

文件号: CDART-2447SP	<h2>3.0V/3400F产品测试分析报告</h2>
日期: 2024/04/07 版号: 1.1 页数: 13	
等级: 普通	

产品名称	超级电容器	产品型号	CNP3400P300 K12/K14
产品容量	3400F	产品内阻 (DC)	≤ 0.2mΩ
充电限制电压	3.0V	放电截止电压	/
充电电流	131A (15°C) 230A (45°C)	放电电流	131A (15°C) 230A (45°C)
委托人	/	检验数量	1 件
样品接收日期	2024/04/7	检验日期	2024/04/07
样品来源	从最终生产合格的电容中随机抽取		

检测项目	标准值	测试结果	单项判定	备注
浪涌电压	额定电压 3.00V 浪涌电压 3.15V	额定电压 3.00V 浪涌电压 3.15V	合格	
静电容量	额定容量 F (公差 0%~+20%)	3428.11F~3494.79F	合格	
直流内阻	≤0.2mΩ	0.173mΩ~0.191mΩ	合格	
储存能量	≥4.25Wh	≥4.285Wh	合格	
能量密度	≥8.33Wh/kg	≥8.452Wh/kg	合格	
最大功率密度	≥22.05KW/kg	≥23.18KW/kg	合格	
电压保持率	≥80% (72h)	≥83%	合格	
短路电流	/	5.23KA	合格	模拟测试
最大持续工作电流	131A (15°C) 230A (45°C)	134A (15°C) 234A (45°C)	合格	
耐久性	65°C 1500h	容量: 80.4% ESR: 155.29%	合格	
高温性能	65°C	容量: 96.64%	合格	
低温性能	-40°C	容量: 100.45%	合格	

文件号: CDART-2447SP	<h2>3.0V/3400F产品测试分析报告</h2>
日期: 2024/04/07	
版号: 1.1 页数: 13 等级: 普通	

浪涌电压

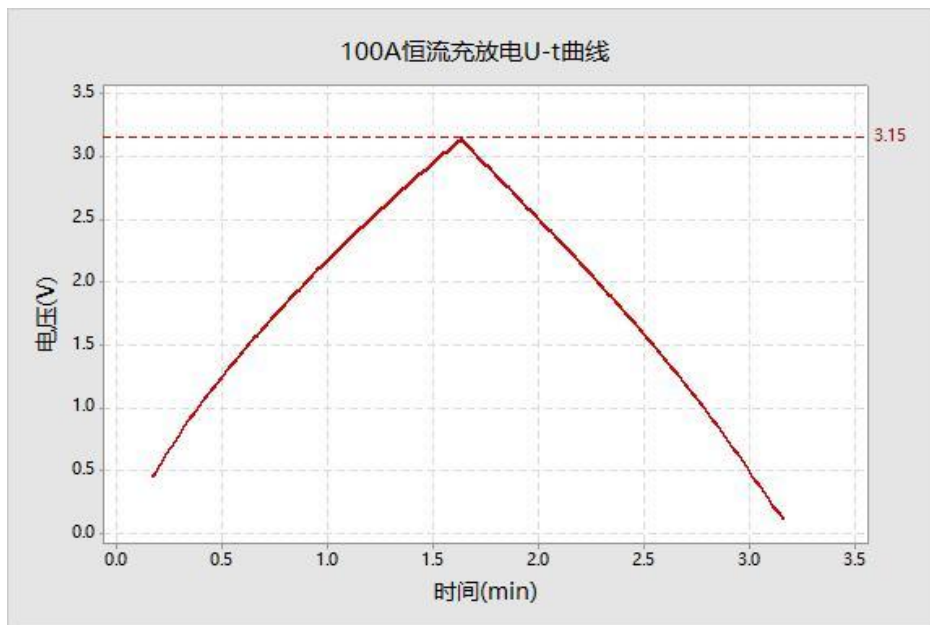
1. 检测要求

浪涌电压3.15V。环境: 25°C 40%RH

2. 检测方法

电容器单体以100A恒定电流充电到额定电压3.15V, 然后以100A恒定电流放电到0.1V, 产品无异常;

