

# エネルギービームを複合化させた表面改質技術

中 村 知 彦\*  
北 垣 寛\*  
関 浩 子\*  
松 田 実\*\*

## (要 旨)

レーザー照射と湿式めっきの複合化技術に関する研究動向について文献調査を行った。この中でめっき加工に用いられるレーザーの特長、レーザー照射の目的と照射条件などの整理を行い、湿式めっきの高付加価値化技術としてのレーザー照射技術の特長を明らかにした。

## 1 緒 言

レーザービームは高いエネルギー密度を利用して金属やセラミックスの切断や切削などの加工に利用されている。一方、湿式めっきは代表的な表面改質技術として装飾や防食、さらには電子材料などに用いられる機能めっきなど、工業的に広く用いられている。

最近、このようなレーザー照射と湿式めっき技術を複合化させて必要な部分のみめっき皮膜を析出させる加工技術やめっきの加速化などの研究が進展しており、めっき加工への高付加価値化技術として注目される。ここでは以上のような湿式めっきとレーザー照射との複合化技術の研究動向について調査を行った。

## 2 調査結果

### 2 - 1 めっき加工に用いられるレーザー

レーザーは発振が起こる媒質の種類によっていくつかの種類があり、それぞれ波長や出力が異

なっているため加工の目的、用途により使い分けられている。表1に加工用レーザーの特性と用途を示す<sup>1)</sup>。めっき加工には後述するように、比較的高出力ビームが得られるArイオンレーザー、Q - スイッチ法により数10nsのパルス幅でギガワットオーダーの高出力が可能なYAGレーザーやCO<sub>2</sub>レーザーなどの使用例が多い。この他に短い波長域で化学反応を促進させる目的でエキシマーレーザーの使用も見られる。

### 2 - 2 レーザーを利用しためっき加工

JICSTでキーワード検索による文献検索を行った結果、「レーザー \* 表面改質」では93件、「レーザー \* めっき」では73件、「レーザー \* 合金化」では68件、「レーザー \* 表面処理 \* 微細加工」では25件が抽出された。これらの中から主要な文献、さらに文献中の入手可能な引用文献から調査を行った。

この中で加工目的、使用されているレーザー種及び波長、出力について整理した結果を表2に示す。加工目的としては、大きく分類すると

回路形成や装飾などの目的で必要な部分のみ

\* 材料技術課 技師

\*\* 材料技術課 主任研究員

表1 加工用レーザーの特性と用途<sup>1)</sup>

レーザーの種類	波 長	発 振 形 式	平 均 出 力	特 長 ・ 用 途
ルビー	694nm	単一パルス		穴開け・スポット溶接
YAG	1060nm	連続・繰返しパルス ジャイアントパルス	600W	高出力パルス発振可能 石英系光ファイバー利用可能
ガラス	1060nm	単一パルス		穴開け・スポット溶接
アレクサンドライト	700～820nm	繰返しパルス、 ジャイアントパルス	～70W	穴開け
CO <sub>2</sub>	10600nm	連続・繰返しパルス	～20000W	高出力、ガラス・水による吸収大
Ar	488nm、514nm	連続波	～18W	溶液中の透過性、材料への吸収性良、寿命比較的短い
エキシマ	193nm(ArF)、248nm(KrF) 308nm(XeCl)、351nm(XeF)	パルス	40W(ArF)、200W(KrF) 60W(XeCl)、15W(XeF)	材料合成、半導体の表面処理

