

新型组合式 X 射线影像增强器

喻春雨^{1,2}, 常本康¹, 富容国¹

1. 南京理工大学电子工程与光电子技术学院 442 教研室, 江苏 南京 210094

2. 北京大学深圳研究生院信息工程学院, 广东 深圳 518055

摘要 将 X 射线成像技术和微光成像技术相结合, 设计了组合新型 X 射线影像增强器。不同于常用的进口真空型 X 射线影像增强管, 组合新型 X 射线影像增强器是由 X 射线屏和亮度增强器经过透镜耦合而成的非真空型组合器件。文章详细分析了组合新型 X 射线影像增强器的结构特点、成像原理和成像性能; 并在结构特点、成像原理和成像性等方面对组合新型 X 射线影像增强器和常用的进口 X 射线影像增强管进行了详细的对比, 比较的结果表明组合新型 X 射线影像增强器的成像性能略低于进口的医用 X 射线影像增强管, 但是组合新型 X 射线影像增强器的性价比非常高, 而且成像性能令人满意, 正在向进口管不断靠近。它满足很多科研领域对 X 射线成像的要求, 易于被广大用户接受, 可以被广泛的应用在工业探伤, 无损检测, 机场安检等领域。

关键词 X 射线影像增强管; X 射线屏; 亮度增强器; 微光像增强器; 成像性能

中图分类号: TN202 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0593(2007)03-0610-04

引言

自 1895 年伦琴发现 X 射线的一百多年以来^[1], X 射线得到了广泛的应用, X 射线成像技术也在迅猛的发展。在 X 射线成像系统中, 作为核心部件的影像增强器是在 1948 年开始研制, 并于 20 世纪 50 年代问世。影像增强器是将不可见的 X 射线图像转换成可见光图像, 并使图像亮度增强。基于 X 射线影像增强器而建立起来的医疗电视系统, 大大减低了病人在诊断时所受的 X 射线辐射剂量, 所用的 X 射线剂量仅是直接摄影的 1/10, 为荧光板透视的 1/50。

影像增强器主要从日本、法国等几个国家进口, 成本非常高。本文介绍一种新型组合式 X 射线影像增强器, 是由 X 射线屏和亮度增强器(军事上常用的增感屏和微光像增强器)透镜耦合而成的非真空型器件。它的特点是安装容易、使用方便、成本低、视野范围大。虽然它的成像性能略低于常用的医用 X 射线影像增强管, 但它的性价比很高, 成像效果令人满意, 可以应用于工业探伤、无损检测、机场安检等领域。本文将就器件构成、工作原理、成像性能和价格等方面, 对新型组合式 X 射线和国际先进的医用 X 射线影像增强器作出对比。

1 X 射线成像系统

图 1 为应用 X 射线影像增强器进行 X 射线数字化成像原理图。X 射线穿透物体后, 经过 X 射线影像增强器的能量增强及转换, 呈现可见光图像被 CCD 采集后输出到显示器上。

准直器可以改变 X 射线源的形状; 防反射滤线栅可以减少散射射线, 降低散射射线对图像清晰度的影响; CCD 可以使可见光图像转换成数字图像, 方便进行图像后处理, 使图像满足观察需要。在 X 射线影像增强器与 CCD 之间可以用中继透镜或者光纤耦合。

