

光エネルギーを用いた表面加工に関する研究

副題：YAGレーザーアシスト無電解ニッケルめっきによる高速局所成膜に関する研究

北 垣 寛*¹

中 村 知 彦*²

藤 本 恭 史*³

松 田 実*⁴

[要 旨]

無電解ニッケルめっきとYAGレーザーの組み合わせにより、基板上的選択部にめっきを施す条件を見出すとともに、この原理を活用した成膜装置を試作した。この装置により鉄基板上に部分ニッケルめっき皮膜の析出を試みたところ、適正なレーザー照射条件を設定することで、直径270 μm から540 μm のニッケル突起物を形成することができた。また、オートステージを併用することで、パターニングを描写することができた。

1. 緒 言

めっき業界において、リードフレーム等電子材料の部分めっきについては、現行ではマスキングなどにより行われているが、電子デバイスの微小化が進む中、この方法では位置決め精度に問題があるとともに、複雑形状の部品への適用に限界があり課題となっている。一方、レーザーは、指向性が高いことから材料を局所的に加熱することができるとともに、大気雰囲気を利用できるなどの特徴があり、特にYAGレーザーは光ファイバーで伝達できるため操作性・汎用性が高いことから、微細加工への活用が盛んとなっている。そこで、本研究では、IBMのGutfeldらによって見出されたレーザー加速めっき技術¹⁾の応用により付加価値の高い表面加工技術を確立することを目的に、無電

解ニッケルめっきとYAGレーザーの組み合わせによる部分めっき装置を試作し、成膜条件と皮膜の特性について検討した。

2. 試作装置の概要及び実験方法

2.1 試作装置の概要

図1に試作装置の概要を示す。主な機能は下記のとおり。

* YAGレーザー発振器及び照射方法

レーザー光源は、最大出力100Wの連続発振YAG (Yttrium Aluminum Garnet) レーザー発振器 (波長1.06 μm マルチモード 東芝社製) を使用し、レーザー光を光ファイバー (コア径 600 μm) で伝達し、レンズで集光しめっき液中の基板に照射した。焦点距離は、めっき液中の基板にレーザーを照射しながら、析出反応により白い細かな泡が発生する面積が最小となるようにステージの高さを調整することにより照射径が最小になるようにした。

* 1 材料技術課 技 師

* 2 同 技 師

* 3 同 技 師

* 4 同 主任研究員

* 反応セル

マグネットポンプにより常にめっき液が循環できる塩ビ製の密閉型反応セルを作製した。この密閉型反応セルは、上蓋が開放できるようになっており、その上蓋中央部に直径50mm厚さ3.5mmの光学ガラスがはめ込んでありレーザーが効果的に基板に照射されるようになっている。また、本体の上蓋との接合部は中央部以外シリコンシートを接着することにより、ポンプによる内部圧力でシートが上蓋に密着し、めっき液が漏れないようにした。さらに、反応セル中の基板設置部は、高さ5mm；幅70mmのスリット状とすることで、レーザー照射点をめっき液が20cm / 秒で流れるようにして、レーザー照射部以外の基板温度ができるだけ上昇しないようにした。また、成膜中のめっき液温度及びpHは、それぞれめっき液のリザーバ・タンクにセンサーを備え付けて大きな変化が生じないか常時モニターできるようにした。

* その他の装置

X-Yオートステージに反応セルを設置することにより、レーザー照射位置を $10\mu\text{m} / 100\text{mm}$ の精度で位置決めできるようにし、レーザーの照射位置、照射時間及びパワーはパソコンにより自動制御できるようにした。

