

辐射变色薄膜剂量计光敏效应研究

陈丽姝

马信民

(中国原子能科学研究院, 北京 102413)

(中国辐射防护研究院, 太原 030006)

摘要 测定了太阳、日光灯、紫外灯光源的光谱特性, 确定了各种光源光照度随距离的变化关系。研究了辐射变色薄膜剂量计暴露于上述光源及室内自然光源下, 单位厚度光密度变化与暴露时间的关系, 说明了不同光源对响应影响的程度并指出了如何控制这类无法进行修正的影响因素。

关键词 辐射剂量学, 固体剂量计, 光

辐射剂量学是衡量辐射的物理、化学、医学及生物学等效应的基础, 因而它在许多领域中获得了应用。近20年来, 依据各种不同探测机理研制了多种探测器^[1,2], 但是这些探测器不都能做成剂量计。用于剂量学目的测量受照介质中吸收剂量时, 必须具有下述特性: (1) 辐射在其中沉积的能量与其响应之间必须要有确定的单调关系; (2) 对不同辐射的能量依赖性, 以及对剂量率的依赖性要小; (3) 每一批中的分散性以及不同批之间的分散性要小; (4) 受环境因素(如大气压力、温度、湿度、电磁场及光等)的影响要小, 或利用简单方法就可以加以控制, 或可以进行修正。(5) 本底和辐照后响应的稳定性要好。

对于辐射加工中的高剂量测量, 辐射变色薄膜剂量计是一种较为理想的方法。它不仅可用于常规测量, 还可用于量值传递。由于它空间尺寸很小, 所以容易实现布拉格-格瑞条件。另外它不仅能测量物体内部的吸收剂量, 而且还可测量交界面处的剂量及热离子剂量, 测量结果可以和外推电离室相媲美^[3]。目前用得最多的是副品红氰化物和六羟乙基氰化物(用聚乙烯醇缩丁醛或尼龙做片基)的辐射变色薄膜剂量计, 对它们的剂量学特性已进行了系统研究^[4-6], 但是它的光敏效应尚未见专门报道。

辐射变色薄膜剂量计对可见光虽然不像照相胶片那样敏感, 但是暴露较长时间后会使本底以及光密度有明显增高, 也和光源的光谱特性有关。为此, 对实验室常用的几种光源, 在不同暴露条件下进行了研究。

1 实验方法和结果

1.1 光源的光谱特性

用分光光度计测量和分析了常用黄、红、白炽灯光、太阳光、Sty-J型紫外灯光和日光灯光的光谱特性。阳光及白炽灯光是熟知的连续光谱。阳光的峰值在300—600 nm波长范围, 而白炽灯

光光谱的峰值在 1000—1600 nm 波长范围。紫外光波长在 300—400 nm。日光灯光谱在 380—660 nm 范围基本上是连续光谱,但在这连续谱上叠加了 5 条特征光谱,分别位于 404、435、546、576 和 579 nm 处。

1.2 光源照度与距离的关系

测量了几种电光源的照度随距离的变化,结果示于图 1。这种变化与光源的几何形状有关。除白炽灯在远处相当于点光源以外,其它都相当于线光源,所以随距离的变化似乎不同。使用的测量仪器为 PHOTO-ELEMENTS 60 光照度计,并经过中国建筑科学院物理研究所的 1.2 M 长光度计及 BDQ 型标准光强灯刻度。

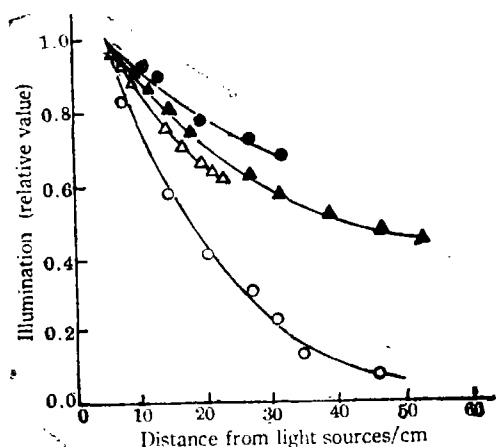


Fig 1. Illuminations vary with the distance from lightsource

(●) UV lamp (15 W Dongsheng) (▲) UV lamp (Model sty-J) (△) daylight lamp (15 W) (○) incandescent lamp (40 W)

