

ZnO 压敏电阻的压敏电压

孙丹峰¹, 季幼章^{1,2}

¹ 苏州市电通电力电子有限公司 苏州 215000

² 中国科学院等离子体物理研究所 合肥 230031

摘要: ZnO 压敏电阻 $I-U$ 特性曲线上的非线性起始电压, 是决定压敏电阻额定电压的非线性电压, 称为压敏电压, 文章作了综述。

关键词: ZnO 压敏电阻, 压敏电压

1 引言

ZnO 压敏电阻的标志是用 $I-U$ 特性曲线拐点、从线性模式向非线性模式过渡的电压来表征的。文章综述了压敏电压的定义, 它受晶粒尺寸和压敏电阻片厚度控制, 随着烧结时间和时间的增加而下降。

2 压敏电压的表征

ZnO 压敏电阻的标志是用从线性模式向非线性模式过渡的电压来表征的。正好在 $I-U$ 曲线拐点上的非线性起始电压, 是决定压敏电阻额定电压的非线性电压, 通称为压敏电压。

因为 $I-U$ 曲线的过渡缺少锐度, 在大多数压敏电阻上很难测定这个电压的精确位置。但可用下式来定义压敏电压

$$I = \left(\frac{U}{C}\right)^\alpha \quad (1)$$

由上式, 设电流 $I=1A$, 则有

$$\left(\frac{U}{C}\right)^\alpha = 1 \quad (2)$$

$$\alpha = 0$$

$$U=C$$

由此可见, C 值与作用电压 U 有一定的对应关系, 当流过压敏电阻的电流为 $1A$ 时, 即 $I=1A$, $C=U_{1A}$, 为压敏电阻两端的电压。

在实用上, 由于 $I=(0.1\sim 1)mA$ 时, 压敏电阻开始呈现显著的非线性。因此往往不用 C 值而直接用 $U_{0.1mA}$ 或 U_{1mA}

等来表示压敏电阻的性能, 称为压敏电压值。

依据这一定义:

$$C = \frac{U}{I^{1/\alpha}} \text{ (V)} \quad (\text{在 } 1mA \text{ 时}) \quad (4)$$

文献中常把压敏电阻的电压称为 $1mA$ 电压 (U_{1mA}), 另外也用 $10mA$ 时的电压 (U_{10mA}) 作参考电压。

这些定义也考虑到压敏电阻几何尺寸的影响。我们规定这一归一化电压 $E_{0.5}(V/cm)$, 如图 1 所示是在电流密度 $0.5mA/cm^2$ 下测定的。实践表明对大多数压敏电阻 $E_{0.5}$ 值是接近非线性起始值的。

3 晶粒尺寸和压敏电阻厚度是 $E_{0.5}$ 的控制参数

依据压敏电阻的微观结构, 晶粒尺寸和压敏电阻厚度是 $E_{0.5}$ 值的控制参数, $E_{0.5}$ 、 U_{gb} 、 N_0 和 T 的关系, 设定 U_{gb} 是常数, 对实现压敏电阻所需电压来说, 晶粒是构成

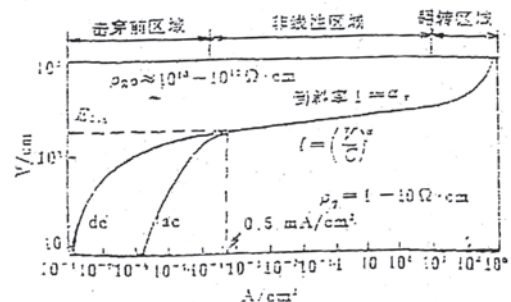


图 1 在宽电流密度和电场范围上的典型 $I-U$ 曲线: 击穿前、非线性和翻转。在击穿前区域的直流和交流性质用在 $0.5mA/cm^2$ 处测得的特征非线性电压 $E_{0.5}$ 描绘

