

医療用磁気めっきデバイスの研究開発

加工技術課 小幡 勤

関東学院大学 工学部 小岩一郎

1 緒 言

次世代医療である抗体医療の中心となる「抗体医薬」は、近年大手製薬メーカーなどをはじめとした医療研究機関で研究、開発されている。抗体医薬品市場は2016年で2,500億円規模といわれ、すでに抗原獲得競争が始まっている。特定のウィルスやガン細胞にだけ効果があるようにするには、ある病原体（抗原）に対して反応する抗原特異的免疫細胞（リンパ球）を多数の細胞の中からより分ける必要がある。しかし抗原特異的なリンパ球などを特定し、それを効率良く回収することは、これまでの技術では困難であり、新しいツールが求められている。このような背景の中、我々は免疫細胞などに代表される生体細胞を取り扱うためのツール作製技術としてMEMS技術を選択した。例えば人のリンパ球などに代表される免疫細胞の大きさは、約 $6\sim 8\mu\text{m}$ 程度の大きさであるため、MEMS技術が得意とするサイズのオーダーとの親和性に優れる。ミクロンサイズの構造体を作製することを可能にするMEMS技術は、このような小さな細胞を取り扱うツールの作製技術としては最適なものである。本研究では、磁性膜を使って安価で、高性能な細胞チップを開発することを目的としている。

2 医療用磁気めっきデバイス

すでにシリコンで作製した細胞チップは、彫り込み形状のマイクロウェルによって細胞をトラップしているが、本研究で開発した医療用磁気めっきデバイス（以下、磁気チップ）は、基板表面上に形成されたミクロンサイズの磁性膜スポット（以下、磁気スポット）に細胞を固定することによって抗原特異的なリンパ球を選択、採取することを目指している。細胞を取り扱う機構は、前者が重力沈降に頼った受け身型細胞配列機構なのに比べ、磁気チップはもっと積極的に細胞を取り込み固定しようとする能動型細胞配列機構である。極微量のターゲット細胞、例えば末梢血に含まれる白血球などを効率よく回収するためには、能動型細胞配

列機構は必要不可欠なものになると思われる。

試作したサンプルは、ガラス基板上へ無電解めっきによりNi-P下地膜を形成、そのうえに電気めっきで磁性膜を形成している。磁性膜は、磁力の高い皮膜が必要なことから残留磁束密度（Br値）が高い膜が求められる。そこで本研究では、三元系軟磁性薄膜となるCoNiFeめっき膜を選択した。図1に試作した磁気めっきデバイスを示す。めっき成長は室温で行い、電流密度を変えて約 $0.4\mu\text{m}$ の製膜を行った。 $5\text{mA}/\text{cm}^2$ の場合設定膜厚に到達する前に応力によって剥離した、また、電流密度を $0.5\text{mA}/\text{cm}^2$ まで低くすると目的の膜厚になっても剥離が起こらなかった。製膜した膜の蛍光X線分析（XRF）による評価も行った。表1に評価結果を示す。評価結果より電流密度が大きいと、組成ずれが大きくCoとFeのピークがあまり観察されなかった。VSMでの評価では、保持力 0.05kOe 、Br値 $1929\text{emu}/\text{cc}$ （電流密度 $0.5\text{mA}/\text{cm}^2$ のとき）という結果が得られた。

3 磁気ビーズによる評価

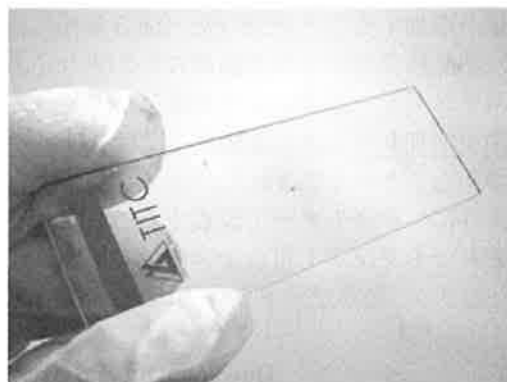


図1 試作した磁気めっきデバイス

	Ni	Co	Fe
電流密度 $5\text{mA}/\text{cm}^2$	11.129	0.091	0.087
電流密度 $0.5\text{mA}/\text{cm}^2$	6.129	1.506	1.325