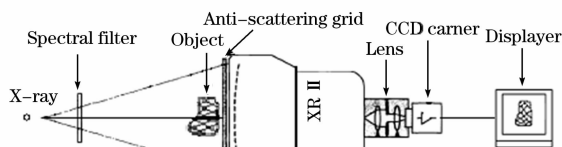


Fig. 1 The schematic diagram of the X-ray imaging system

2 两种 X 射线影像增强器的比较

2.1 常用型 X 射线影像增强管

收稿日期: 2005-11-04, 修订日期: 2006-04-29

基金项目: 南京市科技局重点科技计划项目(200308005)和江苏省科技厅科技(b2003001)攻关项目资助

作者简介: 喻春雨, 女, 1976 年生, 现为北京大学深圳研究生院讲师 e-mail: yukate@163.com

图 2 为常用 X 射线影像增强管的结构图^[2]。它由以下几个部分组成：输入荧光屏，光电阴极，电子光学系统，输出荧光屏和吸气离子泵。这些组成部分所起的作用是：X 射线通过被检体，根据被检体各部分吸收能量的差异，在输入荧光屏上形成 X 射线图像；X 射线图像激发荧光屏转换成可见光图像。因为一般荧光材料对 X 射线的量子效率很低，所以在一定 X 射线剂量下，所产生的可见光图像的亮度很低；由微弱的可见光图像激发电阴极产生相应密度的光电子；光电子被由光电阴极、聚焦极和阳极组成的静电透镜聚焦和加速，在输出荧光屏面上形成已被提高了能量的电子图像；高能电子射线激发输出荧光屏面，使电子图像转换成尺寸缩小的可见光图像。

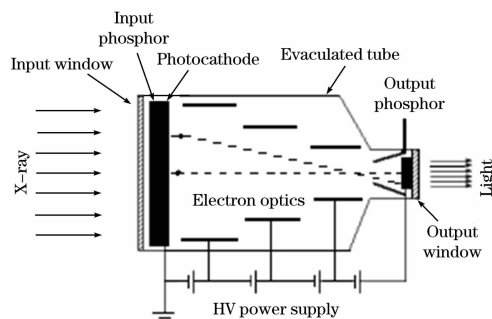


Fig. 2 The scheme of the conventional X-ray image intensifier

由于管内的残余气体在阳极附近被电离，正离子轰击光电阴极所放出的大量二次电子将造成输出屏中心部位的离子斑。故为消除离子斑，采用热钛丝做的吸气离子泵，使管内真空度维持在 1.33×10^{-5} Pa 以上。

2.2 新型组合式 X 射线影像增强管^[3-5]

新型组合式 X 射线影像增强器结构^[3-5]如图 3 所示。它是由增感屏和微光像增强器透镜耦合而成的混合型器件。X 射线射到 X 射线屏上，转换成可见光，并且光子数量得到增加。由于经过增感屏放大之后的可见光子亮度仍然很低，所以采用微光像增强器进一步增强亮度，以便在荧光屏上呈现清晰的图像。从接收光线方向依次为光电阴极、电子光学系统、荧光屏。光电阴极接收来自增感屏的可见光图像，将其转变为其强度相当的光电子图像；电子光学系统把已增强的光电子图像聚焦到荧光屏上；荧光屏把已聚焦的光电子图像转

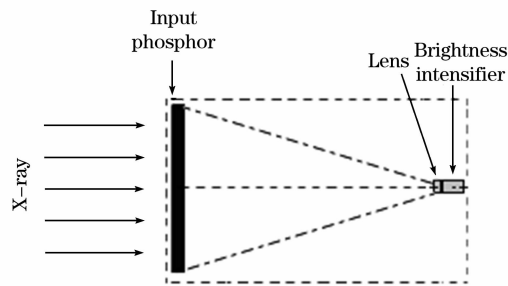


Fig. 3 The scheme of the novel X-ray image intensifier

换为比输入明亮的光学图像。经过微光像增强器，光子可倍增 10^4 倍。

2.3 两种影像增强器成像性能比较

为了说明新型 X 射线影像增强器的成像性能，将它与世界领先的 X 射线影像增强管制造商 Thales 公司的 X 射线影像增强管进行比较。实验中，采集了一家医院透视系统和实验组组装的 X 射线成像系统拍摄的分率测试卡图像(见图 4)。

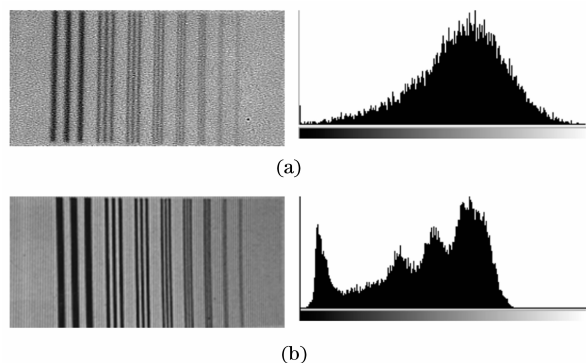


Fig. 4 The images produced by two kinds of X-ray image intensifier

(a): Novel one; (b): conventional one

图 4 中，(a)和(b)分别为应用新型影像增强器和 TH9 影像增强管拍摄的图像及其灰度直方图。可以看出，新型影像增强器拍摄图像的分率比 TH 9 影像增强管拍摄图像的分率差，并且灰度范围小。也就是说，图像空间分辨率及对比度分辨率都是采用 TH 9 影像增强管的系统好。

