

## microworks GmbH 微細加工技術/LIGA プロセス よくある質問

### はじめに

高アスペクト比をもつ微細構造品の入手を検討しているお客様のために、microworks GmbH (ドイツ、カールスルーエ)が提供している微細加工技術「LIGA プロセス」について、よくある質問をまとめました。

### LIGA プロセスとは?

Lithographie (リソグラフィ), Galvanoformung (電鍍), Abformung (成型)の一連のプロセスによって行われる微細加工工程を指します。ドイツ・カールスルーエ技術研究所/工科大学(旧 FZK, 現 KIT)の現在の IMT (Institute for Microstructure Technology)にて 1980 年代に発明されました。製造工程のドイツ語の頭文字が取られています。

まず、X 線マスクにデザインされた形状が X 線リソグラフィにてレジスト剤に転写されます。現像されたレジスト剤にできた微細な空隙に、高精度の電鍍(電気めっき)を行うことで、高アスペクト比(高さ/線幅)100 以上のメタルパーツが製造されます。

またこの工程により、高アスペクト比をもつレジストの微細構造を製造することもできます。[1]

### 他の加工方法との違いは?

レジストに微細構造を形成する際に高透過性の X 線を用いるため、以下の特徴があります:

- ・最大アスペクト比が非常に大きい(例: 金線幅 2.4  $\mu\text{m}$  に対して高さ 240  $\mu\text{m}$ , AR = 100)
- ・ほぼ垂直で平行な側壁を持つ(高さ 1,000  $\mu\text{m}$  に対し横方向のずれは 1  $\mu\text{m}$  程度)
- ・側壁が非常になめらか(Ra<10 nm)

他の特徴は以下のとおりです:

- ・最小線幅は 30 nm 程度
- ・縦横方向数十 mm に対し数  $\mu\text{m}$  程度の位置精度
- ・複数回の X 線照射を行うことで異なる角度を持つ構造を実現可能

[2], [3]

### microworks の LIGA 製品は、他社とはどう違うか?

[経験] カールスルーエ技術研究所(KIT)・IMT は、1980 年代から微細構造向けの X 線リソグラフィと電鍍の研究開発を行ってきました。KIT/IMT のスピノフ企業である microworks GmbH は、その技術を取り入れ、また独自に開発を進め、高アスペクト比の構造を実現して製品化しています。

[技術] 「他の加工方法との違いは?」を御覧ください。

[実用例] Talbot-Lau 干渉計における位相コントラストイメージング、小角散乱コントラストイメージングで使用される回折格子の製造において、microworks は世界的に信頼を得ています。同社の X 線回折格子に言及した論文等の発表は、少なくとも 200 本が確認されています。[4] その他の事例については「具体的な応用例は?」を御覧ください。

[施設] microworks は KIT キャンパス内にあり、X 線リソグラフィの工程で使用する放射光施設 KARA に、容易にアクセスできます。また、バックアップ光源として Dortmund の施設の使用も開始しています。

### 実行可能な構造や材質は?

原則として、X 線マスク上にレイアウトした 2 次元平面のデザインを、レジストに転写した構造です。

レジストはエポキシ系樹脂(SU-8 の派生品)で、硬 X 線を集光するレンズに使用されるほどの頑丈な素材です。

電鍍メタルパーツは、金、ニッケル、ニッケル合金等が代表的です。

### 開発案件の持ち込みは可能か?

既存の工程で実現できないデザインは、開発プロジェクトとして承ることができます。

## 具体的な応用例は？

[非 X 線光学分野]

詳細: <https://www.asicon-tokyo.com/imt02.php>

- ▶金のハニカムメッシュ構造(幅 0.4  $\mu\text{m}$ , 厚さ 4.0  $\mu\text{m}$ , アスペクト比 10)
- ▶金のチェッカーボード構造(周期 35  $\mu\text{m}$ , アスペクト比 約 9)
- ▶可視光領域の回折格子(ポリマー製, 線幅 0.2  $\mu\text{m}$ , 高さ 350  $\mu\text{m}$ , アスペクト比 1,750)
- ▶マイクロギア(高級腕時計のギアパーツ)

[X 線光学分野]

詳細: <https://www.asicon-tokyo.com/imt03.php>

- ▶タルボ・ロー干渉計向け X 線回折格子(金, ニッケル。例: 金の厚さ 250  $\mu\text{m}$  に対して周期 4.8  $\mu\text{m}$  (幅 2.4  $\mu\text{m}$ ), アスペクト比 約 100)
- ▶コーデッドアパーチャ(符号化開口。最小線幅 6  $\mu\text{m}$  に対して厚さ 25  $\mu\text{m}$  他, 多数実績あり)

- ▶X 線アパーチャ(例 1: 厚さ 80  $\mu\text{m}$  の金に対して規則的に配列した直径 3  $\mu\text{m}$  の貫通孔, アスペクト比約 27。例 2: 厚さ 200  $\mu\text{m}$  の金に対して 1 つの 5  $\mu\text{m}$  の貫通孔, アスペクト比 40)
- ▶複合屈折レンズ(ポリマー製)

## 連絡先

まずは [asicon-tokyo@asicon-tokyo.com](mailto:asicon-tokyo@asicon-tokyo.com) まで, 御要望をお知らせください。

## 参考文献

- [1] V Saile, U Wallrabe, O Tabata, J G Korvink "LIGA and its Applications, Advanced Micro & Nanosystems", vol. 7, Wiley-VCH, ISBN 978-3-527-31698-4, 2009
- [2] <http://www.x-ray-optics.eu/index.php/en/10-hauptkategorie-en/208-liga-process>
- [3] <https://www.imt.kit.edu/liga.php>
- [4] Google Scholar