表2 めっき加工に用いられるレーザー照射例

め っ き 種	基 板	目 的	レ ー ザ ー	パ ワ ー	文 献
電気銅、ニッケル、金	W, Mo, Ni蒸着ガラス	加速	Ar, Kr		2
電気金	Ni-P/Cu-Zn合金	加速、パターニング	Ar(波長450-510nm)	Max20W	3
電気金	Ni/ベリリウム銅	加速	Ar	Max25W	4
電気銅	Nb/Au/ガラス Nb/Cuガラス等	加速、パターニング	Ar(488nm)	入力50mW, 360mW等	5
無電解ニッケル	ポリイミドフィルム	加速、パターニング	Ar(514.5, 480.0nm)	3.5W	6
無電解ニッケル	PTFE	PTFE前処理	ArF エキシマ(193nm)	80mJ/cm <sup>2</sup>	7
無電解ニッケル	PET	PET前処理	XeCl エキシマ(308nm)	600mJ/cm <sup>2</sup> 100pulse	8
無電解金	Zn-doped or non-doped GaAs	加速、パターニング	Q-スイッチNd/YAG	Max0.28J/cm <sup>2</sup>	9
無電解パラジウム	Ni	パターニング	Ar(457.9-514.5nm)	2W	10
電気金	Ni/Cu-Zn	パターニング	Ar	最大出力4W	11
電気銅	アノード酸化Al	パターニング	Nd/YAG(pulse 8ns)	150mJ/s	12
無電解金、Pd-Ni合金	Te or Zn-doped Si, GaAs	パターニング	Nd/YAG(pulse5-150ns)	10 <sup>6</sup> ～10 <sup>9</sup> W/cm <sup>2</sup>	16
無電解金	SUS304	パターニング	Ar	最大出力6W	14
無電解ニッケル	SS材	合金化	CO <sub>2</sub>	670W	15
無電解ニッケル	冷間圧延鋼板硬化	硬化	YAG	2.0×10 <sup>7</sup> W/cm <sup>2</sup>	16
電気亜鉛/ニッケル	Zn/Ni/冷間圧延鋼板	合金化	CO <sub>2</sub>	17.7×10 <sup>6</sup> W/m <sup>2</sup>	17
電気亜鉛/ニッケル	Zn/Ni/冷間圧延鋼板	合金化	YAG	6.2-15.6×10 <sup>6</sup> W/m <sup>2</sup>	18

めっきを行う「マイクロパターニング」

めっきを飛躍的に高速化させる「加速化」

めっき層間やめっき層と母材との「合金化」

に整理できる。この他に無電解めっきの前処理として樹脂材料の活性化やめっき皮膜の硬化などへの利用も見られるが、多くはレーザーの持つ大きな特徴である指向性を利用し、必要な部分のみめっきを行うパターニングに関する研究であった。

## 2 3 レーザー照射とめっき複合化の研究事例

### 2 - 3 - 1 パターニング

レーザー照射とめっきを組み合わせることによりマスクング工程無しで電子回路形成や装飾用途のパターニングを行うための基礎的な研究例が多く、金、銅、パラジウムなどのめっきが試みられている。

図1<sup>11)</sup>にレーザー照射装置とめっき槽の構成例

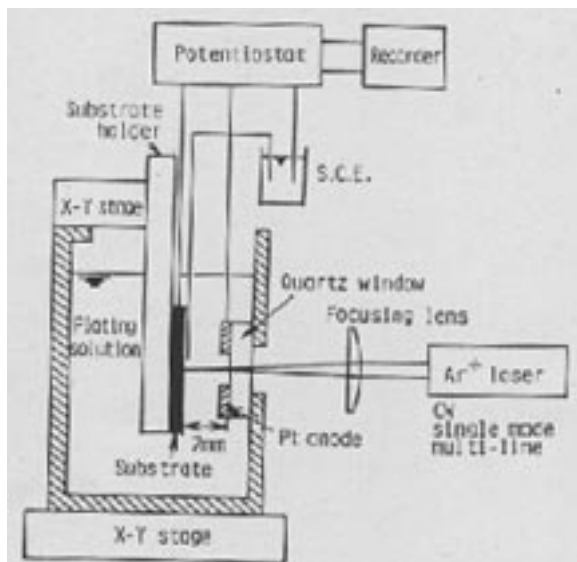


図1 レーザー照射装置とめっき槽の構成例

を示す。局部的にめっきを行っていくために、レーザービームを集光レンズによって適当な径で基板に照射させ、めっきする領域を制御している場合が多い。さらに基板又は照射装置をX-Yステージにより移動させ、めっき皮膜のパターンを得るものが一般的である。

