先端に SQUID を形成することで、測定対象との直接的磁気カップリングを実現する。ここで、SQUID を構成する超伝導ループと Si 基板端との距離を縮めることは、磁束検出の効率を上げるために重要な技術的課題となる。本実験では超伝導膜 4端子電極を Si 基板端に作製するために、シリコン深堀エッチング (Bosch) 加工を利用した試料作成を試みた。その際、レーザーリソグラフィ装置を用いた位置合わせを組み合わせることで、厚さ100 μm の Si 基板端に隙間なく超伝導膜の4端子電極を作製することに成功した。また本プロセスでは一度に数十個の基板端超伝導4端子プローブ試料を作製可能となった。

※実験 (Experimental) :

【利用した装置】

- ・レーザー露光装置
- ・シリコン深堀エッチング装置
- ・走査電子顕微鏡(FE-SEM)

【実験方法】

厚さ100 μm の Si 基板表面に、Nb/Au 膜製の4端子電極パターンをレーザーリソグラフィ装置で作製する。下層・上層フォトレジストとしてそれぞれ PMGI-SF7・AZ-5214E を使用した。Nb/Au 膜を製膜したのち、リフトオフを行い、3 cm^2 の Si 基板上に7 \times 7個の電極パターンを得た。Bosch 加工用のマスクとしては AZ-P4620を使用した。これは膜厚が5 μm 以上となるフォトレジストである。前述のレーザーリソグラフィ装置を用い、4端子電極と Bosch 加工用パターンとの位置合わせ後、描画を行った。現像した Si 基板試料に対し、シリコン深堀エッチング装置を使用し、エッチングステップと側面保護ステップを180回繰り返すことで、高アスペクト比のもと垂直方向に100 μm の基板を切り抜くこ

とに成功した。最後に、同装置内にて酸素プラズマによる硬化した残留レジストの除去を行った。図1には Si 基板端部の SEM 像を示す。

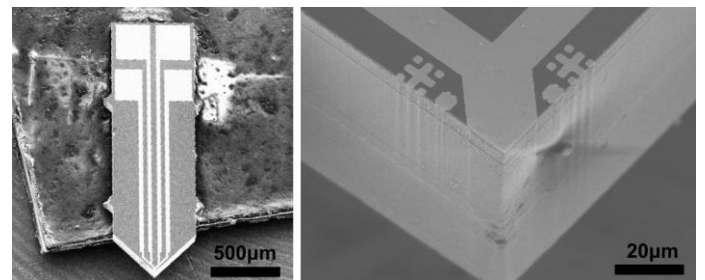


図1 Si 基板端超伝導 4 端子プローブの SEM 像

※結果と考察 (Results and Discussion) :

試料の超伝導性を評価するために、収束イオンビーム (FIB)加工によって試料先端付近の超伝導膜だけを残した試料を作製し、FIB 未加工の試料と超伝導転移温度 T_c の比較を行った。未加工の試料ではベタ膜と同様の T_c であったのに対し、先端付近では T_c が減少した。これは酸素プラズマにさらされた先端部の超伝導膜が劣化したために生じたと考えられる。

※その他・特記事項 (Others) :

酸素プラズマによる残留レジスト除去プロセスでの影響を減らすための条件出しを進め、先端部の超伝導性の向上をはかる。

共同研究者等 (Coauthor) :

石黒 亮輔 (東京理科大学高柳研究室)
柏谷 聡 (AIST)

論文・学会発表 (Publication/Presentation) :

Y. Shibata, R. Ishiguro, H. Kashiwaya, S.Kashiwaya, H. Takayanagi, S.Nomura ”Development of scanning nano-SQUIDs for local magnetic imaging.”, 2012 Asia-Pacific Workshop on Fundamentals and Applications of Advanced Semiconductor Devices, 沖縄青年会館, 2012年6月28日