

ナノスケールの超微細加工 - 電子線リソグラフィによる光学素子作製 -

キーワード：電子線リソグラフィ、電子ビーム描画、微細構造、深溝格子、プラズマエッチング

概要

フォトンクス研究開発支援センターでは、シリコン(Si)あるいは石英(SiO₂)基板上に100ナノメートルオーダーのサイズで微細な構造を作製できる超微細加工装置群を設置し、開放機器としてご利用頂ける体制を整えています。

最大の特長は、「電子ビーム描画装置」による微細パターンの描画に始まる、電子線リソグラフィ加工技術を利用できる点にあります。描画したパターンをマスクとして、基板表面を「選択的に掘り下げる」ことで、数百ナノメートルオーダーの超微細な構造の形成が可能です。

実際の加工工程は、いくつかの定型的な作業に、材質や装置のパラメータ選定に関する経験あるいは試行錯誤が加味されることで遂行していきますが、特に難しいものではなく、職員による加工のほか、ご自身で加工していただくことも可能です。職員がアシスト致しますので、微細な加工を伴うアイデアをお持ちでしたら、その実現にお役立てください。

以下に、典型的な超微細加工の工程と作製事例を、用いる開放機器とともに紹介します。

深溝格子の試作事例

「深溝格子」は、微細構造を利用した光学素子の代表的な構造です。格子の周期を対象とする光の波長より小さくすると、構造に起因する複屈折の性質、すなわち格子に入射する光波の偏波面が格子軸方向に並行か垂直かによって異なる屈折率を示し、例えば互いの位相をずらす位相板として機能させることができます。溝の深さを精度よく制御すれば、いわゆる波長板を作製できます。

これに限らず、ビームスプリッタなど、光波を様々に制御する構造が考えられています

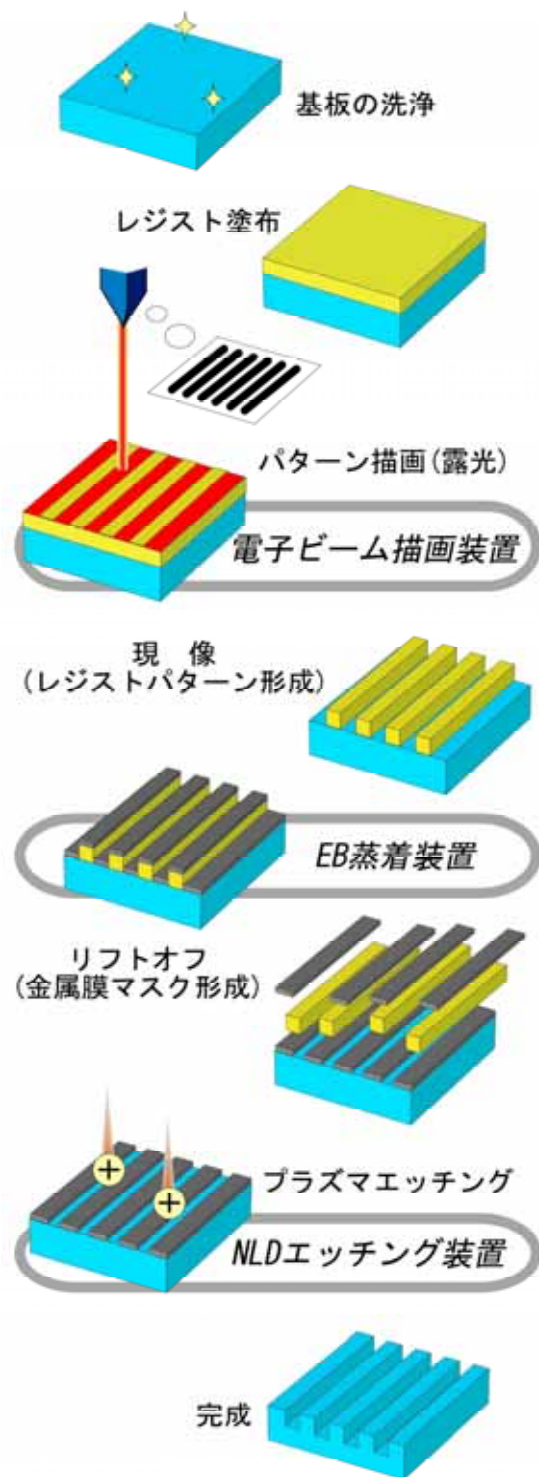


図1 深溝構造加工工程

が、当所の装置を用いれば、開口幅が 150nm ~ 100 μm 程度までの加工が可能ですのでそれら構造の作製を試すことも十分可能です。

基板表面を「選択的に掘り下げる」ためには、[マスク形成] [エッチング]という工程が基本となります。図1に加工工程の流れを用いる装置名とともに示します。図の上から順に次のような作業になります。

