

文章编号: 1001—4322(1999)03—0299—03

# 发光玻璃在 X 射线实时成像系统中的应用<sup>\*</sup>

张 奇

(中国科学院电子学研究所, 北京 2702 信箱, 100080 瑞典斯堪地公司北京销售服务中心)

**摘 要:** 介绍了以铽(Tb)激活的高密度发光玻璃和光导纤维发光玻璃的特性。它应用在 X 射线实时成像系统中, 可大大改善空间分辨能力。用它做的转换屏比一般晶粒状荧光物质做的厚得多, 特别适合用于高能 X 射线实时成像系统。

**关键词:** 转换屏; X 射线实时成像

**中图分类号:** TN 141.369

**文献标识码:** A

在无损伤领域中, 数字化的 X 射线实时成像系统已经可以取代 X 射线底片<sup>[1]</sup>, 主要原因是: (1) 系统的性能。也就是数字化的 X 射线实时成像系统无论在穿透灵敏度及空间分辨本领上, 都已经达到或超过 X 射线底片。而且从 1988 年开始美国试验及材料学会(ASTM)开始制定了相应的使用标准, 使大量推广有了可能性。(2) 价格。现在使用发光玻璃的 X 射线实时成像系统三年内可收回成本, 满足了实际商业上的应用。

一般多晶荧光物质做成的增感屏是由微晶粒子的荧光物质与有机的粘合剂附于塑料的基底上而成, 主要有两个缺点: (1) 不能作的太厚, 所以吸收的 X 射线比较少。从一般荧光增感屏或发光玻璃得到的总可见光的输出正比于 X 射线的吸收量和 X 射线到可见光转换效率的乘积。使用较厚的(GOS)增感屏, 例如  $100\text{mg}/\text{cm}^2$  以上, 分辨率却大大下降。而发光玻璃对高能 X 射线的吸收效率较高, 这时发光玻璃总的光输出大于一般的 GOS 增感屏, 而且分辨率也比较好。所以特别适用于兆伏、高能 X 射线实时成像系统。(2) 荧光增感屏一般由晶粒状物质组成, 当 X 射线打在增感屏上时存在光的散射问题, 这就使空间的分辨本领降低了。而发光玻璃和光导纤维发光玻璃本身是透明的, 不存在光散射的问题<sup>[2,3]</sup>, 提高了空间分辨本领。

## 1 发光玻璃和光导纤维发光玻璃的特性<sup>[4]</sup>

目前生产的发光玻璃和光导纤维发光玻璃都是高密度的闪烁体, 共有三种: 301 型及 401 型, 它们的密度分别是  $3.8\text{g}/\text{cm}^3$  和  $3.5\text{g}/\text{cm}^3$ ; 而 302 型是光导纤维发光玻璃, 典型的光纤直径是  $10\mu\text{m}$ , 密度为  $3.5\text{g}/\text{cm}^3$ 。上述三种玻璃都是用铽激活的, 发绿光, 其波长为  $543\text{nm}$ 。图 1 给出了无损检验用的 X 射线实时成像系统的示意图。当采用固体发光玻璃作为转换元件时, 则在 CCD 摄像机前采用镜头耦合(图 1a)并使用平面反射镜, 当使用光导纤维发光玻璃作为转换元件时, 则在 CCD 摄像机前要采用光纤耦合器(图 1b)。

### 1.1 X 射线的衰减特性

表 1 给出了发光玻璃典型的光输出特性。从表中可以看到在相同的电压下发光玻璃比高分辨率的荧光增感屏的光输出要大, 而且电压愈高其差别愈大。这是由于高密度的发光玻璃可以做的较厚, 与一般荧光增感屏相比可以捕获更多的 X 射线光子, 所以在  $150\text{kV}$  以上可以得

\* 1999 年 2 月 6 日收到原稿, 1999 年 4 月 15 日收到修改稿。

张 奇, 男, 1937 年 6 月出生, 研究员

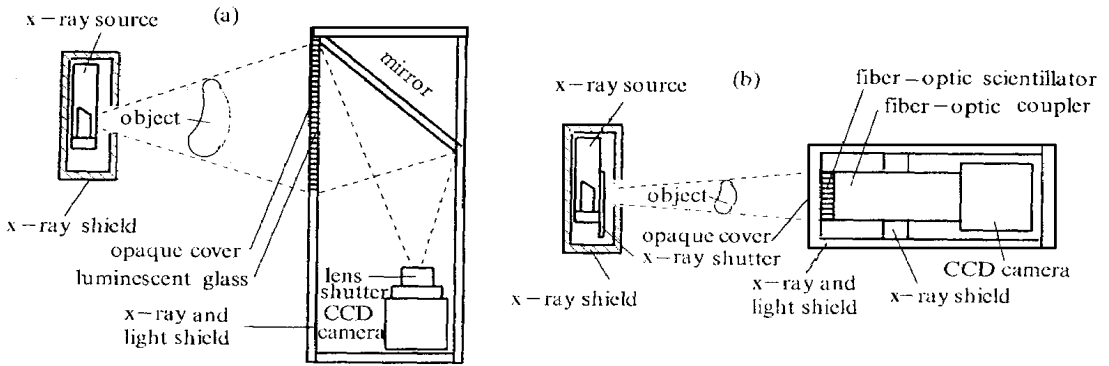


Fig 1 Schematic of CCD camera systems that are lens coupled (a) and fiber-optic taper coupled (b) to X-ray-to-light converters for NDT applications

