リソグラフィ加工による凹凸を持つ無酸素銅電極の真空中絶縁破壊

Vacuum breakdown of oxygen-free copper electrodes with periodic grooves fabricated by lithographic process

筑波大数理 [1]，埼玉大 [2]，KEK [3]
○(M1) 多田 涼馬 [1]，星野 鉄哉 [1]，片桐 創一 [1]，山納 康 [1,2]，山本 将博 [1,3]，伊藤 雅英 [1]
Univ. of Tsukuba[1], Saitama Univ.[2], KEK[3]
°Ryoma Tada[1], Tetsuya Hoshino[1], Souichi Katagiri[1],
Yasushi Yamano[1,2], Masahiro Yamamoto[1,3], Masahide Itoh[1]
E-mail: s1920326@s.tsukuba.ac.jp

1．はじめに：電子顕微鏡や加速器では高エネルギービームを生成するための高電圧電極が真空中に置かれているが，高電圧による放電発生が運用上の問題となっている。真空中での絶縁破壊現象は過去から研究がなされており，電極の表面粗さや吸着物が耐電圧に影響を及ぼすとの報告がされている。しかし，過去の報告での電極表面の粗さ制御方法は表面形状がランダムとなる研磨に限られ，真空中の絶縁破壊に影響する形状因子が明確でなかった [1]。そこで我々は，真空中の絶縁破壊に影響を及ぼす電極表面形状のパラメータを明確にするためにリソグラフィを採用し，電極の表面形状を明確に定義できる周期的な凹凸を無酸素銅電極表面に形成した。また、従来の電極は表面の nm レベルでの平滑化およびその評価がなされていなかったが、今回初めて作成・評価を行った。本講演ではリソグラフィ加工の結果と，加工した電極による真空中ギャップ放電試験の結果について報告する。

2．実験方法：絶縁破壊試験には化学機械研磨(CMP:Chemical Mechanical Polishing)により表面全体を鏡面とした直径 25mm，曲率半径 30mm の無酸素銅電極を使用した。リソグラフィ加工においては波長 457.9nm の Ar レーザーによる干渉露光を行い，電極表面に周期的な凹凸を形成した。その後，微分干渉顕微鏡と光散乱計測を用いて非破壊・非接触による 3 次元的な表面形状評価を行った。絶縁破壊試験では10^{-7}Pa 台まで真空排気した装置内で電極同士を対向させ，最大波高値 100kV のインパルス電圧を印加した。凹凸のある電極は陽極だけとし、陰極はスパークコンディショニング処理済みの電極を使用した。

3．結果と考察：Fig.1 にリソグラフィ加工後の電極写真と微分干渉顕微鏡像を示す。リソグラフィ加工により周期構造を形成できたため，回折格子のように照明を分光している様子が分かる。また，光散乱計測等の結果から，凹凸の周期は 1.83μm，凸部の幅，高さはそれぞれ 1.4±0.2μm，0.035±0.005μm と分かった。Fig.2 に鏡面・凹凸電極を陽極とした際の放電回数－放電発生電界の推移を示す。同図から陽極に凹凸があることによって放電発生電界が低下していることが分かる。今後電極表面上の凸部における電界の集中，リソグラフィ加工による汚損付着それぞれの影響について検討したい。

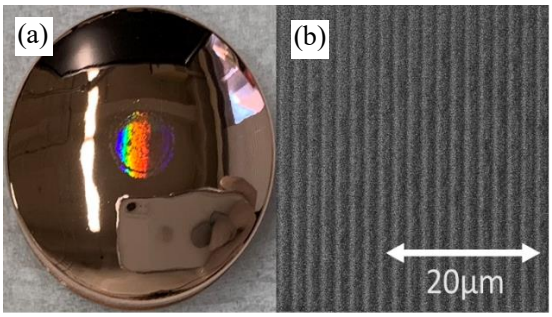

Fig.1 (a)Picture of sample electrode fabricated by lithographic process. (b)Differential interference contrast microscope image of (a).

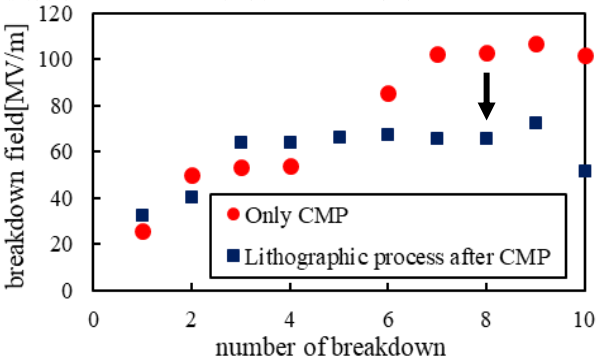

Fig.2 Comparison of breakdown field using anode with and without lithographic process.

謝辞：本研究の一部は、日立ハイテクアドバンスト SEM テクノロジ特別共同研究事業によって実施された。

参考文献：[1]K.Kato et al., IEEE Trans. On DEI, 14(3), (2007)