3. 检测结果



4. 检测结论

产品100A充放电曲线可以看出, 其浪涌电压3.15V充放电无异常, 符合《3.0V3400F超级电容器单体试验大纲》。

文件号: CDART-2447SP	<h2>3.0V/3400F产品测试分析报告</h2>
日期: 2024/04/07	
版号: 1.1 页数: 13 等级: 普通	

静电容量和内阻

1. 检测要求

静电容量: $\geq 3400\text{F}$ (0%~20%)。直流内阻 $\text{ESR}_{\text{DC}} \leq 0.2\text{m}\Omega$, 交流内阻 $\text{ESR}_{\text{AC}} \leq 0.12\text{m}\Omega$

环境: 25°C 40%RH

2. 检测方法

(1) 容量测试

室温下, 按照如下步骤测试电容器单体的静电容量。

- 电容器单体以恒定电流100A充电到额定电压3.0V, 静止5秒记录时间T1、电压V1;
- 10S后再次记录时间T2、电压V2;
- 以100A电流恒流放电至1.5V, 记录时间 T3、电压 V3;
- 重复a) ~ c) 五次;
- 按照 $C=100*(T3-T2)/(V3-V2)$ 计算每次电容器单体容量, 取第五次为其静电容量。

(2) 直流内阻 ESR_{DC} 测试

以额定电流100A恒流放电到截止电压1.5V, 静置5s, 测量电压V, $R = (V-V1) / 100$ 。

(3) 交流内阻 ESR_{AC} 测试

日置交流内阻测试仪@1000Hz直接测量。

3. 检测结果

编号	放电容量/F	$\text{ESR}_{\text{DC}}/\text{m}\Omega$	$\text{ESR}_{\text{AC}}/\text{m}\Omega$	编号	放电容量/F	$\text{ESR}_{\text{DC}}/\text{m}\Omega$	$\text{ESR}_{\text{AC}}/\text{m}\Omega$
1	3468.97	0.181	0.114	6	3443.43	0.183	0.106
2	3456.4	0.185	0.109	7	3454.13	0.178	0.112
3	3468.83	0.173	0.107	8	3439.94	0.189	0.101
4	3440.13	0.175	0.103	9	3428.11	0.178	0.112
5	3444.74	0.182	0.109	10	3494.79	0.191	0.118

4. 检测结论

静电容量: $\geq 3400\text{F}$ (0%~20%)。直流内阻 $\text{ESR}_{\text{DC}} \leq 0.2\text{m}\Omega$, 交流内阻 $\text{ESR}_{\text{AC}} \leq 0.12\text{m}\Omega$, 符合《3.0V3400F 超级电容器单体试验大纲》。

文件号: CDART-2447SP	<h2>3.0V/3400F产品测试分析报告</h2>
日期: 2024/04/07	
版号: 1.1 页数: 13 等级: 普通	

储存能量与能量密度

1. 检测要求

储存能量 $\geq 4.25\text{Wh}$, 能量密度 $\geq 8.33\text{Wh/kg}$ 。

环境: 25°C 40%RH

2. 检测方法

室温下, 按照如下步骤测试电容器单体的储存能量和比能量:

- 电容器单体以100A恒定电流充电到额定电压3V;
- 恒压30min;
- 电容器单体静置5s后, 以100A恒定电流放电到0.1V,
- 重复步骤a)~c) 3次, 实时记录电压U和时间t;
- 分别按式 $W = \int I \cdot U dt / 3600$ 和 $E_{dm} = W/M$ 计算电容器单体的储存能量和比能量, 取其3次平均值。