めっき領域の大きさ、速度に与える条件としてはレーザー照射時間、レーザー出力、基板の熱伝導率が挙げられる。これはレーザー照射によるめっきが、基板の表面温度上昇に伴って起こる局部的沸騰によるかく拌効果や電荷移動反応速度の増大など熱的要素に支配されているためと考えられている<sup>5)</sup>。佐藤らは金の代替として無電解パラジウムめっきについてこれらの条件について検討している<sup>10)</sup>。図2は熱伝導率がNi-Fe合金<真鍮<銅の順で大きくなる3種の基板上に25 $\mu$ m径のアルゴンレーザーを10秒間照射しながら無電解パラジウムめっきを行った場合のレーザー出力と析出しためっきの直径との関係を示している。析出物の直径は熱伝導率の小さなNi-Fe合金基板から順に小さくなっており、基板の熱伝導率は析出物の大きさに与える影響が大きいことがわかる。

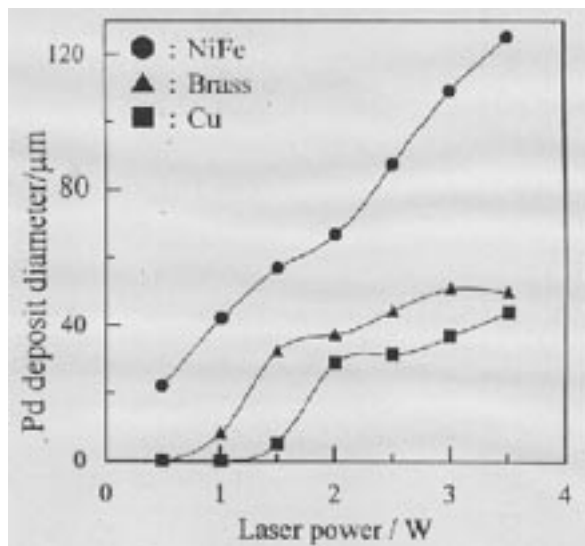


図2 各種基板の違いによるレーザーパワーと析出Pd直径との関係

レーザー照射時間：10秒

流速：200cm/秒

各基板には膜厚5 $\mu$ mのニッケルめっき

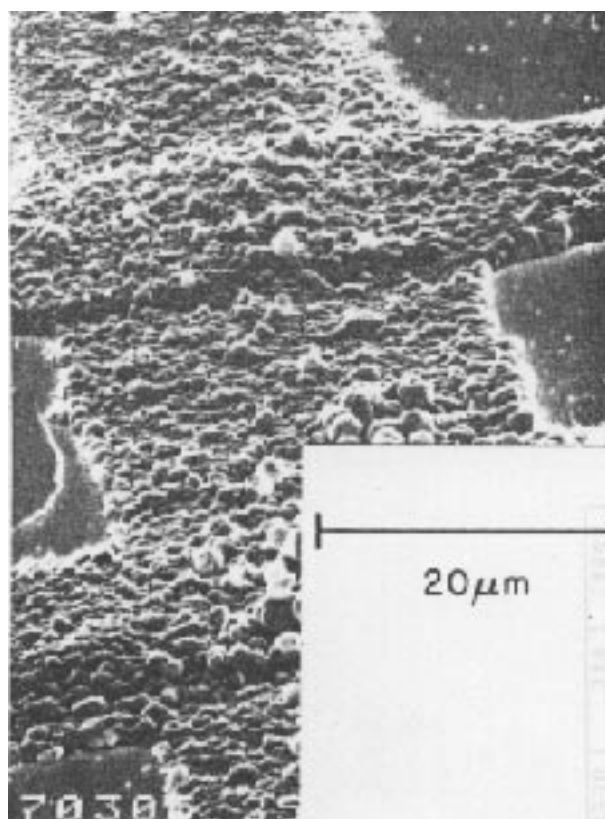


図3 レーザー照射により形成された銅めっき線のSEM像

めっき液：CuSO<sub>4</sub>, 0.5M; H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 0.01M

