

304 レーザプレイングの研究 (第8報)

—ラインパターンの形成過程—

北海道大学工学部 篠田健一郎 川勝由美子 柴田隆行 高橋義美 牧野英司 池田正幸

要旨

レーザープレイングによるAuのラインパターンの形成実験を行い、レーザー出力、カソード電位、移動速度等のパラメータがラインの形状や析出速度に与える影響を検討した。基板を移動させることによって、より卑な電位での析出が可能となり約30 $\mu\text{m/s}$ の析出速度が得られた。この値は、基板を移動しないでスポット状に析出させた場合の約10倍であり、一般の電気めっきの1000~3000倍である。

1. はじめに

レーザープレイングはめっき液中に浸した基板にレーザーを集光照射し、局所的にめっきする技術である。レーザー照射による基板と電解液の局所的な温度上昇は、電荷移動反応の促進、物質移動の増大等の効果を及ぼす。その結果、高速で効率の良い局所析出が可能となる。また、基板を移動させながらレーザーを照射させることでラインパターンの形成が可能である。今回はレーザー出力やカソード電位、移動速度等のパラメータがAuのラインパターンの形状や析出速度に与える影響を検討した。

2. 実験装置および方法

実験装置および方法は第5報¹⁾と同様である。実験条件はAr⁺レーザーの出力1~4W、カソード電位-600~-2000mVvsSCE、移動速度25~500 $\mu\text{m/s}$ の範囲で、めっき液の流速は1.33m/sで一定である。

3. 実験結果および考察

図1は本実験で得られた典型的なラインの外観写真である。ビーム径約22 μm に対し幅は約50 μm 、高さは約2.7 μm である。なお、ライン幅は最大高さの $1/e^2$ の位置における幅である。

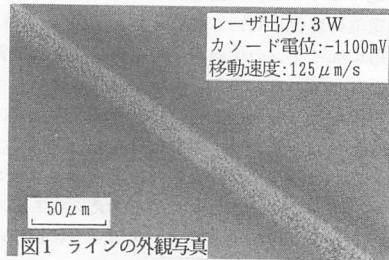


図1 ラインの外観写真

3.1 移動速度の影響

図2は移動速度とラインの断面形状の関係である。移動速度の変化に対し断面形状の高さの変化は顕著であるが、幅の変化はあまり見られない。

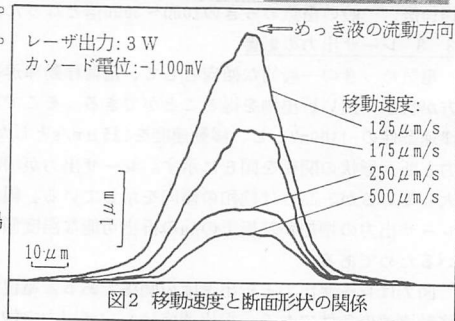


図2 移動速度と断面形状の関係

図3はレーザー出力3Wでカソード電位が-700mVと-1100mVの場合の移動速度に対するラインの高さと幅の関係である。移動速度が大きい程高さは低くなっているが、幅はほぼ一定である。移動速度が大きいと高さが低くなるのは、レーザー照射を受ける基板上的点への実質的な照射時間が短くなるためである。一方、幅が移動速度によらずほぼ一定なのは、Auが析出可能となる基板上的温度分布がほぼ定常となっているためと考えられる。

3.2 カソード電位の影響

図4はレーザー出力3W、移動速度250 $\mu\text{m/s}$ としたときのカソード電位とラインの断面形状の関係である。断面形状は-700mV、-900mVで丘状であるが-1100mVから-1170mVにかけて急激に成長し、-1300mVでは台形状となっている。また、-1300mVより卑の電位で高さに飽和の傾向がみられる。電位を卑にすると幅は増加しており、電位が卑な程Auはより低い温度で析出可能であることを示している。