3. 检测结果

编号	W (Wh)	M (kg)	E_{dm} (Wh/kg)
1	4.304	0.507	8.489
2	4.318	0.507	8.517
3	4.300	0.507	8.481
4	4.285	0.507	8.452
5	4.368	0.508	8.598
6	4.336	0.508	8.535
7	4.321	0.508	8.506
8	4.336	0.507	8.552
9	4.300	0.507	8.481
10	4.306	0.508	8.476

4. 检测结论

共测试样品10只, 储存能量最小4.285Wh, 能量密度最小8.452Wh/kg, 均满足《3.0V3400F超级电容器单体试验大纲》要求。

文件号: CDART-2447SP	3.0V/3400F产品测试分析报告
日期: 2024/04/07	
版本号: 1.1 页数: 13 等级: 普通	

最大功率密度

1. 检测要求

最大功率密度 ≥ 22.05 kW/kg。环境: 25°C 40%RH

2. 检测方法

a. 根据公式 $P_{dm} = \frac{0.25U_R^2}{RM}$ 计算最大功率密度

3. 检测结果

编号	M (kg)	ESR _{DC} /mΩ	最大功率密度/kW/kg
1	0.507	0.181	24.519
2	0.507	0.185	23.988
3	0.507	0.173	25.652
4	0.507	0.175	25.359
5	0.508	0.182	24.336
6	0.508	0.183	24.203
7	0.508	0.178	24.883
8	0.507	0.189	23.481
9	0.507	0.178	24.932
10	0.508	0.191	23.189

4. 检测结论

经过计算, 最大功率密度大于23.18kW/kg, 均满足《3.0V3400F超级电容器单体试验大纲》要求。

文件号: CDART-2447SP	<h2>3.0V/3400F产品测试分析报告</h2>
日期: 2024/04/07	
版号: 1.1 页数: 13 等级: 普通	

电压保持能力

1. 检测要求

72h电压保持率应大于额定电压的80%。环境: 25°C 40%RH

2. 检测方法

(1) 测试程序

工步名称 (控制模式)	跳转条件	记录条件
搁置	工步时间>10秒 下一步	时间>1 秒
恒流 10A	电压>3.0V 下一步	时间>1 秒
搁置	工步时间>10秒 下一步	时间>1 秒
恒压限流 10A 3.0V	工步时间>360min 下一步	时间>1 秒
搁置	工步时间>72小时 结束	时间>1 秒

(2) 步骤(1)在执行过程中, 每24h记录一次电压, 直至72小时, 计算出电压衰减率, 即为自放电。

$$\text{电荷保持率} = \frac{\text{截止电压}}{3.0} * 100\%$$

3. 检测结果

编号	U _R /V	12h/V	24h/V	72h/V	保持率/%
1	3.0	2.85	2.72	2.49	83.00%
2	3.0	2.85	2.72	2.48	82.67%
3	3.0	2.85	2.72	2.49	83.00%

4. 检测结论

共测试样品三只, 电压保持率最小为83.73%, 符合《3.0V3400F超级电容器单体试验大纲》。

文件号: CDART-2447SP	<h2>3.0V/3400F产品测试分析报告</h2>
日期: 2024/04/07	
版号: 1.1 页数: 13 等级: 普通	

