

テラヘルツ波ケミカル顕微鏡を用いた 電気化学イメージングシステムの開発

Development of electrochemical imaging system using a THz chemical microscope

岡山大学 ○藤原 健太郎, 川上 祐輝, 堺 健司, 紀和 利彦, 塚田 啓二

Okayama Univ. ○Kentaro Fujiwara, Yuki Kawakami, Kenji Sakai, Toshihiko Kiwa, Keiji Tsukada

E-mail: pqjo6c6h@s.okayama-u.ac.jp

1. 研究背景

電池の効率向上のためには、電極における局所的な電気化学反応を計測することが必要である。従来、電極の局所的な電気化学反応を計測するために、例えば、電極原子の価数評価を行う XAFS や、電極に金属ニードルを接触させて、接触電位を計測することで、電極表面の電気ポテンシャルを計測するケルビンプローブ顕微鏡などがあげられる。しかしながら、放射光施設が必要になるなど、大掛かりな計測になることや、金属ニードルを表面にアプローチさせるために、電極周辺の構造に制限があるという課題があった。これに対して、我々は局所的な電気ポテンシャルを計測することができるテラヘルツ波ケミカル顕微鏡(TCM)の開発を行ってきた。TCM では、サファイヤ基板上にシリコン薄膜/シリコン酸化膜を形成したセンシングプレートを用いる。これに基板側からフェムト秒レーザを照射すると、シリコン薄膜内部でテラヘルツ波が発生し、基板側から放射される。このとき放射するテラヘルツ波の振幅強度は、センシングプレート表面の電気ポテンシャルに依存する。

本研究では、電池非破壊検査装置開発の基礎研究として、電極間の電気化学反応による電気ポテンシャルの変化を、TCM を用いて分布計測することに成功したので、報告する。

2. 実験内容

Fig.1 に計測系の概念図を示す。センシングプレート上に作用極として銀電極を作製し、金線を用いて密閉セルに配線した。作製したセンシングプレートは、密閉セルの石英窓に固定した。電極の電気化学反応を計測するために、 $\text{Na}_2\text{SO}_4/\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 溶液を密閉セル中に満たし、対極である白金電極と作用極間に定電流を印加した。フェムト秒レーザは Fig.1 のように石英窓を通してセンシングプレートに照射し、発生するテラヘルツ波放射強度を計測した。

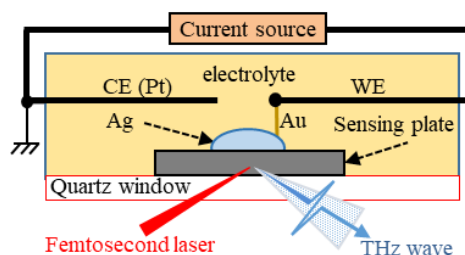


Fig.1 Sensing plate packed in a Sealed cell

3. 実験結果

電流を変化させたときのテラヘルツ波放射強度のイメージング結果を Fig.2 に示す。Fig.2(a)は $0\ \mu\text{A}$ 、Fig.2 (b)は $25\ \mu\text{A}$ 印加したときの結果で、Fig.2 (c)はその差分である。仕事関数の違いにより、銀とシリコン酸化膜でテラヘルツ波放射強度に違いが生じている。また Fig.2 (c)の結果から、電流を印加することで電気化学反応が進行したため、テラヘルツ波放射強度に変化が見られた。これは反応によって電極表面に電気二重層が形成され、仕事関数が変化するためである。

以上のことから、開発したシステムを用いて、電極の反応分布を計測できることが示唆された。

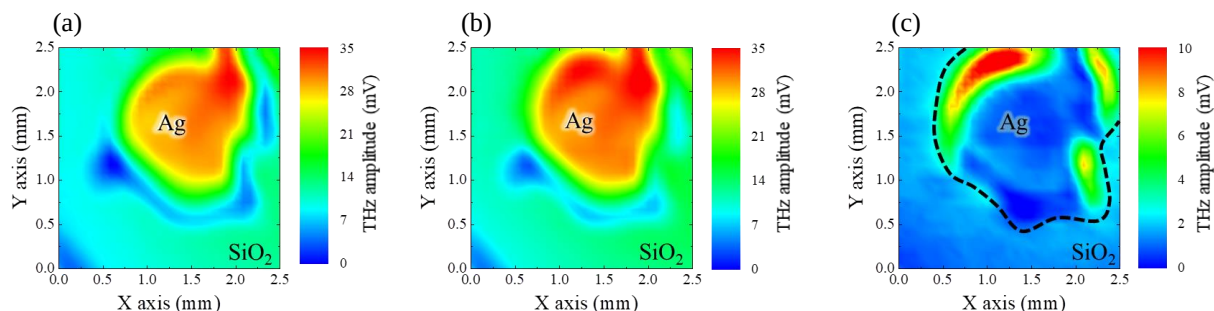


Fig.2 Distribution of THz amplitude radiated from sensing plate for the applied currents of (a) $0\ \mu\text{A}$ and (b) $25\ \mu\text{A}$. (c) is the differential image of the image 2(a) and 2(b).

4. 結論

TCM を用いた新しい電気化学反応計測手法の開発を行った。その結果、電極表面における電気化学反応に依存したテラヘルツ波放射強度分布を得ることに成功した。今後は、実際に動作する電池を用いて、電気化学イメージングを行っていく。

本研究の一部は、科研費(B)の助成によって行われた。