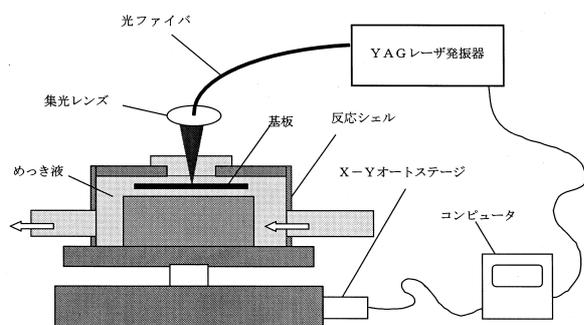


図1 実験装置図

2.2 実験方法

上記装置を使用して基板表面の選択に無電解めっきを析出させた。基板は、研磨仕上げされたスチール（大きさ20mm×60mm、厚さ0.3mm）をアルカリ脱脂、酸洗、水洗を行ったものを用いた。無電解めっき液には、次亜リン酸ナトリウムを還元剤とするタイプの市販めっき液（奥野製薬工業社製 ニムデン：NEL ver. 3、温浴による成膜速度 毎時 $22\mu\text{m}$ ：カタログ値）4Lを循環させた。めっき液に照射されるレーザーパワーは、小型レーザーパワー計（シンラッド社製 THE POWER WIZARD PW-250）で測定した。析出したニッケル皮膜の高さは、表面粗さ計（テーラーホブソン社製）で評価した。また、皮膜の形状は走査型電子顕微鏡（SEM）（日立製作所社製 S-800）で観察した。

3. 実験結果及び考察

レーザー照射による局所的な無電解めっき皮膜の析出原理は、レーザー照射部の基板表面温度の上昇に伴い指数関数的にめっき速度が高まること²⁾を利用してはいるものであるが、レーザーがめっき液中を透過する際に、めっき液によるレーザー光の吸収や散乱による影響が大きいと考えられる。そこで、あらかじめ、めっき液中のニッケル濃度と成膜速度の関係を確認したところ、およそ 6g/L で最大の成膜速度が得られたため、この濃度により以下の実験を行った。

3.1 レーザ照射条件と皮膜成長について

レーザーパワーが20Wから32Wまでの範囲では、うまく局所的にめっき皮膜が析出した。20W以下では、15分以上レーザーを照射しても析出は確認できなかった。また、40W以上では、レーザー照射部が黒く変色し、その周辺部に広くリング状に析出

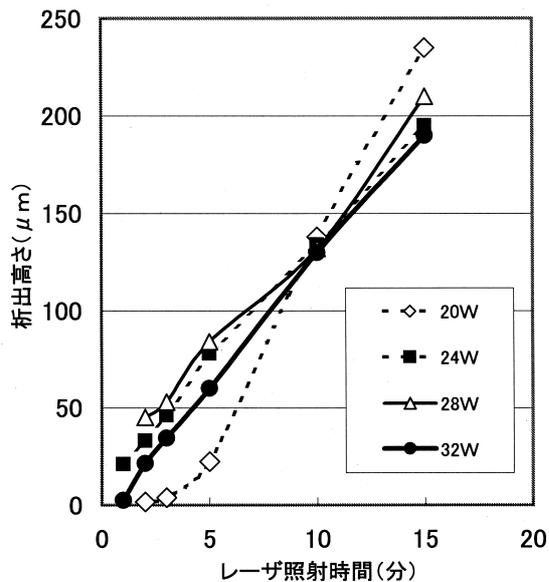


図2 レーザパワーと析出高さ

した。図2にレーザパワーを20Wから32Wまでの範囲で変化させた場合の皮膜が成長している様子を示す。レーザパワーが24W、28W、32Wでは、膜の成長速度に大きな違いはなく、毎分13 μ m程度であることがわかる。一方、レーザパワーが20Wの場合は、レーザ照射後3分までは膜の成長が極めて遅いが、5分以降は急速に膜が成長している。これは、析出物が突起状になることにより、レーザ照射方向へ選択的に析出物の成長が促進されたためと思われるが、その機構説明は今後の検討課題である。なお、20Wから32Wでの成長速度は平均13 μ m/分に至っており、これは、通常の温浴での析出速度の36倍であった。

