



## 放射光による液体中パタン形成基礎実験

岡田 育夫

名古屋大学 シンクロトロン光研究センター

### 1. 背景と研究目的

従来、LIGAは感光性樹脂(レジスト)にX線や紫外線を照射してパタンを形成し、形成したパタンに金属メッキし金属パタンを形成している。このため、多くの工程を要し、工程の短縮化が望まれている。

LIGAプロセスの短縮化と低コスト化を狙って、メッキ液にシンクロトロン光を照射して金属パタンを直接形成する方法について検討した。

### 2. 実験内容

シンクロトロン光を液体に照射するため、SiN 2  $\mu$ m厚のメンブレン窓を使用した液体用封止治具を使用した。シンクロトロン光照射には、照射効果が観察できるように、ステンレス製貫通パタンマスクを使用した。

### 3. 結果および考察

Au、Cu、Fe、Co、Niなどの金属化合物を含有する液体について実験した。Au、Cu液についてはシンクロトロン光が照射される部分で、シリコン基板上に金属が析出するのが確認された。0.5mm厚のアルミ板上でX線強度を調整し、1~10分間照射した。比較のため、通常X線源(超強力X線回折装置)で、長時間のX線照射をしたが、金属の析出は観察されず、本方法はシンクロトロン光でのみ反応する放射光化学反応と確認された。また、二結晶分光器を通った分光X線でも金属粒子の析出が確認された。

Au化合物含有液(マイクロファブ)を使用した実験では、直径が数nmから数100nm程度のナノ粒子およびナノクラスターが創製したことを電子顕微鏡観察(SEM)にて確認した。生成したナノ粒子およびナノクラスターの元素組成を調べるために、エネルギー分散型X線分析(EDX)を用いて行った結果、その組成はほとんどがAuであることが分かった。Auナノ粒子およびAuナノクラスターのサイズは、放射光照射時間で制御できることが分かった。また、Siの他に、Al、LiNbO<sub>3</sub>パタン上にも形成することができた。本方法を使用すれば、高次ナノ構造パタンを形成できることが見出された。

シリコン基板に放射光化学反応によって創製したAuナノ粒子およびAuナノクラスターに除草剤パラコート(4,4'-Bipyridine)の原料となる4,4'-Bipyridine試料を純水に溶かして濃度調整して、表面増強ラマンスペクトルの測定を行った。その結果、放射光照射時間が10分の基板にて、4,4'-Bipyridineの表面増強ラマンスペクトルを測定することに成功し、本基板を用いた最小検体濃度は、1nMを達成することが確認された。

Cu化合物液(硫酸銅液)にシンクロトロン光を照射しても金属粒の析出は無かった。しかし、少量のアルコールを添加した硫酸銅液体に照射した結果、Cu粒子が析出されることが確認された。本実験により、液体中でのシンクロトロン光化学反応が、単純なX線エネルギーによる液体の分解ではなく、選択的な化学反応をとまなっていることが確認された。今後は、他の金属含有液も含めて解明をすすめ、直接金属パタン形成ができるようにする。

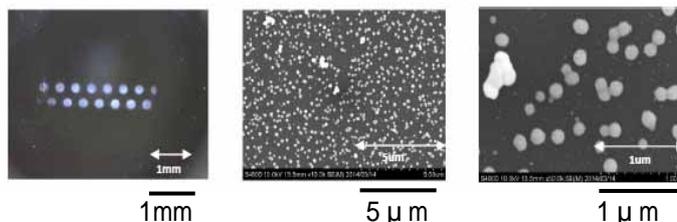


図 Auメッキ液にシンクロトロン光を照射し形成したAuパタンとAu粒子

### 4. 参考文献

- A. Yamaguchi, T. Matsumoto, I. Okada, I. Sakurai and Y. Utsumi, "Surface-enhanced Raman Scattering active metallic nanostructure fabricated by photochemical reaction of synchrotron radiation", Mater. Chem. Phys. **160**, 205-211 (2015).