图 5 为应用两种增强器的 X 光机的调制传递函数曲线。从 MTF 曲线可以看出，在相同的空间分辨率条件下采用 TH 9 影像增强管的系统的光学传递性能好一些。

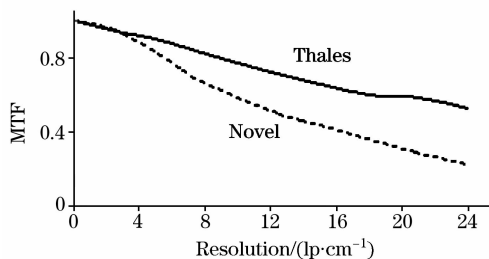


Fig. 5 MTF curves of the X-ray imaging system

表 1 给出了实验组应用新型组合式影像增强器和医院应用 TH 9 影像增强管的成像性能参数。从表中数据可以得到以下结论：TH 9 影像增强管的性能比新型影像增强管好；2 种器件的价格相差几倍，新型影像增强管的性价比明显高于 TH 9 影像增强管。

图 6 为应用新型 X 射线影像增强管在实验中拍摄的图像，一个为装有工具的工具箱；另一个是穿皮鞋的脚。图像的细节比较清楚，画面比较清晰。

Table 1 Comparison between two kinds of X-ray image intensifiers

像增强器	输入场面积(inch)	有效输入面积/mm ²	输出图像直径/mm	成像面积缩小倍数	分辨率(lp/cm)	价格(dollar)
TH	9"	215	20	116 : 1	14	21 000
Novel one	15"	381	17.5	474 : 1	12	8 000

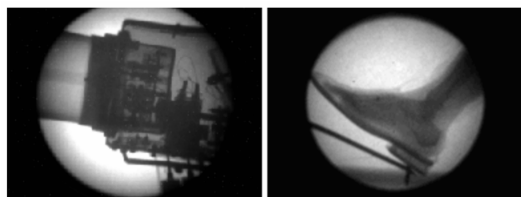


Fig. 6 The images produced by the novel X-ray image intensifier(left is a tool and right is bag)

3 讨论

新型 X 射线影像增强管的成像缩小倍数明显大于 TH 9 影像增强管(474 和 116); 新型 X 射线影像增强器的输入面是 X 射线屏, 相当于常用 X 射线影像增强器的输入屏。但是 X 射线屏后面光电阴极的成像面积(17.5 mm²)相比较常用影像增强器的光电阴极^[6, 7](215 mm²)就小得多; 输入屏与光电阴极之间的光谱匹配系数^[8]也是常用 X 射线影像增强

器的数值大。这些都将影响新型 X 射线影像增强器的成像性能。

此外, 由于实验条件的限制, 在实验中, 新型 X 射线影像增强器配合使用的是灰度级为 8 bit 40 万像素的图像采集系统; 而在医院里 TH 9 影像增强管配合使用的是灰度级为 10 bit 百万像素的图像采集系统。如果新型 X 射线影像增强器配合使用性能更好的组件, 必将大大改善图像的质量, 提高图像分辨率。

4 结论

将微光成像技术和 X 射线成像技术相结合, 设计了新型 X 射线影像增强器。和常用影像增强管比较, 它是非真空器件, 并且大视野成像, 成本低。虽然成像性能低于进口 X 射线影像增强管, 但性价比非常高, 成像性能满足工业探伤、无损检测、机场安检等许多领域的应用要求, 对促进工业生产是非常有意义的。