最大电流与最大持续电流

1. 检测要求

最大电流≥5KA, 最大持续电流: 131A (温升15°C) /230A (温升45°C)。环境: 25°C 40%RH

2. 检测方法

(1) 超级电容器用0.5秒从额定电压放电至额定电压的一半的放电电流。根据公式计算

$$I_{MAX}=0.5C*U_R(\Delta T+ESR*C)$$

(2) $I_{MCC}=\sqrt{\Delta T/ESR * R_{Th}}$ 即超级电容器在静止的空气中依靠外壳自然对流散热与焦耳热平衡时的工作电流。

3. 检测结果

(1) $I_{MAX}=0.5*3400*3/(1+0.2*10^{-3}*3400) = 3.03 \text{ KA}$

(2) 温升15°C最大持续电流: $I_{MCC}=\sqrt{15/0.2 * R_{7h}^{15°C}} = 134A;$

(3) 温升45°C最大持续电流: $I_{MCC}=\sqrt{45/0.2 * R_{7h}^{45°C}} = 234A;$

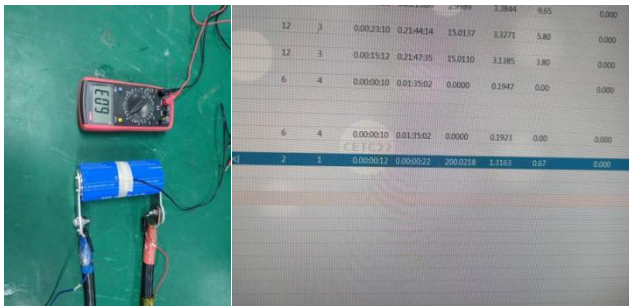
4. 检测结论

经过计算, 最大电流为3.03KA, 最大持续电流: 134A (温升15°C) /234A (温升45°C), 满足《3.0V3400F超级电容器单体试验大纲》要求。

文件号: CDART-2447SP	<h2>3.0V/3400F产品测试分析报告</h2>
日期: 2024/04/07	
版号: 1.1 页数: 13 等级: 普通	

结论附件:

- a. 电容器单体以200A恒定电流充电到额定电压3.0V;
- b. 电容器单体以200A恒定电流放电到1.5V;
- c. 重复a) ~ b) 6h; 测量10K热敏电阻阻值, 20min记录一次数据, 换算电容器温升。



实测图片:

时间	阻值	对应温度/°C	时间	阻值	对应温度/°C
0	9.5	26	200min	5.30	40
20min	6.4	34	220min	5.24	40
40min	6.0	37	240min	5.30	40
60min	5.86	38	260min	5.31	40
80min	5.62	39	280min	5.31	40
100min	5.56	39	300min	5.27	40
120min	5.47	39	320min	5.22	40
140min	5.35	40	340min	5.31	40
160min	5.36	40	360min	5.30	40
180min	5.37	40	380min		

文件号: CDART-2447SP	<h2>3.0V/3400F产品测试分析报告</h2>
日期: 2024/04/07	
版号: 1.1 页数: 13 等级: 普通	

