

超微細加工領域における支援成果 平成23年度 トピックスFIBを用いた微細マスク形成と
界面活性剤入りTMAH水溶液による
シリコン異方性ウェットエッチング^a鶴岡工業高等専門学校, ^b名古屋大学大学院工学研究科^a田中 浩, ^b肥田 博隆, ^b佐藤一雄

【研究目的】

結晶異方性ウェットエッチングは、単結晶Siをアルカリ水溶液に浸漬するという簡便な操作により微細構造体を製作できるため、MEMSデバイスの製造には不可欠な加工技術である。本研究では、本加工技術を発展させ、簡便、かつより微細なシリコン構造体の製作方法の確立を目的とした。具体的には、以下に述べる集束イオンビーム(Focused Ion Beam: FIB)および界面活性剤入りアルカリ水溶液の特性を組み合わせることで、多様な極微細構造体の作製を試みた。

(1) FIBは水平分解能 数~数十nmオーダーでのイオン照射が可能であり、照射後のシリコンの表面には、アルカリ水溶液に耐性のある変質層が形成される。これをエッチング時の保護マスクとすることで、ナノ~ミクロンスケールでの微細な構造体が形成できる。

(2) 純粋なアルカリ水溶液による結晶異方性エッチングでは、アンダーカット現象などの特性上、複雑な形状の加工は困難である。これに対し、界面活性剤入りアルカリ水溶液は、界面活性剤の効果により異方性が変化し、曲線など任意の形状を作製できる。

【成 果】

初めに、エッチングマスクを形成するため、FIB装置(SII ナノテクノロジー株式会社製SMI2050)により、単結晶Si試験片(P型, (100)面, 1 cm角)表面にGa⁺イオンビームを照射した。照射パターンは幅および間隔数 μm の平行線および同心円とし、ドーズ量は $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-2}$ とした。

次に、試験片を5%濃度HF水溶液に浸漬し自然酸化膜を除去し、その後速やかにエッチングを行った。本研究では、純粋な25%TMAH水溶液、および界面活性剤”Triton-X-100” 0.1%を含む25%TMAH水溶液の2種の薬液によりエッチング加工を行い、両者の形状を観察、比較した。エッチング条件はすべて液温60 °C, 浸漬時間は2min30secとした。

図1に、純粋な25%TMAH水溶液でエッチングを行った試料のSEM観察像を示す。FIB照射パターンは幅、間隔共に1 μm 、長さ100 μm の3本の平行線であり、照射部が保護マスクとして機能していることが確認できた。一方で、線パターン端部では、アンダーカット現象と呼ばれる構造体の欠けが観察された。これに対し、界面活性剤+25%TMAH混合水溶液によりエッチングを行った試料ではアンダーカット現象は発生せず、照射パターン通りほぼ円形状に加工された(図2)。これは、界面活性剤が{110}方位へのエッチング加工速度を減少させ、結果としてアンダーカットが抑制されたためである。なお、本加工では、マスクとなるFIB照射パターンを幅2.5 μm 、間隔1 μm の同心円としている。本手法により、従来の加工プロセスでは困難であったミクロンスケールでの曲面を持つ構造体の作製を可能とした。将来的には、構造による機械・電気・光学等特性を応用したMEMSデバイスの開発に繋がると期待される。

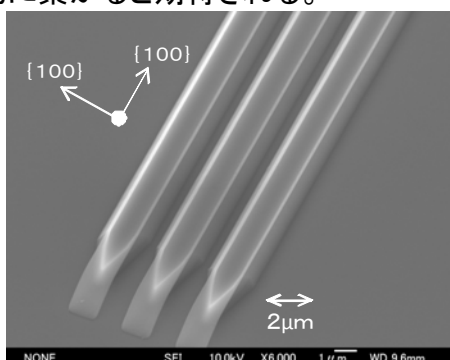


図1 純粋なTMAH25%によるエッチング

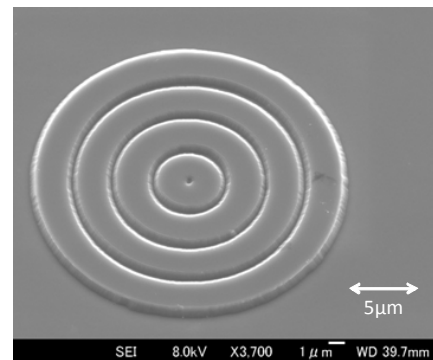


図2 界面活性剤入りTMAH25%によるエッチング