参 考 文 献

- [1] HU Jun-wu(胡军武). Medical Digital Imaging Technology(医学数字成像技术). Wuhan: Hubei Science and Technology Press(武汉: 湖北科学技术出版社), 2001.
- [2] XU Xu-rong, SU Mian-zeng(徐叙谔, 苏勉曾). Luminescence Theory and Luminescent Materials(发光学与发光材料). Beijing: Chemistry Industry Press(北京: 化学工业出版社), 2004.
- [3] WANG Jun-rong, XUE Zhao-nan(王君容, 薛召南). Photoelectron Devices(光电子器件). Beijing: National Defense Industry Press(北京: 国防工业出版社), 1982.
- [4] XIANG Shi-ming, NI Guo-qiang(向世明, 倪国强). Photoelectron Principle of Image Devices(光电子成像器件原理). Beijing: National Defense Industry Press(北京: 国防工业出版社), 1999.
- [5] ZOU Yi-song(邹异松). Electricity Vacuum Image Devices and Its Theory and Analysis(电真空成像器件及理论分析). Beijing: National Defense Industry Press(北京: 国防工业出版社), 1989.
- [6] JIANG Xian-jin(蒋先进). Low Light Level TV(微光电视). Beijing: National Defense Industry Press(北京: 国防工业出版社), 1984.
- [7] ZHANG Wei, WANG Yue-feng, DONG Wei(张伟, 汪岳峰, 董伟). Spectroscopy and Spectral Analysis(光谱学与光谱分析), 2003, 23(3): 621.
- [8] Yu Chunyu, Liu Tiebing, Wu Lanlan, et al. Proc. SPIE, 2005, 5630: 141.

The Novel Combined X-Ray Image Intensifier

YU Chun-yu^{1,2}, CHANG Ben-kang¹, FU Rong-guo¹

1. EE & OE Department, Nanjing University of Science and Technology, Nanjing 210094, China

2. Information Engineering Department, Peking University Shenzhen Graduate School, Shenzhen 518055, China

Abstract By combining X-ray imaging technology and low light level imaging technology, the authors' research group designed the novel combined X-ray image intensifier. Different from the imported conventional one, it is an X-ray screen lens coupled with

a brightness intensifier, and is a non-vacuum device. In this paper, the novel combined X-ray image intensifier is described in terms of its structure, imaging principle and imaging performance, and the comparisons of the structure, imaging principle and imaging performance between the novel combined one and the conventional one are given in detail. It is clear that the conventional medical tube is a little better than the novel combined one in imaging performance, whereas the novel combined one has a very high cost effectiveness and the satisfied imaging performance, and moreover, the quality disparity between the novel combined one and the imported medical one is being shortened. The novel combined one meets the X-ray imaging standard in many science and research fields and is convenient to be accepted by the usual users and has wide application fields such as industrial detection, nondestructive test and airport security check.

Keywords X-ray image intensifier; X-ray screen; Brightness intensifier; Low light level image intensifier; Imaging performance

(Received Nov. 4, 2005; accepted Apr. 29, 2006)

《光谱学与光谱分析》对来稿英文摘要的要求

来稿英文摘要不符合下列要求者, 本刊要求作者重写, 这可能要推迟论文发表的时间。

1. 请用符合语法的英文, 要求言简意明、确切地论述文章的主要内容, **英文摘要应与中文摘要一致**, 且不加评论和补充解释。

2. 应拥有与论文同等量的主要信息, 包括四个要素, 即研究目的、方法、结果、结论。其中后两个要素最重要。有时一个句子即可包含前两个要素, 例如“用某种改进的 ICP-AES 测量了鱼池水样的痕量铅”。但有些情况下, 英文摘要可包括研究工作的主要对象和范围, 以及具有情报价值的其他重要信息。在结果部分最好有定量数据, 如检测限、相对标准偏差等; 结论部分最好指出方法或结果的优点和意义。

3. 句型力求简单, 尽量采用被动式, 通常应有 10 个左右意义完整、语句顺畅的句子。英语词数以 150 至 200 个为宜, 不能太短; 也不要太长。用计算机单面隔行打印。

4. 摘要不应有引言中出现的内容, 换言之, 摘要中必须写进的内容应尽量避免在引言中出现。摘要也不要对论文内容作解释和评论, 不得简单重复题名中已有的信息; 不用非公知公用的符号和术语; 不用引文, 除非该论文证实或否定了他人已发表的论文。缩略语、略称、代号, 除相邻专业的读者也能清楚地理解外, 在首次出现时必须加以说明, 例如用括号写出全称。