



## 高密度储能脉冲电容器的研制

远存德 韩爱妹 徐振华 黄东海 林贤平 陈豪梁

(中国科学院上海光机所, 201800)

### Development of high density energy-storage pulsed capacitor

*Yuan Chunde, Han Aimei, Xu Zhenhua, Huang Donghai, Lin Xianping, Chen Haoliang*

(Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, Academia Sinica Shanghai)

**Abstract:** A high density energy-storage pulsed capacitor was developed for the needs of operating characteristics of the pulse capacitor used in the power supply system of "Sheng Guang" laser facility, whose energy-storage density is up to  $0.218 \text{ J/cm}^3$  and lifetime may arrive 40000 times at least.

**Key words:** energy-storage density, operating life

我国第一台高功率激光装置能源系统中使用的脉冲电容器于1982年研制成功,并通过鉴定,其储能密度为  $0.145 \text{ J/cm}^3$ ,在纯纸介质的脉冲电容器同类产品中居领先地位。随着高功率激光装置的不断发展,它的功率等级在不断扩大和升级。因此对能源系统的要求不断提高,要求能源占地少,储能大,所以必须使电容器储能密度进一步提高。

从脉冲电容器储能密度公式

$$W/V = \frac{1}{2} \epsilon_0 \epsilon_r E^2 \quad (\text{J/cm}^3)$$

可以清楚地看出:电容器介质的工作场强  $E$  是提高脉冲电容器储能密度的关键参数,其次是介质的相对介电常数  $\epsilon_r$ 。从一般脉冲电容器的工作特性及12号装置能源系统运行条件出发,采用纸膜组合介质并浸以适当的绝缘油浸渍剂以提高工作场强。经过试验性小样品电容器七万多次的充放电实验证明:该类型的介质的工作场强取值确实可以比常规取值有显著的提高。

在小样品电容器结构设计及实验的基础上,设计并制造了实用性脉冲电容器,对它们进行了40000多次充电电压为25kV的振荡放电实验(反峰电压为16%),充放电频率为2次/min,实验过程中,电容器没出现鼓肚、漏油、局部放电现象。此外,我们还测量了电容器在每充放电5000次后的电容量及介质损耗  $\text{tg}\delta$ ,数据见下表:

Item	Times									
	0	$5 \times 10^3$	$10^4$	$1.5 \times 10^4$	$2.0 \times 10^4$	$2.5 \times 10^4$	$3 \times 10^4$	$3.5 \times 10^4$	$4 \times 10^4$	
	Data									
1#	$C$ ( $\mu\text{F}$ )	8.947	8.957	8.953	8.957	8.962	8.972	8.966	8.961	8.970
	$\text{tg } \delta$ (%)	0.3041	0.3749	0.4131	0.3887	0.3631	0.3165	0.3768	0.3700	0.3691
2#	$C$ ( $\mu\text{F}$ )	9.100	9.123	9.117	9.122	9.131	9.148	9.137	9.131	9.147
	$\text{tg } \delta$ (%)	0.3087	0.3667	0.4200	0.4024	0.3687	0.3387	0.3900	0.3800	0.3862
3#	$C$ ( $\mu\text{F}$ )	9.090	9.109	9.101	9.111	9.118	9.135	9.126	9.118	9.134
	$\text{tg } \delta$ (%)	0.2927	0.3599	0.4001	0.3864	0.3462	0.3144	0.3700	0.3609	0.3666
4#	$C$ ( $\mu\text{F}$ )	9.072	9.088	9.085	9.082	9.090	9.097	9.090	9.088	9.094
	$\text{tg } \delta$ (%)	0.3187	0.3986	0.4364	0.4171	0.3869	0.3395	0.4024	0.4000	0.3929
Climate		fine	fine	foggy	fine	cloudy	drizzling	fine	fine	cloudy

从上表可以看出:考虑到测量误差及残余电荷、湿度、温度等影响,电容器的电容量及介质损耗应是很稳定的了。

为了进一步考验电容器介质的绝缘强度,了解电容器在超额定电压下工作的裕度,在40000次寿命实验后,连续作了3次耐压实验,实验电压为额定电压的1.1倍即27.5kV,耐压时间为1min,均安全通过。耐压实验后对电容器的电容量和介质损耗进行了测量,其数值均很稳定,实测数据见下表:

Item	1#		2#		3#		4#		Climate	
	$C$ ( $\mu\text{F}$ )	$\text{tg } \delta$ (%)	$C$ ( $\mu\text{F}$ )	$\text{tg } \delta$ (%)	$C$ ( $\mu\text{F}$ )	$\text{tg } \delta$ (%)	$C$ ( $\mu\text{F}$ )	$\text{tg } \delta$ (%)		
	Data									
Case	Before voltage endurance	8.960	0.3741	9.132	0.3900	9.118	0.3677	9.086	0.3998	drizzling
	After voltage endurance	8.970	0.3691	9.147	0.3862	9.134	0.3666	9.094	0.3929	drizzling

从以上各种实验结果可知,该脉冲电容器的电容量及介质损耗均达到设计要求,其寿命最少也可达40000次,在能源系统中大约可用10年,其额定容量为 $9.6 \mu\text{F}$ ,储能密度达到 $0.218 \text{J}/\text{cm}^3$ ,为现12号激光装置所用电容器的1.5倍,使能库占地面积、高压连接电缆等均减少三分之一,总的经济效益是相当可观的。

此外,该种脉冲电容器也可作为一般脉冲电容器使用。

(收稿日期:1991年2月12日)