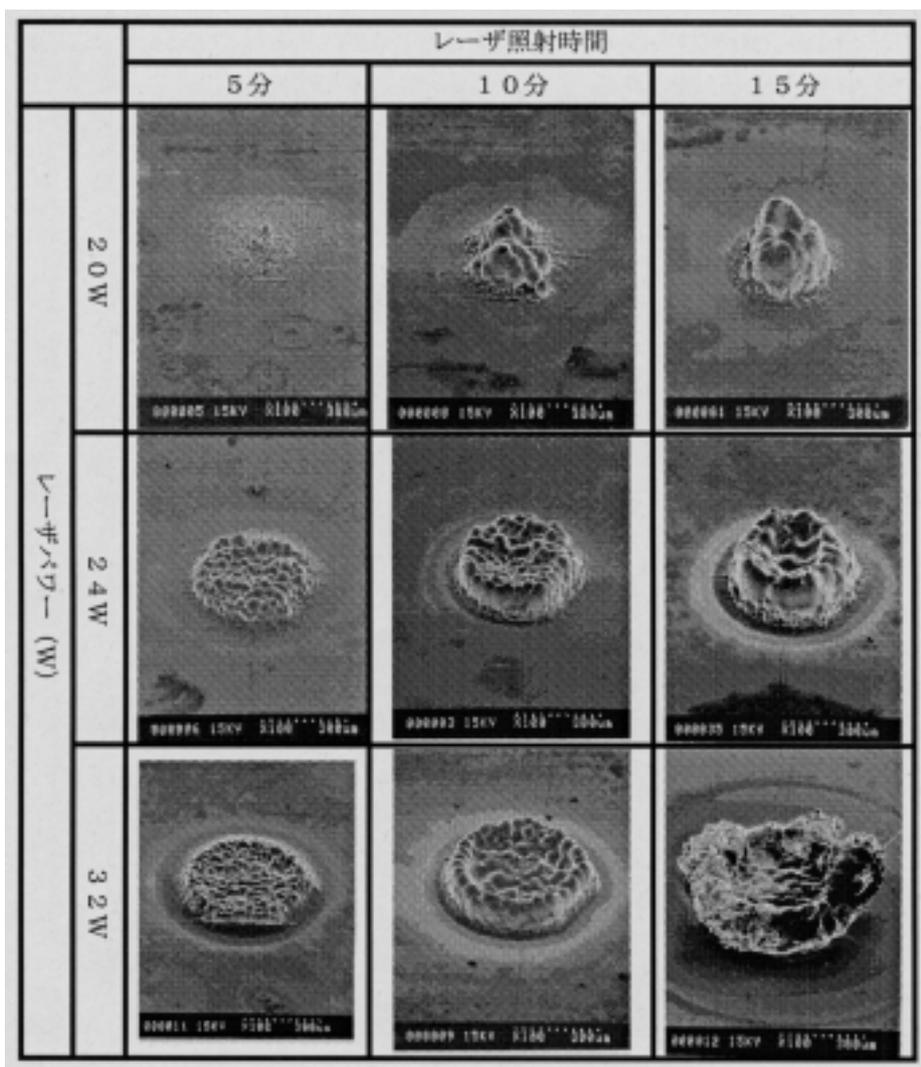


図3 レーザ条件と析出物のSEM像

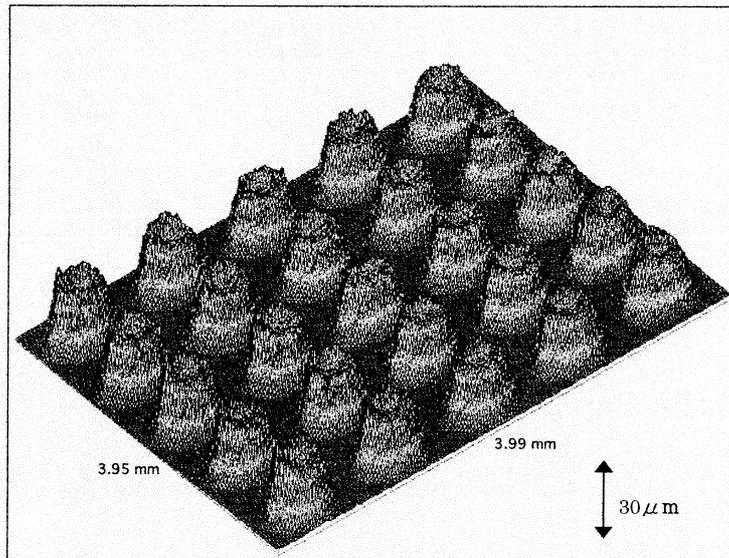


図4 表面粗さ計による析出物の表面形状

なお、長時間レーザー照射による実験を行っても、めっき浴の温度は室温（22度）から最大30度まで上昇する程度であった。今回の実験ではめっき液の積極的な冷却は行っていないが、タンクに冷却機構を設ければ、めっき液を室温以下に維持したままで成膜が可能であると思われる。めっき浴を通常より低温で使用できることは、めっき液の長期使用においても劣化を抑制できる効果があると思われる。

3.2 レーザ照射条件と析出皮膜形状

図3にレーザーパワーが20W、24W、32Wの条件で5分間、10分間、15分間それぞれレーザーを照射した際に析出したニッケルのSEM像を示す。20Wでは直径270 μmの突起状に成長しているのに対し、32Wでは突起物の直径は540 μmと大きくなるとともに、中央部のくぼみは深くなり、32W - 15分の場合出の析出物はリング状になっていることがわかる。これは、レーザー光がガウシアンモードで分布しているため、20Wでは、中央部のみが無電解めっきの析出温度に至ったのに対

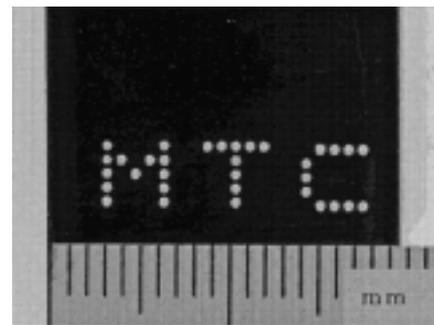


図5 レーザめっきによるパターンニング

し、32Wでは突起物中央部の温度がめっき液の沸点を超えてしまったため、めっき液中の金属イオンの供給効率が低下したためと思われる。以上より、レーザーパワーが24Wでは台形状の突起物が、また、20Wでは比較的細い突起物が良好に形成されることが確認できた。

