



ミリ波帯テフロン導波管の開発

所属	岡山県立大学	ビームライン	BL02
利用者氏名	岸原充佳	利用分野	ナノマイクロ加工
利用年度	2013年度	活用技術	X線露光

利用成果の概要

本課題では、放射光直接エッチング、金属のスパッタ蒸着、電解めっきのプロセスを経て行う180GHz帯テフロン(PTFE)導波管パターンを試作を行っている。これまでに、180GHz帯で動作する簡易な直線パターンやH面マイターバンド導波管パターンが放射光の直接照射で形成できることは報告されている。今回、機能回路であるE面方形空洞方向性結合器を例に挙げ、高いアスペクト比の要求されるE面導波管パターンの試作を初めて行った。

実験は、厚さ0.8mmのテフロンシート上に回路パターンを写したステンシルマスクを配置し、BL2の露光チャンバー内にてE面方向性結合器パターンの放射光直接エッチングを実施した。その際、試料温度を150°Cから200°Cの範囲で変え、Dose量とエッチング深さおよびパターンの再現度を調査した。得られたパターンから導波管回路を完成させ、その特性を測定することが今後の課題である。

＜利用目的＞

近年、メカトロニクスや光学、流体などの分野で用いられるマイクロ部品が、レーザ加工やリソグラフィなどといった様々な微細加工技術に基づいて開発されている。マイクロ波・ミリ波の誘電体材料として、テフロン(PTFE, Polytetrafluoroethylene)が一般的に用いられているが、一方では、通常の機械加工では微細構造(数10 μmの精度で数100 μmの高さをもつ構造など)の加工が困難な材料としても知られている。しかしながら、テフロンに放射光を照射することで、マイクロ構造体を製作できることが近年報告され、この加工方法を応用したテフロン導波管の試作が行われている。このテフロン導波管は、ミリ波帯のみならずサブミリ波帯の導波管コンポーネント製作に有効であると謳いながら、100GHzより低い周波数帯の成果を得るに留まっている。本課題は、放射光直接エッチングプロセスによるテフロン加工プロセスで180 GHz帯 (G帯; 140 - 220 GHz) のテフロン導波管パターンの再現精度を調査することが目的である。

＜実験方法＞

本課題では、ニュースバル放射光施設に設置されたビームライン“大面積X線露光システムBL-2”を使用して放射光直接エッチングを行った。本課題では、テフロンの加工に2 keV - 12 keVのエネルギー帯域を使用する。テフロン導波管の製作は、X線照射により直接テフロンパターンを形成する放射光エッチングプロセスと、テフロン表面に金のスパッタ蒸着、電解めっきから成る。ここでは、放射光エッチングプロセスの概略を説明する。放射光エッチングは、まず、テフロンシートと回路パターンを写したステンシルマスクを準備する。本課題のマスクは、厚さ100μmのSUS304にレーザ加工したものをを用いている(公差±7.5μm)。そして、ステンシルマスクをテフロンシート上に置き、露光ステージに固定する。ステージにはヒーターが内蔵されており、テフロンシートの背面から加熱を行う。その後、チャンバー内を真空に引きスキャン露光を行えば、パターン全体が逐次照射され、導波路パターンが得られる。

＜実験結果＞

今回、機能回路であるE面方形空洞方向性結合器を例に挙げ、高いアスペクト比の要求されるE面導波管パターンの試作を初めて行った。180 GHz帯での動作を想定し、テフロン導波管の断面寸法を0.4mm×0.8mmと決定した。これよりE面導波管高さ0.8mmに対応して厚さ0.8mmのテフロンシートを用いた。図1は、試作するE面方形空洞方向性結合器のパターンと結合器の180GHz動作時の電界分布シミュレーションを示している。方向性結合器は4ポート回路であるが、測定を

文部科学省 [先端研究施設共用促進事業トライアルユース 成果報告]

兵庫県立大学 高度産業科学技術研究所 ニュースバル放射光施設

考慮して2個の結合器を接続したパターンとした。結合器1で2分割された信号が結合器2で合成されて出力導波管に現れることが期待される。なお、方形空洞寸法は1.42mm×1.77mm、パターンに含まれる最小寸法は5 μ mである。

図2は、放射光直接エッチングにより得られたテフロン導波管パターンを示している。露光条件は、17万Dose/mm、試料温度200 $^{\circ}$ Cである。パターン下部にフィルム状のテフロン膜が残っているが、容易に除去できる。大よそ良好なテフロン導波管パターンが得られることが確認できる。テフロン試料を200 $^{\circ}$ Cに加熱した状態では、約2 μ m/secの加工レートが得られるが、テフロンに約3%の線膨張があるため、寸法精度に影響を与える。詳細な寸法精度の検証は今後の課題である。図2のパターンが得られた後、金属のスパッタ蒸着と電解めっきのプロセスを経れば導波管となる。

<今後の見通し>

放射光直接エッチングは、最小寸法サブ μ m、最大高さ1mm以上の加工が高精度に行えるため、微細パターンが近接する回路形状に対して高いアスペクト比で加工できる。本課題で目標とする機能回路は、平面的に形状変化する方形導波管回路で、高さ方向の形状変化はない。これはリソグラフィに適した構造である。従来の加工では実現が困難であった短ミリ波帯・サブミリ波帯用の機能回路素子を一体形成することが可能になるものと考えられる。本製作プロセスの有効性が示されれば、今後のサブミリ波帯利用のためのブレイクスルー技術となり得る。

<図面等>

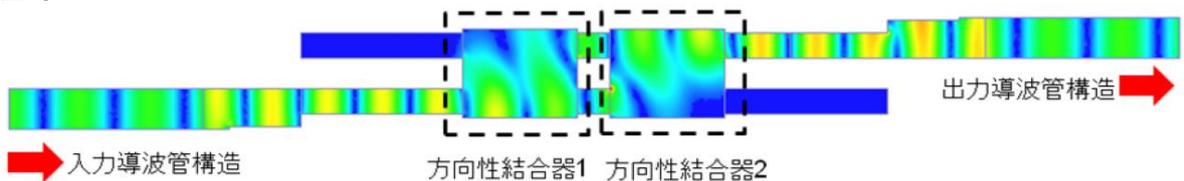


図1 試作テフロン導波管パターン(E面方形空洞方向性結合器)と動作時電界分布



図2 放射光直接エッチングにより得られたテフロン導波管パターン

お問い合わせ先 兵庫県立大学 高度産業科学技術研究所
ニュースバル放射光施設 共用促進室
〒678-1205 兵庫県赤穂郡上郡町光都1-1-2
TEL : 0791-58-2543 FAX : 0791-58-2504
E-mail : kyoyo@lasti.u-hyogo.ac.jp
<http://www.lasti.u-hyogo.ac.jp/NS/>