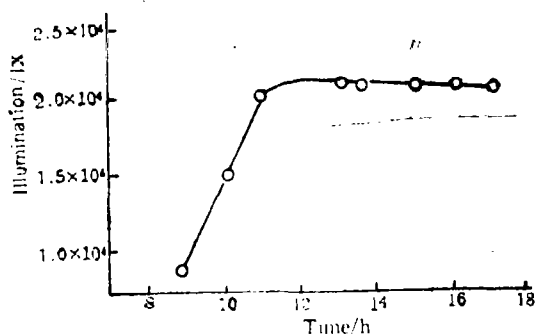


Fig 2. Illuminations on the ground under sunshine at different time in sunny day

1.3 夏季晴天各时刻的照度

图 2 示出了夏季晴天阳光照耀下各时刻的照度。由图看出由 11 点到 17 点 6 个小时内地面上的照度变化不大。因此,确定阳光照射的影响实验都是在这段时间内完成的。图 3 示出了在 3 种波长(550、500 和 600 nm)处单位厚度光密度变化随暴露于强阳光(12000 lx)下的时间关系,可见这种剂量计对强阳光极灵敏。

1.4 在自然光照射下薄膜的响应

太阳光直接进入室内,或经物体漫射而进入室内的光称为自然光,其光强度随天气情况和室内不同地点而异。常规操作通常是在室内自然光下进行的,故实验确定了辐射变色薄膜剂量计单位厚度光密度变化随着暴露于室内自然光(照度 550 lx)下时间的关系,结果示于图 4。可见短时间在自然光下操作不会对本底和照后响应有明显影响。

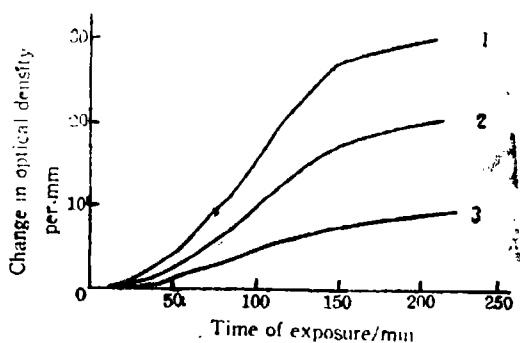


Fig 3. Relationship between the change in optical density per mm and time of exposure to strong sunlight (1) 550 nm (2) 500 nm (3) 600 nm

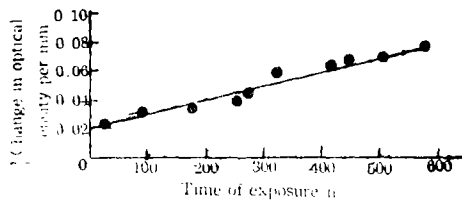


Fig 4. Relationship between the change in optical density per mm and time of exposure to nature light indoor ($\sim 550 \text{ lx}$)

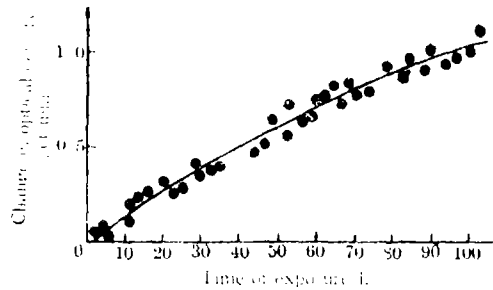


Fig 5. Relationship between the change in optical density per mm and time of exposure to incandescent lamp ($\sim 2000 \text{ lx}$)

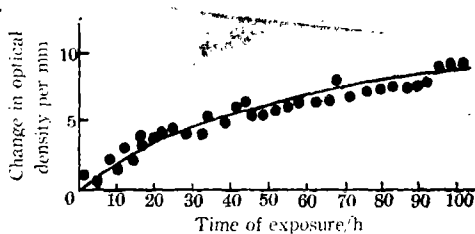


Fig 6. Relationship between the change in optical density per mm and time of exposure to daylight lamp ($\sim 2000 \text{ lx}$)

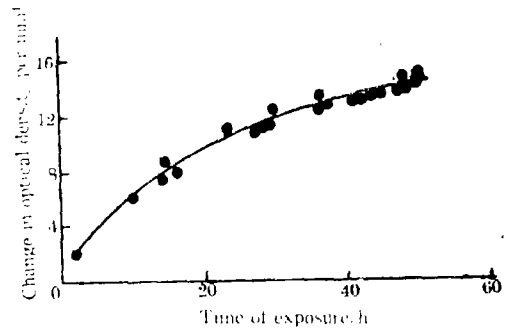


Fig 7. Relationship between the change in optical density per mm and time of exposure to UV lamp ($\sim 2700 \text{ lx}$)

1.5 暴露于白炽灯光下的响应

实验室内通常使用白炽灯照明, 故测量了辐射变色薄膜剂量计暴露于白炽灯光下的响应, 结果示于图 5。由于白炽灯光的光谱特性不在辐射变色薄膜灵敏波长区域(对副品红 氰化物染料为 $\sim 550 \text{ nm}$, 对六羟乙基氰化物为 $\sim 600 \text{ nm}$), 所以这种薄膜剂量计对白炽灯光不太灵敏, 即使在 $\sim 2000 \text{ lx}$ 的照度下连续暴露 10 h , 也不会对单位厚度光密度有重大影响。