短路电流

1. 检测要求

≥15KA。环境: 25°C 40%RH

2. 检测方法

根据公式计算 $I_s = U_R / ESR$

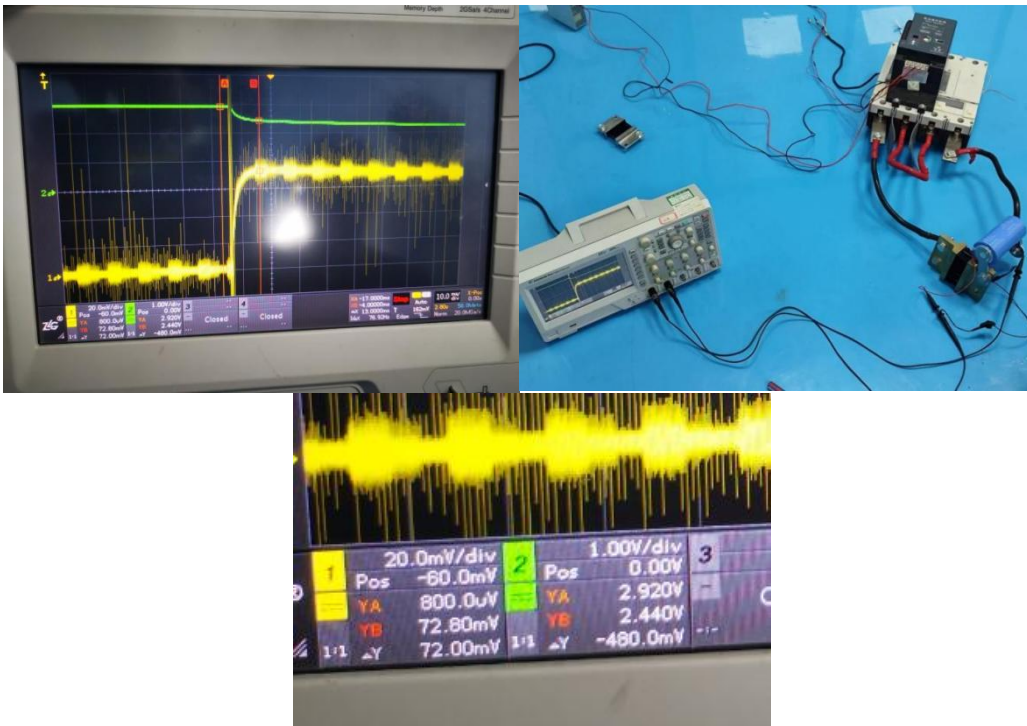
3. 检测结果

$I_s = 3 / 0.19 * 10^{-3} = 15.7 \text{ KA}$

4. 检测结论

经过计算, 短路电流为18.75KA, 满足《3.0V3400F超级电容器单体试验大纲》要求。

实测: 大于5000A。



文件号: CDART-2447SP	<h1>3.0V/3400F产品测试分析报告</h1>
日期: 2024/04/07	
版号: 1.1 页数: 13 等级: 普通	