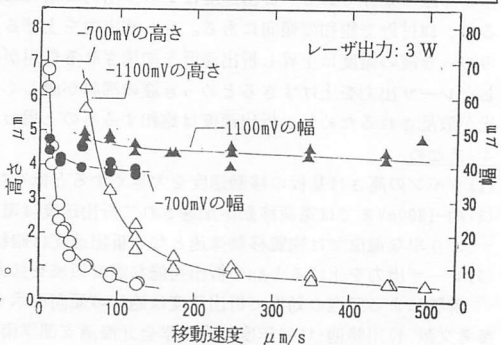


図3 移動速度と高さ、幅の関係

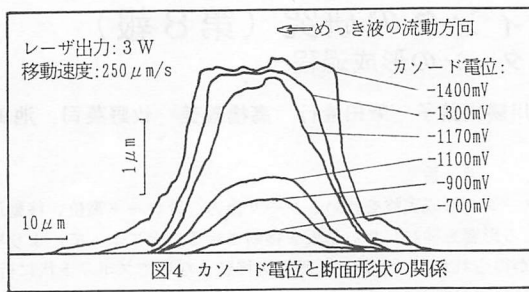


図4 カソード電位と断面形状の関係

また、電位を卑にし過ぎるとAuが基板全面に析出するようになり、-1600mVより卑な電位では茶褐色で粉末状の析出物となるので状態の良い局所析出には不適當である。

図5はカソード電位とラインの析出速度の関係である。析出速度は移動速度の違いによらず-1300mV付近を境に変化し、30 μm/s前後で飽和している。析出速度は-1300mVより貴な電位では電荷移動律速で電位の変化に対応しているが、-1300mVより卑な電位では電荷移動反応にAuイオンの供給が追いつかなくなり物質移動律速となっている。また、基板を移動させずスポット状に析出を行った場合、電荷移動律速反応は-700mVで飽和したのに対し、ラインでは-1300mVまで拡大されている。これは基板を移動することで常にAuイオンが濃度の高い状態で供給されるためと考えられる。本実験におけるラインの析出速度は、スポット状析出の条件の約10倍、一般の電気めっきの1000~3000倍となった。

3.3 レーザ出力の影響

電気めっきの一般的な傾向として、電荷移動律速反応の条件下の方が状態の良い析出物を得ることができる。そこで電位を電荷移動律速条件の-1100mVとし、移動速度を125 μm/sとした場合のレーザー出力と断面形状の関係を図6に示す。レーザー出力が増加すると幅は増大しているが、高さは飽和の傾向を示している。幅が増大するのはレーザー出力の増加が基板上のAuの析出可能な温度領域を拡大させているためである。

図7はレーザー出力と析出速度の関係である。電位は-1100mVと電荷移動律速の条件である。析出速度はレーザー出力の増大と共に増加するが、3W付近で飽和の傾向にある。レーザー出力を上げると基板近傍のめっき液の温度は上昇し析出速度を加速させる作用が働く。しかし、レーザー出力を上げすぎるとめっき液の沸騰が激しくなりレーザー光が散乱されるため²⁾、析出速度は飽和するものと思われる。

4. まとめ

- (1) ラインの高さは基板の移動速度を大きくすると低くなる。
- (2) 約-1300mVまでは電荷移動が加速されて析出速度は電位とともに増加し約30 μm/sに達する。しかし、-1300mVより卑な電位では物質移動律速となり析出速度は飽和する。
- (3) レーザ出力を上げるとAuの析出可能な温度領域を拡大するとともに析出速度は増加する。しかし、3W以上では沸騰による気泡の効果で析出速度は飽和の傾向を示す。

参考文献 1)川勝他:1992年度精密工学会北海道支部学術講演会講演論文集p9
2)志田他:1993年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集p984

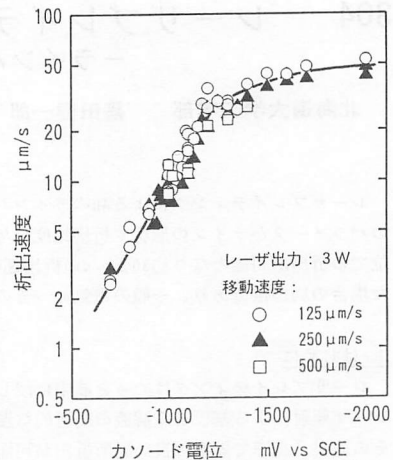


図5 カソード電位と析出速度の関係

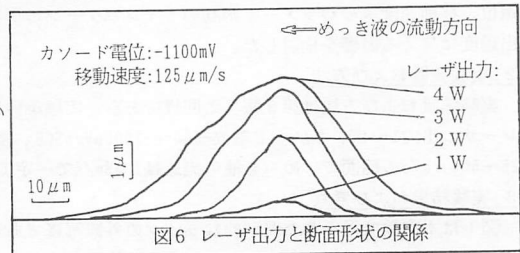


図6 レーザ出力と断面形状の関係

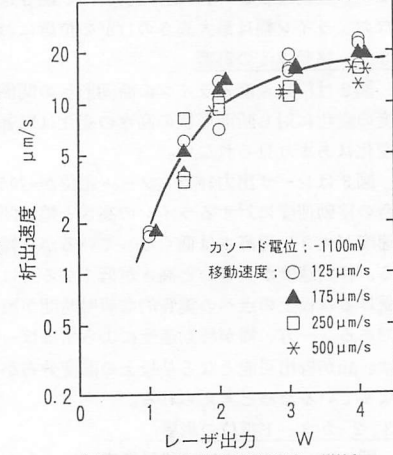


図7 レーザ出力と析出速度の関係