

技術開発レポート

リチウムイオンキャパシタの開発

1. はじめに

ハイブリッド電気自動車や燃料電池車など電気をエネルギー源とした自動車の実用化に伴って、電池やキャパシタの開発も加速している。電気二重層キャパシタは高出力で充放電サイクルに高い耐久性を持つことから自動車への利用が期待されているが、エネルギー密度が低いため、用途が限られてきた。

富士重工業は、従来のキャパシタの利点をそのままに、エネルギー密度を 20Wh/L 以上と飛躍的に向上させたリチウムイオンキャパシタを開発した。

2. リチウムイオンキャパシタのコンセプト

図 1 にセル構成と等価回路を示す。電解質にはリチウムイオンを用い、正極は電気二重層を蓄電機構とし、負極は炭素系材料にあらかじめリチウムイオンをドーピングして電位幅を広げ、容量を最大化する（この操作を“ブレドープ”，と呼ぶ）。セルの静電容量は正極の電気二重層の容量をフルに引き出すため、従来のキャパシタの 2 倍程度の容量を得る。負極電位は従来の負極より 1.5 V 前後低いので、2.3 V～2.7 V 程度であったセル電圧を 3.8 V～4.2 V 程度と、リチウムイオン二次電池と同等レベルにまで向上できる。セルのエネルギー E は容量 C と電圧 V によって、 $E = 1/2 CV^2$ で計算されるので、従来の 4 倍以上のエネルギー密度が期待できる。また、正極の上限電位を下げても耐久性を向上させた場合でも、3.6 V 程度のセル電圧を得ることが可能である。

製造方法も容易で、材料・製造プロセスは電気二重層キャパシタやリチウムイオン電池の既存の技術を転用できる。特に市販の電気二重層キャパシタと比較した場合、エネルギーあたりのコストは安くなることを期待できる。

3. セル基本特性

セル性能は電極材料やサイズ的设计そしてブレドープ量によって、さまざまな特性を得ることができる。次の表 1

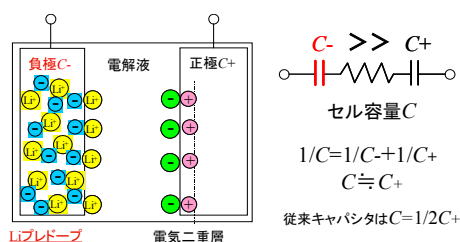


図 1 セル構成と等価回路

には、実際に作成した 3 種類の 2000F 級セルの特性を示す。正極には市販の活性炭を用い、セルの外装にはアルミラミネートを用いた。市販活性炭でエネルギー密度 16Wh/kg (B)、最大パワー密度 10kW/kg (C) を得た。

表 1 セル性能測定値

	A	B	C
Capacitance	2000 F	2700F	2000 F
Capacity	1040 mAh	1200mAh	900mAh
Max. voltage	3.8 V	3.8 V	3.8 V
Min. voltage	1.9 V	2.2 V	2.2 V
Size	116 x 80 x 16 mm	116 x 80 x 16 mm	116 x 80 x 17 mm
Volume	0.135 L	0.135 L	0.142 L
Weight.	226 g	220 g	237 g
Internal resistance			
DC	4.0 mΩ	2.0 mΩ	1.4 mΩ
ESR(1kHz)	1.5 mΩ	1.2 mΩ	0.9 mΩ
Leakage current (3.8V,30min)	20 mA	20 mA	20 mA
Energy density			
at 10A	13Wh/kg, 22Wh/L	16Wh/kg, 27Wh/L	12Wh/kg, 20Wh/L
at 100A	9 Wh/kg, 14Wh/L	12Wh/kg, 21Wh/L	10Wh/kg, 17Wh/L

4. 耐久性

セル A に 60°C の雰囲気 で 3.6V の電圧を印加した耐久試験を行った。容量と直流内部抵抗値 (DC-IR) の変化を図 2 に示す。4500 時間後の容量保持率は 92% であり、従来の電気二重層キャパシタなどに比べても変化が少ない。高い電圧で長期にもかかわらず劣化が少ないのは、劣化反応が起こりにくいことの現れであり、充電電圧は余裕を持った設計になっている。

5. あとがき

大容量で高信頼性のリチウムイオンキャパシタは、これまでキャパシタに期待されていた用途のみならず、二次電池の代替として利用できる可能性も見えてきた。

澁谷秀樹 (富士重工業 (株))
(平成 17 年 11 月 4 日受付)

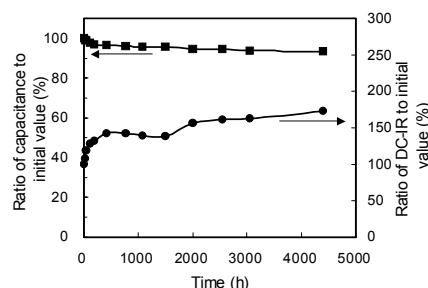


図 2 60°C, 3.6V 印加試験における容量と抵抗の変化