Puippeらは<sup>4)</sup>出力360mWのアルゴンレーザーを20倍のレンズを介して照射することにより低過電圧でNb/Au層上に線幅約20 μ mの銅めっき線の形成を行っている。さらにガラスにCu/Nbを蒸着させた基板に出力50mWで線幅2 μ mの銅めっき皮膜形成に成功している。図3に後者のめっき皮膜のSEM像を示す。

### 2 - 3 - 2 加速化

前述したレーザー照射による熱的作用により、照射しない場合に比べてめっきの加速化が見られる場合が多い。

レーザー照射めっきを開拓してきたGutfeldらは<sup>19)</sup>ニッケルめっきされたベリリウム銅基板上の金めっきで出力20Wのアルゴンレーザー照射により通常の10倍程度の1 μ m/secの速度を実現している。めっき皮膜は緻密で空孔などは認められていない。また噴流されためっき液中にレーザー照射を行い基板に吹き付けることにより最大速度10 μ m/secの金めっきを行っている<sup>5)</sup>。

### 2 - 3 - 3 合金化

日野らは<sup>17)</sup>冷間圧延鋼板上に膜厚10 μ mのニッケルめっき、ついで亜鉛めっきを行い、径12mm、レーザーパワー2.0kWで5秒間のCO<sub>2</sub>レーザー照射によりニッケルが亜鉛皮膜中に均一に拡散した亜鉛/ニッケル合金層が形成されることを示した。これは300 3時間や400 0.5時間の熱処理によって得られる合金層と同様な構造であることが確認されている。

## 3 結 言

レーザー照射と湿式めっきの複合化は必要な部分のみ選択的にめっきを行う新しいパターンニング技術としての研究を始め、めっき速度の加速化、

合金化などの研究が精力的に進められており、今後めっきの高付加価値化技術として期待できる。

## 参考文献

- 1) 森一平：鉄と鋼, 72(1986), 1507.  
前田重義：レーザー研究, 18(1990), 289.
- 2) R.J.von Gutfeld, E.E.Tynan, R.L.Melcher and S.E.Blum :Appl.Phys.Lett.,35(1979),651
- 3) H.K.Kuiken, F.E.P.Mikkers and R.J.von Gutfeld :J.Electrochem.Soc.,130(1983),554.
- 4) M.H.Gelchiski, L.T.Romankiw, D.R.Vigliotti and R.J.von Gutfeld :J.Electrochem.Soc.,132(1985),2575.
- 5) J.Cl.Puippe, R.E.Acosta and R.J.von Gutfeld: J.Electrochem.Soc.,128(1981),2539.
- 6) 西川治良, 黒田和也, 南晋一：表面技術, 40(1989),675.
- 7) 矢部 明：日本金属学会報, 32(1993),696.
- 8) 矢部 明、新納弘之：UYEMURAS TECHNICAL REPORTS,35(1995),3.
- 9) J.Zahavi, M.Halliwell :Met.Fin,83(1985),61.
- 10) 佐藤裕一, 西山 卓, 永峰 聡, 小早川紘一：ファインプレーティング, 42(1996),44.
- 11) 牧野英司, 矢崎 健, 石井 遊, 柴田隆行, 池田正幸, 天日勝也：表面技術, 43(1992),689.
- 12) 高橋英明, 温井勝敏, 若林 潤：まてりあ 34(1995)1276 .
- 13) J.Zahavi, S.Tamir, M.Halliwell :Plat.Sur.Fin.,(1986),57.
- 14) 佐治栄治：福井県工業技術センター研究報告書, (1994),59.
- 15) 宇野秀隆, 杉内重夫：福島県福島工業試験場試験研究報告, 19(1989),69.
- 16) 日野 実, 西田典秀, 平松 実, 辻川正人, 川本 信：表面技術, 48(1997),94.

- 17) 日野 実, 西田典秀, 平松 実, 米田理史, 勝村  
宗英 : 表面技術, 43(1992),952.
- 18) 日野 実, 西田典秀, 平松 実, 秋山光一, 勝村  
宗英 : 表面技術, 44(1993),933.
- 19) R.J.von Gutfeld :DENKIKAGAKU,52(1984),452.