图 1 无损探伤用的 X 射线实时成像系统的示意图

表 1 典型的发光玻璃的光输出特性

Table 1 Typical light output characteristics of glass scintillators

glass type	thickness	70kV	150kV	250kV	400kV	Cs-137	Co-60	9MV
301	6mm	0.53	0.56	0.43	0.33	0.08	0.04	0.055
301	12mm	0.62	—	0.56	0.52	0.12	0.094	0.11
302	6mm	0.75	—	—	—	0.081	0.052	—
302	12mm	0.73	—	—	—	0.12	0.106	—
401	6mm	0.73	0.65	0.56	0.45	0.075	0.051	—
401	12mm	0.78	—	0.8	0.71	0.12	0.106	—
High Res Phosphor	—	—	0.52	0.33	0.21	—	—	—

到更大的光输出。

### 1.2 发光玻璃的透明度

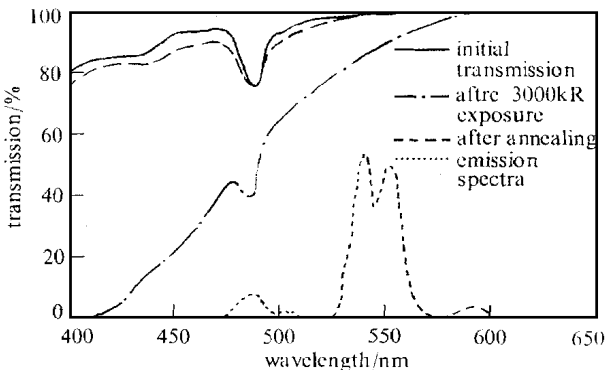


Fig 2 Glass scintillator light transmission

图 2 发光玻璃的透明度

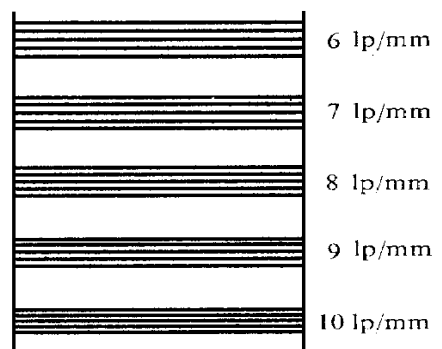


Fig 3 Glass scintillator resolution

图 3 发光玻璃的分辨本领

发光玻璃像其他玻璃一样，是透明的，但是在 X 射线的长期照射下将逐渐变成褐色，而发光玻璃发出的绿光只有很小的衰减。图 2 给出了发光玻璃的透明度以及发光光谱曲线，图中给出发光玻璃的初始透明度，在 77.4C/kg (3000kR) 时 X 射线照射后透明度的变化，以及在 375 经四小时退火后透明度的恢复程度，可以说基本全部恢复。而在 X 射线照射后所发的绿

光光谱如图 2 所示, 其强度衰减小于 10%。

### 1.3 发光玻璃的分辨能力

图 3 给出了用线对规所得到的成像结果示意图。从实际的测量可以得到对于 9MV 能量的 X 射线, 分辨率可达每毫米 2 对线 (2 lp/mm), 而对较低能量的 X 射线, 例如 50kV 时, 空间分辨率超过 20 lp/mm。

### 1.4 发光玻璃的余辉

发光玻璃的余辉以  $1/e$  计算为 3.1ms, 以峰值的 90% 到 10% 计算近似为 7.0ms。

## 2 结 论

(1) 由于发光玻璃的作用, 与荧光增感屏相比, 大大改善了成像质量, 使 X 射线成像的数字化系统达到工业化的实用阶段。

(2) 尤其在高能 X 射线领域, 使用发光玻璃更能显示出它的优越性。

## 参考文献

- 1 Jones, Thomas S, Gibbs K M, and Berge H. Selection of digital X-ray detection systems for aircraft inspection. Proceedings of the 43rd International SAMPE symposium & exhibition, Anaheim, CA, 1988
- 2 Bueno C, and Buchanan R A. Luminescent glass design for high energy real-time radiography. *Properties and Characteristics of Optical Glass, SPIE*, 1990: 1327
- 3 Bueno C and Barker Marion D. High-resolution digital radiography and three-dimensional computed tomography. *SPIE, X-ray Detector Physics and Applications*, 1993: 2009
- 4 Technical manual of Glass Scintillator Features Collimated Holes, Inc, 1998

## THE APPLICATION OF LUMINESCENT GLASS TO DIGITAL REAL-TIME RADIOGRAPHY SYSTEMS

ZHANG Q i

*Institute of Electronics, Academia Sinica, P. O. Box 2702, Beijing, 100080, China*

*Sweden Scandiflash AB Beijing Sales and Service Centre*

**ABSTRACT:** The performances of luminescent glass and fiber-optic luminescent glass activated by terbium are presented. The principal advantages of luminescent glass and fiber-optic scintillators are improved, such as spatial resolution and increased X-ray absorption compared to traditional phosphor screens in digital real-time radiography systems, so, it is specially suitable for high energy X-ray real-time radiography systems.

**KEY WORDS:** X-ray conversion screen; digital real-time radiography system