高温耐久性

1. 检测要求

环境温度65°C, 电压3.0V, 时间1000h。

2. 检测方法

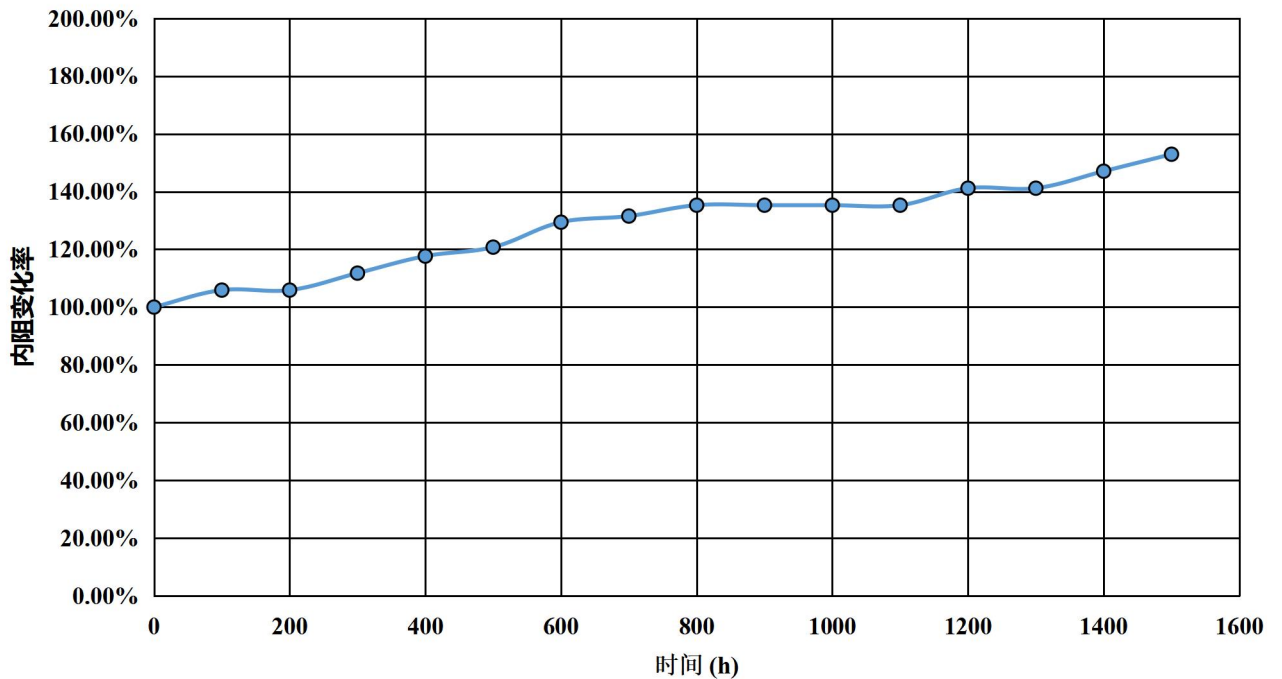
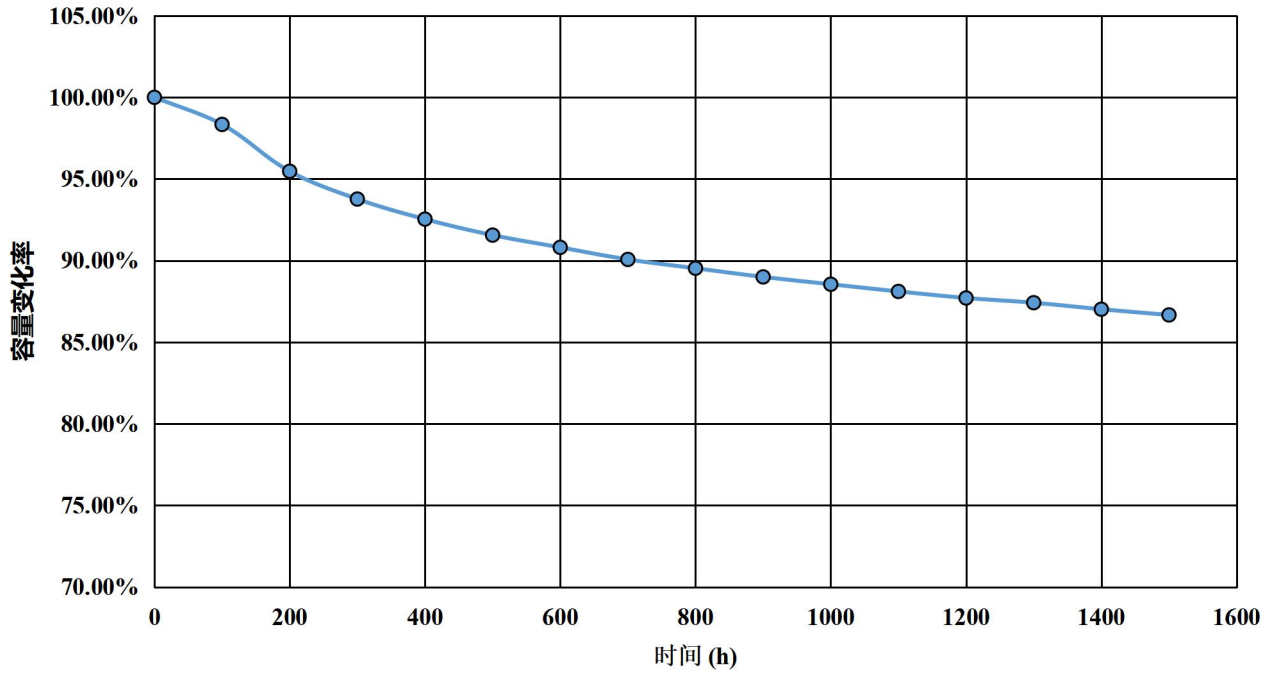
按照容量内阻测试方法100h测试并记录一次。