表1 XRFの結果

デバイスの評価は、リンパ球の大きさに近い磁気ビーズ ($\phi 5 \mu\text{m}$) を利用して行った。めっきの厚みは、 $0.4 \sim 2.0 \mu\text{m}$ とし、磁気ビーズ播種後磁気スポットへのトラップ状況を観察した。その結果を図2に示す。磁気ビーズをデバイス上に播種後、マイクロピペットにて水洗を1回行い、トラップされていない磁気ビーズを取り除いている。膜厚が $0.4 \mu\text{m}$ の場合はほとんどトラップされない。膜厚が 0.8 、 $1.0 \mu\text{m}$ となるにつれ、そのトラップ性能の向上が確認された。しかし、 $2.0 \mu\text{m}$ ではあまり性能の向上が見られていない。結果から、膜厚が増えるに従って、磁力が上がってきていることがわかる。しかし、 $2.0 \mu\text{m}$ 厚ではめっきのマスクとなるフォトリソの膜厚 (約 $1.8 \mu\text{m}$) を超えてしまうため、磁性膜形状がおかしくなり、磁束のバランスが崩れた物と思われる。写真でスポットパターンが不鮮明なのはこれが原因である。これは、レジストを厚くしていくことで解決可能と思われる。

4 結 言

めっきにより医療用磁気めっきデバイスの開発を行った。めっきによって作製された軟磁性膜は、細胞のトラップに必要な性能が得られることがわかった。また、さらに効率を上げるためには膜厚を増加させる必要がある。しかし、その際はめっき膜の応力を考慮する必要がある、応力緩和構造やめっき条件の検討が必要である。

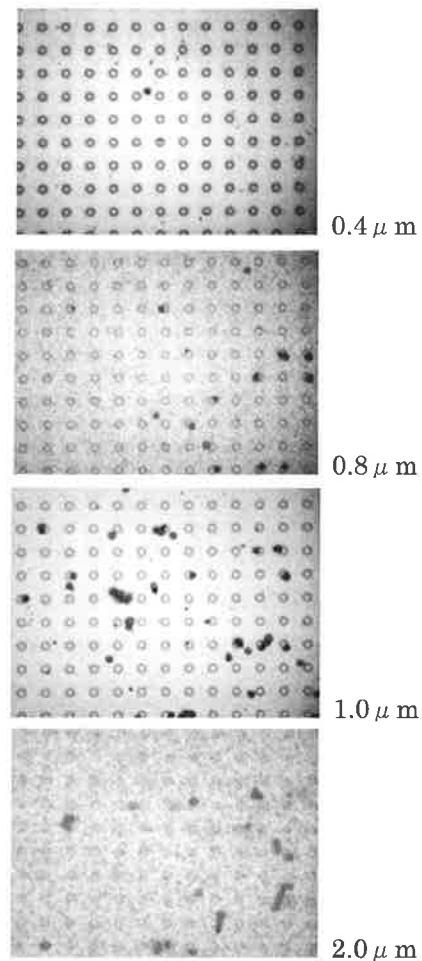


図2 磁気ビーズによる評価
磁気ビーズ播種後、マイクロピペットによる水洗

キーワード : MEMS、抗体医療、細胞、磁気

Development of a magnetic chip device for medical use

Process Engineering Department ; Tsutomu OBATA

Kanto Gakuin University; Ichiro Koiwa

A magnetic device for medical using MEMS and Plating technology is developed. Many magnetic spots are formed on the device and trapped a cell on a spot one by one. Soft magnetic film was made by plating and evaluated by using magnetic beads. The many beads were captured as thickness of magnetic plating film increase.