

PC-EL 型 X 射线固体图象增强屏

北京固体图象增强屏协作组¹⁾

1980年5月12日收到

一、概 述

目前,一些国家的科技人员正在积极研制采用光电导材料(以下简记为 PC)和电致发光材料(以下简记为 EL)制备 PC-EL 型 X 射线固体图象增强屏.在表 1 中,列举了固体图象增强屏与其它的 X 射线显象装置如普通萤光屏、

表 1 各种 X 射线显象装置的性能

性能	普通萤光屏	增强管电视系统	固体增强屏	胶 片
分辨率	低	低	高	高
绝对灵敏度	低	高	中等	中等
亮度	低	高	中等	高
对比度	低	低	高	高
系统尺寸	小	大	小	中等
系统复杂性	简单	复杂	简单	中等
响应时间	快	快	中等	快
系统价钱	低	高	中等	中等

表 2*

性能	测试数据		
	北京协作组	美 国	日 本
尺寸(毫米)	160×180	200×250	200×270
分辨率(线对/毫米)	3.4	3.5	2.5
最大输出亮度(坎-朗伯)	10	10	15
最大增益	20	100	
最大对比度	4	6	1.5
衰减时间常数(秒)	1-3	0.1	1-3
上升时间常数(秒)	1-3	1.0	4-7

* 本表所列的美国数据选自 Proc. SPIE, 29 (1972), 31; 日本数据选自テレビジョン, 通卷 340, 30-12(1976), 976.

增强管电视系统以及胶片的特点. 固体增强屏除了响应速度慢不能用于快速移动的对象之外,其余的性能都是可取的. 它的分辨率可以比普通萤光屏及增强管电视显示器高出 2-3 倍,对比度 γ 值高出 2-4 倍,亮度比普通萤光屏大 10-50 倍. 此外,它重量轻,容易操作,价钱便宜.

北京师范学院半导体器件厂在冶金工业部有色金属研究院和北京环境保护仪器厂等单位研究的基础上继续对固体增强屏进行了研制. 我们研制的固体图象增强屏与美国及日本同类器件进行比较,结果如表 2 所示.

二、固体增强屏作用原理

当 X 射线照射到 PC 材料上时,在 PC 材料内产生了电子-空穴对. 光电子与空穴复合或者是被陷阱俘获的几率各不相同. 只有寿命比较长的光电子才对导电率 σ 有贡献. σ 与照射到 PC 材料上的 X 射线强度 L 的关系可以近似地表达为

$$\sigma = \sigma_0 + CL^n, \quad (1)$$

式中 σ_0 是一个常数, C 与每秒在每立方厘米的 PC 物质中所产生的电子-空穴对的数目以及自由电子的迁移率、寿命等有关.

固体图象增强屏的 PC 层是薄的平板状的结构,设其厚度为 t ,当 X 射线照射到 PC 层上时,在厚度方向上每单位面积的光电导为 G ,则由(1)式可得

$$G = \frac{1}{t} (\sigma_0 + CL^n). \quad (2)$$

1) 北京师范学院半导体器件厂杨近良执笔.

设 $\sigma_0/t = G_0$ 和 $C/t = \alpha$, 则可得

$$G = G_0 + \alpha L^n \quad (3)$$

X 射线固体图象增强屏的基本结构如图 1 所示。在两个平板电极之间夹 PC 层和 EL 层。PC 层在 X 射线的照射下电导率会发生变化, 而 EL 层在一定的交变电场的作用下可以发光。如果在平板电极之间加交变电场, 则电压将以 PC 层及 EL 层的阻抗值进行分配。如果消除了可见光的影响, 在没有 X 射线照射的情况下, PC 层的阻抗值很大, 电压几乎全部加在 PC 层上。由于 EL 层的电压很小, 所以不能发光或者只能发出一点微弱的光。一旦 X 射线照射到 PC 层上, 其阻抗值减小, EL 层所分配到的电压升高, 于是发光。图 2 表示该器件的电学等效电路。在这个等效电路中, 设激励电压为 V , EL 层的电压 V_2 可以表示为

$$V_2 = V \sqrt{\frac{\left(\frac{1}{\omega R c_1}\right)^2 + 1}{\left(\frac{1}{\omega R c_1}\right)^2 + (1+p)^2}} \quad (4)$$