3. 检测结果

时间/h	放电电容/F	rd/m0hm	容量保持率	内阻变化率	时间/h	放电电容/F	rd/m0hm	容量保持率	内阻变化率
0	3445.162	0.1955	100.00%	100.00%	700	2830.94	0.3013	82.17%	154.12%
	3447.936	0.2001	100.08%	102.35%		2822.326	0.3174	81.92%	162.35%
	3443.118	0.2093	99.94%	107.06%		2873.28	0.3174	83.40%	162.35%
	3202.948	0.253	92.97%	129.41%		2810.646	0.322	81.58%	164.71%
100	3096.66	0.2691	89.88%	137.65%	800	2802.032	0.3174	81.33%	162.35%
	3085.126	0.2668	89.55%	136.47%		2852.402	0.322	82.79%	164.71%
	3081.184	0.2714	89.44%	138.82%		2792.396	0.3266	81.05%	167.06%
200	2995.336	0.2806	86.94%	143.53%	900	2784.512	0.3312	80.82%	169.41%
	2984.97	0.2829	86.64%	144.71%		2837.072	0.3289	82.35%	168.24%
	3019.718	0.2875	87.65%	147.06%		2776.628	0.3335	80.59%	170.59%
300	2943.36	0.2898	85.43%	148.24%	1000	2768.452	0.3312	80.36%	169.41%
	2933.286	0.2944	85.14%	150.59%		2820.72	0.3358	81.87%	171.76%
	2947.156	0.2944	85.54%	150.59%		2762.174	0.3289	80.18%	168.24%
400	2901.02	0.3013	84.21%	154.12%	1100	2753.852	0.3312	79.93%	169.41%
	2897.078	0.3082	84.09%	157.65%		2806.558	0.3312	81.46%	169.41%
	2951.098	0.3174	85.66%	162.35%		2748.742	0.3243	79.79%	165.88%
500	2882.916	0.3128	83.68%	160.00%	1200	2740.566	0.3358	79.55%	171.76%
	2872.988	0.322	83.39%	164.71%		2793.564	0.3312	81.09%	169.41%
	2920.438	0.2898	84.77%	148.24%		2736.332	0.3473	79.43%	177.65%
600	2854.446	0.3013	82.85%	154.12%	1300	2728.594	0.3243	79.20%	165.88%
	2845.54	0.3036	82.60%	155.29%		2781.154	0.3266	80.73%	167.06%
	2894.888	0.3036	84.03%	155.29%		2724.36	0.3427	79.08%	175.29%
					1400	2716.476	0.322	78.85%	164.71%
					1500	2700.058	0.3036	80.40%	155.29%

文件号: CDART-2447SP	<h2>3.0V/3400F产品测试分析报告</h2>
日期: 2024/04/07	
版号: 1.1 页数: 13 等级: 普通	

4. 检测结论



文件号: CDART-2447SP	3.0V/3400F产品测试分析报告
日期: 2024/04/07	
版本号: 1.1 页数: 13 等级: 普通	

高温性能

1. 检测要求

单体按照下述检测方法试验时, 其性能满足以下要求:

静电容量大于初始值的80%, 存储能量大于初始值80%。

2. 检测方法

- a) 将温度箱温度设定为65°C;
- b) 将电容器置于此温度下的温度箱中6h;
- c) 按照静电容量和存储能量方法对电容器进行检测

3. 检测结果

序号	测试项目	单体标号	测试前	测试后	容量/%
			容量/F	容量/F	
1	高温	XJG-5	3418.83	3304.25	96.64%
2	高温	XJG-6	3430.13	3332.37	97.14%

文件号: CDART-2447SP	3.0V/3400F产品测试分析报告
日期: 2024/04/07	
版本号: 1.1 页数: 13 等级: 普通	

低温性能

1. 检测要求

单体按照下述检测方法试验时, 其性能满足以下要求:

静电容量大于初始值的60%, 存储能量大于初始值50%。

2. 检测方法

- a) 将温度箱温度设定为-40°C;
- b) 将电容器置于此温度下的温度箱中16h;
- c) 按照静电容量和存储能量方法对电容器进行检测

3. 检测结果

序号	测试项目	单体标号	测试前	测试后	容量/%
			容量/F	容量/F	
1	低温	XJG-5	3422.05	3448.37	100.76%
2	低温	XJG-6	3450.78	3466.63	100.45%