单位。表明压敏电压是压敏电阻的整体性质。要增加电压，只需增加压敏电阻的尺寸（对于给定晶粒大小），或者减小晶粒的尺寸（对于给定的压敏电阻尺寸）。由于晶粒尺寸是受烧结参数控制的，压敏电阻尺寸是几何尺寸，对于一个给定用途的希望电压值就能通过压敏电阻工艺充分地控制。

4 烧结温度和时间对 $I-U$ 曲线和 $E_{0.5}$ 的影响。

图2和图3给出了烧结温度和时间在一般情况下对 $I-U$ 曲线和在特殊情况下对 $E_{0.5}$ 的影响。

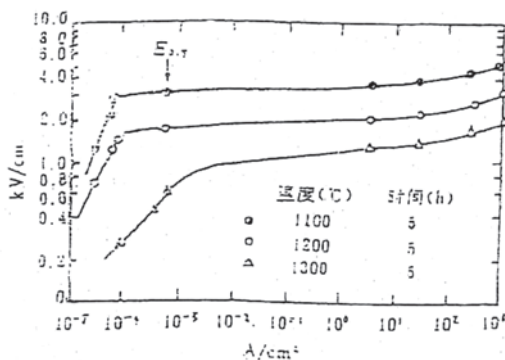


图2 当改变烧结温度时在给定烧结时间下 ZnO 变阻器的 $I-U$ 特性

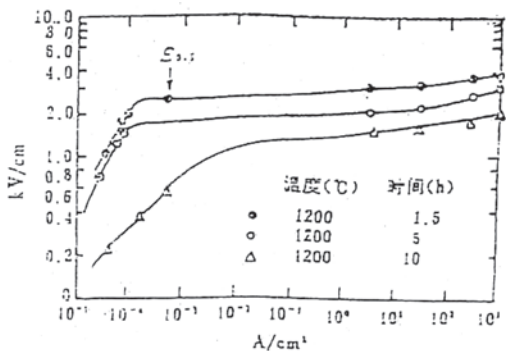


图3 当改变烧结时间时，在给定烧结温度下 ZnO 变阻器的 $I-U$ 特性

$E_{0.5}$ 值随着烧结温度和时间增加而下降。 $I-U$ 曲线也向下拉。说明是由于烧结温度和时间增加的结果造成晶粒尺寸长大（晶粒边界较少）。把图2和图3中给出的 $E_{0.5}$ 参数与相应的晶粒尺寸结合在一起时，从势垒电势 (U_{gb}) 与微观结构联系，得出

$$U = U_{gb} N_g t \quad (5)$$

$$E_{0.5} = U/t \quad (6)$$

式中 U —压敏电阻电压；

U_{gb} —势垒电势；

N_g —每厘米的晶粒数；

t —每厘米的边界厚度。

从式(5)和(6)就能得到势垒电势的估计值。可以从文献数据中选择 U_{gb} 数据，给出的是(2~4)V 范围的值。

通过直接测量势垒电势得到单晶的数据。多晶数据代表了给定样品各个晶粒边界所有 U_{gb} 值的平均值。个别的 U_{gb} 值在不同晶粒间是变化的，这正如在多晶陶瓷中发生的那样。

5 结束语

(1) ZnO 压敏电阻 $I-U$ 特性曲线上的非线性起始电压是决定压敏电阻额定电压的非线性电压，称为压敏电压。

(2) 电流密度 0.5 mA/cm^2 下测定的压敏电压 $E_{0.5}$ ，可通过改变晶粒尺寸和压敏电阻厚度来控制。

(3) 压敏电压 $E_{0.5}$ 随烧结温度和时间增加而下降。

参考文献

- [1] T. K. Gupta. J. Amer. Ceram. Soc. 1990, 73(7), 1817~1840
- [2] 陈志清. 谢恒堃. 氧化锌压敏瓷及其在电力系统中的应用. 北京: 水利电力出版社, 1992年4月
- [3] 李标荣, 莫以豪, 王筱珍. 无机介电材料. 上海: 上海科学技术出版社, 1986年5月
- [4] 莫以豪, 李标荣, 周国良, 半导体陶瓷及其敏感元件. 上海: 上海科学技术出版社, 1983年10月