(1) 基板の洗浄

クリーンルーム内で、純水、半導体洗浄剤、有機溶剤などで基板表面を十分に洗浄します。

(2) レジスト塗布

感光性レジストをスピコートします。いくつかの種類がありますが、この場合は「ポジ」で「バイナリ」タイプのものを用います。

(3) 「電子ビーム描画装置」による描画

あらかじめ描画装置に付属のコンピュータ上で作製しておいた描くべき形状データを、電子ビームの走査によってレジスト上に描画（露光）します。現像によって、ポジタイプレジストの場合、ビーム露光部分が除去されます。（図2に実際の加工例）

(4) 「電子ビーム(EB)蒸着装置」による金属マスク形成

次のエッチングにおいて「掘り下げたくない」部分をあらかじめ金属膜マスクで覆います。(3)で現像してできた表面に、「電子ビーム蒸着装置」で金属を必要な厚さに蒸着します。深く掘る場合は、耐エッチング性の高いニッケル(Ni)を使用します。

蒸着後、有機溶剤によってレジストとともに不要部分のNiを除去(リフト・オフ)すると、電子ビーム描画したパターンと同じNiマスクが得られます。(図3に加工例)

(5) 「NLD エッチング装置」によるプラズマドライエッチング

反応性のイオンエッチングにより露出部分を「掘り下げ」ます。当所の装置はNLD(磁気中性線放電)という比較的高密度のプラズマ発生方式を採用した、高速エッチングが可能な機種です。加工形状に対応して、用いる反応性ガス(主に CF_4 、 CH_2F_2 などのフッ化炭

素系)の種類や配合比、印加するバイアス電圧など複数のパラメータの最適な組み合わせを見つける必要がありますが、典型的な形状についてのデータはある程度わかっています。

以上の工程により最終的に得られた深溝格子を図4に示します。周期400nm、深さ2 μm 超で、アスペクト比(深さ/開口幅)約10の良好な深溝格子です。

おわりに

典型的な加工事例を紹介しましたが、光学素子以外にも光導波路、またマイクロ化学分野での流路形成など、多くの用途へ通じる加工が可能ですので、ご利用をご検討下さい。

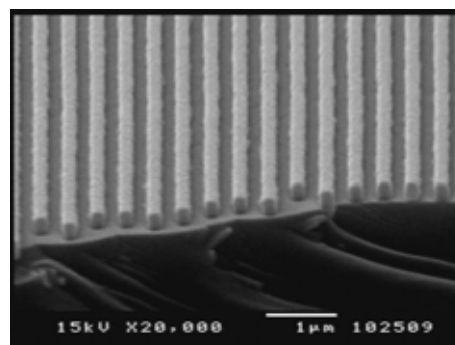


図2 レジストパターン

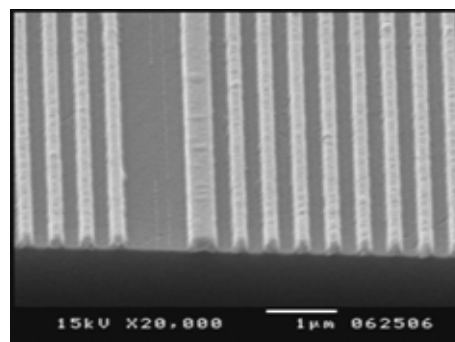


図3 Ni金属膜マスク

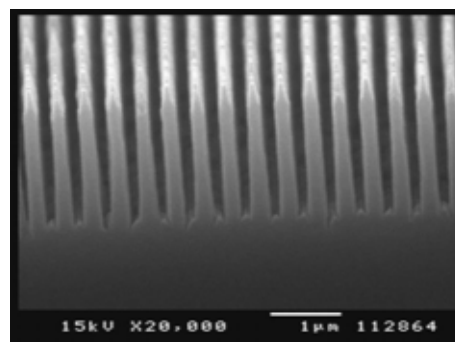


図4 深溝格子