

課題番号 : F-12-WS-0034
 支援課題名 (日本語) : イオンゲルを用いた電気二重層トランジスタの高速動作
 Program Title (in English) : Electric double layer transistors of ion gel
 利用者名 (日本語) : 和田 義史
 Username (in English) : Yoshifumi Wada
 所属名 (日本語) : 早稲田大学 応用物理学科
 Affiliation (in English) : Department of Physics, Waseda University

概要 (Summary) :

電解質を用いた電気二重層キャパシタ(EDLC)は極めて大きな静電容量を有するため様々な応用が期待されるが、通常のキャパシタに比べイオンの移動速度が律速となり駆動速度が十分とは言えない。今後の高速化にはイオン挙動の詳細な理解が不可欠なため、本研究ではEDLCにおける静電容量の周波数特性解明を試みた。得られた結果は古典的な等価回路では説明できないが、イオン挙動に起因する電解質特有の効果を導入し解析を試みた。具体的には、電気化学反応に相当する電荷移動抵抗や、イオン濃度の不均一性によるイオン拡散効果を記述する Warburg 素子を導入し、定量的な理解を目指した。また、この解析を通して得られた知見を基に、高速動作EDLCを可能とする素子構造を探索した。

実験 (Experimental) :

本研究の遂行には、電極間ギャップを高精度に作製する必要がある。そこで、スパッタ装置 (SPC350) を用いてアルミナ膜を電極間スペーサーとして製膜し、電極間隔を制御したEDLCを作製した。その後、電気化学インピーダンス法により周波数スペクトルを測定した。(図1)

結果と考察 (Results and Discussion) :

古典的モデル(図2)を用いた解析結果を、図1に黒線

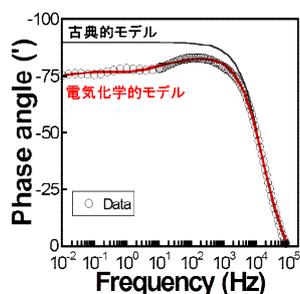


図1 周波数スペクトル

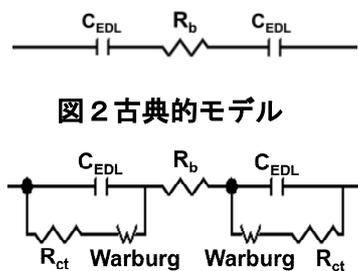


図2 古典的モデル

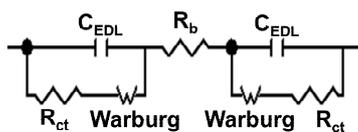


図3 電気化学的モデル

で示す。特に 10^4 Hz 以下の低周波数領域において実験結果との間に大きな開きが見られる。そこで、電解質特有の電気化学反応による電荷移動抵抗 (R_{ct}) とイオン拡散を記述する Warburg 素子を解析モデルに導入した(図3)。

その結果、図1赤線のように実験結果を非常に良く説明できた。このように、イオン挙動を考慮することにより、EDLCの周波数特性を幅広い周波数領域において定量的に理解できた。

一般的に、キャパシタ(C)・抵抗体(R)直列接合の遮断周波数は $1/(R \cdot C)$ に比例する。今回、定量的な解析を通して得られた知見を基に高速駆動EDLCを目指した素子構造改善を試みた。具体的には、対をなす電極の面積比を大きく変え、直列キャパシタの合成容量を大幅に減少させながら、抵抗成分の増大を抑える工夫を導入した。その結果、遮断周波数の向上に成功し、最大 85kHz の高速なEDLC動作を実現した(図4)。今後は、電

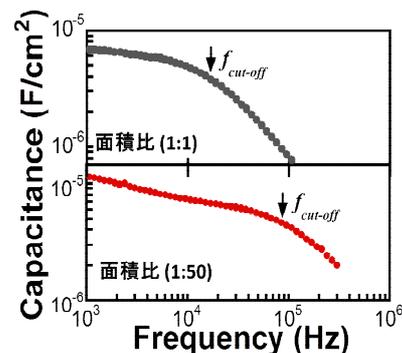


図4 遮断周波数

解質を用いて高速・超低消費電力エレクトロニクスの実現が期待される

その他・特記事項 (Others) :

・今後の課題

今後は電極の形状も含めた依存性を考慮することが課題となる。また、最終的にはトランジスタへこの構造を導入し、高速な電気二重層トランジスタを実現することが課題となる。

共同研究者等 (Coauthor) : なし

論文・学会発表 (Publication/Presentation) : なし

関連特許 (Patent) : なし