1.6 暴露于日光灯下的响应

目前我国大多数实验室和工厂用日光灯照明。它的光谱主要分布在 $450\text{--}600 \text{ nm}$ 范围, 而且夹有 5 个特征峰。实验表明, 稍长时间在日光灯下操作裸露的这种剂量计片是会有影响的。图 6 给出了这种影响的大小。

1.7 暴露于紫外灯光下的响应

实验表明, 室内电光源影响最大的是紫外灯, 剂量计稍一暴露于此种光下即有明显的影。图 7 给出了紫外光的影响。

2 结 论

(1) 辐射变色薄膜剂量计不仅对电离辐射敏感, 而且对可见光也敏感。对不同光源影响的大小决定于光源的光谱特性和光照度。

- (2) 暴露于 ~ 12000 lx 照度的强阳光下, 每小时使单位厚度光密度增长 $6 \Delta 0.01 \text{ D/mm}\cdot\text{h}$ 。
- (3) 暴露于 ~ 2700 lx 照度的紫外灯光下, 每小时使单位厚度光密度增长 $0.42 \Delta 0.01 \text{ D/mm}\cdot\text{h}$ 。
- (4) 暴露于 ~ 2000 lx 照度的日光灯下, 每小时使单位厚度光密度增长 $0.18 \Delta 0.01 \text{ D/mm}\cdot\text{h}$ 。
- (5) 暴露于 ~ 2000 lx 白炽灯光下, 每小时使单位厚度光密度增长 $0.08 \Delta 0.01 \text{ D/mm}\cdot\text{h}$ 。
- (6) 暴露于 ~ 550 lx 室内自然光下, 每小时使单位厚度光密度增长 $2 \times 10^{-3} \Delta 0.01 \text{ D/mm}\cdot\text{h}$ 。
- (7) 由上可见这种剂量计对不同的光有不同的灵敏度。对紫外光和阳光(主要也是其中的紫外光)最灵敏。白炽灯光较不灵敏。

为避免各种可见光对辐射变色薄膜剂量计测量吸收剂量值的影响, 使用时应装在黑袋中, 偶而在实验室自然光下取出进行测量不会对测量结果有影响。在需要照明的情况下, 最好采用低照度的白炽灯。如果是用裸露片进行刻度, 则宜在暗室内进行。

真诚地感谢岳维宏和张锐同志在整理手稿时给予的大力协助。

参 考 文 献

- 1 Beker K, 曾庆祥, 刘孟彝译. 固体剂量学. 北京: 原子能出版社, 1985 年: 153
- 2 Attix F H. Radiation Dosimetry. New York and London, Academic press, 1968 (2): 291
- 3 Soares C G et al. Radiation Protection Dosimetry, 1991, 39(1/3): 55
- 4 陈丽姝, 闻友勤, 孙存普. 原子能科学技术, 1989, 23(6): 1
- 5 陈丽姝, 王连元, 吴靖民等. 原子能科学技术, 1990, 24(3): 27
- 6 McLaughlin W L. Radiat. Phys. Chem., 1979, 14: 535 and 1980, 15: 9

RESEARCH ON SENSITIVITY OF RESPONSE OF RADIOCHROMIC DYE FILM DOSIMETERS TO VARIOUS LIGHTS

Chen Lishu

(China Institute of Atomic Energy, Beijing 102413)

Ma Xingmin

(China Institute of Radiation Protection, Taiyuan 030006)

ABSTRACT There are several factors affecting the response of radiochromic dye dosimeters to ionizing radiation. Some of them are avoidable or controllable, but can not be corrected in practice such as effect of light. Others are not avoidable or controllable, but can be corrected, such as effect of temperature. Spectral characteristics of incandescent light, daylight, UV-light and sunlight have been determined in this paper. This is helpful for the explanation of the effect. The changes in illumination of different light sources with distances are shown. The relationships between the change in optical density per unit thickness and time of exposure to incandescent light, daylight, UV-light, and sunlight have been measured. It comes to a conclusion that radiochromic dye dosimeters are not so sensitive as photoplate film to visible and incandescent light but the background and post-irradiation optical densities will be rapidly increased when they are exposed to daylight, sunlight, or UV-light for a while. Therefore, they should be kept or stored in dark places.

KEYWORDS Radiation dosimetry, Solid-state dosimeter, Radiochromic dye dosimeter, Effect of light, Effecting factors of dosimeters