式中 ω 为激励电压的角频率; $p = \frac{c_2}{c_1}$ 。

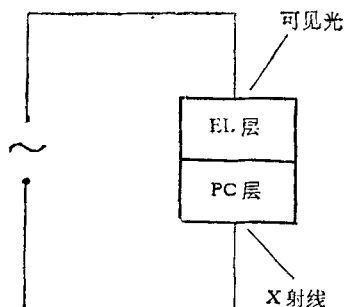


图 1 X 射线固体图象增强屏的基本结构

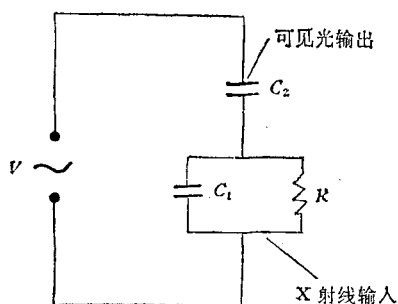


图 2 X 射线固体图象增强屏的等效电路

在给定的电压范围内, EL 层的发光亮度可以表示为

$$B = bf^{\alpha} \exp\left(-\frac{A}{V_2}\right) \quad (5)$$

式中 b, α, A 是常数, f 是激励电压的频率。

三、固体图象增强屏的结构及制备

固体图象增强屏结构的断面图如图 3 所示。在玻璃基板上烧制成一层 SnO_2 电极, 制成导电玻璃, 在上面淀积一层被 Cu, Cl 激活的 CdSe, CdS 粉末, 厚度为 120 微米左右, 放入电炉中烧结, 即制成 PC 层。把黑漆溶液喷涂到 PC 层上作遮光层; 把白漆溶液喷涂到遮光层上作反光层, 这两层的厚度都在 10 微米以内。把 ZnS (Cu, Cl) 电致发光粉溶液喷涂到反光层上制成 EL 层。在 EL 层上蒸镀一层金电极, 从 SnO_2 电极和金电极上引出导线, 以便与激励电源联结, 在金电极上涂敷 618# 环氧树脂, 粘一块盖板玻璃起防潮保护作用。

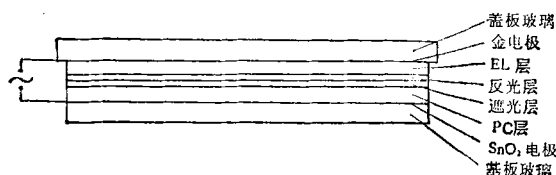


图 3 X 射线固体图象增强屏结构的断面图

四、固体图象增强屏的一些特性

固体图象增强屏的发光亮度、灵敏度、对比度、分辨率、时间常数等特性取决于 PC 材料和 EL 材料的特性、器件的结构及制备工艺等因素。我们研制的增强屏有下列主要特性:

1. X 射线可见光转换特性

X 射线固体图象增强屏的发光亮度与输入 X 射线剂量率的关系如图 4 所示。在较低剂量的范围内, 发光亮度随着 X 射线剂量率的增加而明显地增加, 在 1—3 伦/分的剂量率范围内, 固体增强屏发光亮度要比普通萤光屏高 20 倍。

2. 对比度 γ

根据定义, $\gamma = \Delta \lg B / \Delta \lg L$, 它就是以

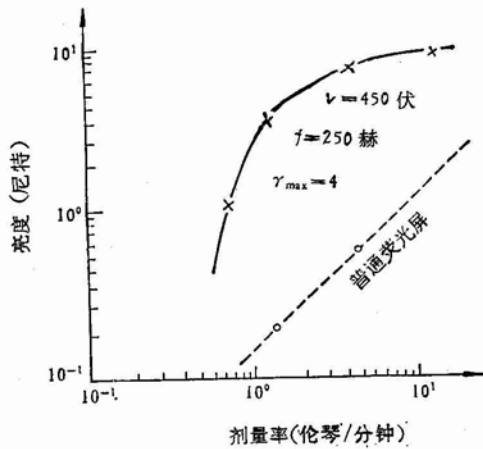


图4 输入的X射线剂量率与输出亮度的关系

对数坐标表示的转换特性曲线的斜率。我们所研制的增强屏的 γ_{\max} 值约为4。 γ 值高利于探伤检测。

3. 分辨率

我们所研制的增强屏的分辨率为3.4线对/毫米,比普通荧光屏约高出2倍。

4. 响应时间

我们所研制的增强屏的上升时间和衰减时间都约为2秒。

(上接第160页)

式中 E_0 在10—50kV范围内。此式计算的相对误差都在7%以下,标准误差为0.039。(9)式给出的结果将会与试验实测值更为接近,使用也简便。

本工作受到陈金昌工程师的指导,在此表示感谢。

参 考 文 献

[1] L. Curgenven and P. Duncumb, Report 308, Tube

五、应 用

我们所研制的X射线固体图象增强屏目前只能用于静态物体的检测。曾用于高压输电钢芯铝绞线爆炸压接直观无损检测。显象亮度高,能用肉眼直接观测,与原来采用的X射线照相法比较,显示出真实、直观、快速、简便、成本低等优越性,适于野外现场使用。图5是X射线固体图象增强屏所显示的压接管钢芯图象,图中粗细部分连接处的缺口是烧伤,显示很清晰。此外,此固体增强屏用于某些传感器和防爆阀的无损检测,也取得了预期的效果。

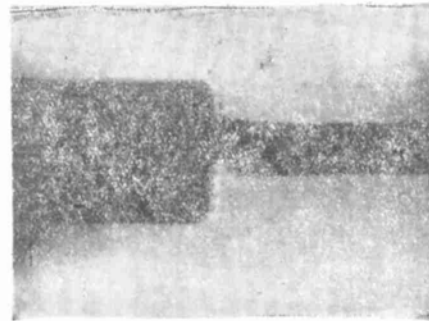


图5 增强屏显示的压接管钢芯图象

Investments Research Laboratories, Saffron Walden, Essex, England, July 1971.

- [2] H. A. Bethe, *Ann. Phys.*, 5(1930), 325.
 [3] P. Duncumb, P. K. Shields-Mason and C. Dacasa, *Proc. Fifth International Congress on X-Ray Optics and Microanalysis*, Springer-Verlag, Berlin, (1969), 146.
 [4] M. J. Berger and S. M. Seltzer, *Natl. Acad. Res. Council Publ.*, 1133 (1964), 205.
 [5] G. Love et al., *J. Phys. D*, 10(1977), 7.
 [6] H. E. Bishop, *X-Ray Optics and Microanalysis*, eds. by R. Castaing, P. Deschamps and J. Philibert, (Hermann, Paris, 1966), p. 153.