3.3 パターン描写への応用

X-Yオートステージを用いて、4 mmの領域に800 μm間隔で25箇所レーザー（条件は全て24W - 2分間）を照射するプログラムにより作製した皮膜を表面粗さ計により3次元観察した結果を図4に示す。隣接する析出物による影響や位置

の違いによるばらつきもなく、幅・高さとも規則的に形成されていることが分かった。レーザーパワーとめっき液の攪拌による冷却効果が過不足なく作用しているためであると思われる。さらにこの条件を応用して、パターニングを行ったところ、図5のとおり良好に形成することができた。

4. 結 言

レーザーと無電解ニッケル-リンめっきとの複合による局所めっき皮膜の形成に関して、析出条件、析出物の形状等を検討した結果をまとめると次のとおりである。

- 1) レーザーパワーが20Wから32Wまでの範囲では、局所的に皮膜を析出できた。また、この範囲での析出速度は、平均で13 μ m/分であった。これは、通常の温浴による析出速度の36倍である。
- 2) レーザー照射により析出したニッケルめっき皮膜の形状は、レーザーパワーが20Wでは比較的細く成長するが、これを超えるとやや太く中央部がくぼんだ形となる。さらに、レーザーパワーが高くなると、大きなリング状の形状となる。
- 3) レーザーパワーとめっき液の攪拌による冷却効果がうまくつりあえば、定型の析出物が作成できることがわかった。

(参考文献)

- 1) J. Cl. Puipe, R. E. Acosta and R. J. von Gutfeld: J. Electrochem. Soc., 128 (1981), 2539
- 2) 電気鍍金研究会編 無電解めっき - 基礎と応用 - (日刊工業新聞社) p32