

电子和 β 射线两用外推电离室的研制

靳 涛 周光文 张明健

(中国科学院新疆物理研究所)

摘要 本文研制了一台测量电子束和 β 射线吸收剂量的外推电离室,其空腔室壁材料可拆换并分别与空气、组织和硅等效,收集电极名义直径为1.5、3、10和30 mm,空气空腔可变范围为0.2~15 mm。该外推电离室具有在空腔内部测温,自动改变窗口上方材料厚度及采用微型计算机控制等特点。适用于测10 MeV能量以下,剂量率为 $10^5 \sim 10^{-3}$ Gy/h的电子或 β 射线吸收剂量。整个外推电离室自动测剂量系统在测 ^{204}Tl β 放射源表面剂量率的不确定度为2.3%。测1.5 MeV电子束在硅和哈密瓜深部剂量率时,不确定度分别为4.0%和2.8%。

关键词 外推电离室;电子吸收剂量; β 吸收剂量;空腔内部测温。

前 言

众所周知,电子束和 β 射线在物质中的吸收剂量的理论计算是一个比较复杂的问题,所以至今也难以给出准确的剂量率随距离而变化的统一数学表示式。目前电子束和 β 射线的吸收剂量主要靠实验测定。用于这方面测量的主要方法是量热法、化学法、气体电离室、液体电离室、固体剂量计和胶片剂量计等^[1],但能够准确、方便、可靠地测量物质表面和深度电子和 β 射线吸收剂量的标准仪器是外推电离室^[2]。本工作是在R·Loevinger收集电极活动可拆的外推电离室^[3]的基础上,旨将测电子束剂量的外推电离室和测 β 射线剂量的外推电离室合为一体,以满足电子剂量在半导体元器件电离辐射损伤研究、放射治疗和瓜果辐射保鲜中的测量精度,并对 β 放射源表面剂量率进行测定。

主要结构和设计特点

电子和 β 射线两用外推电离室(以下简称两用外推室)筒体(高350 mm,外径为100 mm)是用合金铝制成。主要分电离空腔,机械传动系统,载片转盘,测温系统和筒体外壳五部分。图1是整个装置的示意图。电离室空腔由前壁(1)侧壁(2)后壁(3)组成,各部分均可拆换。现已制备有石墨、聚苯乙烯和硅三种室壁材料的电离空腔,可分别与空气,组织和硅等效。前壁窗分别用0.01 mm铝箔或质量厚度为7 mg/cm²的聚苯乙烯镀铝膜粘在与高压电源连接的铜环上制成,使得电子和 β 粒子在进入空腔之前吸收减到最小,而且还可以根据窗厚外推至零时的剂量来校正窗口的吸收^[4]。在测大剂量率电子束时,用铝箔前窗为高压电极,防止因电子束产生的热温升高毁坏高压电极。在测医用电子剂量或 β 剂量时,用聚苯乙烯铝膜前窗为高压电极,由于其厚度相当于皮肤的厚度,这时测出的剂量为皮下剂量。为了减少电子谱在空腔内的边界效应,侧壁内侧涂有胶体石墨薄层。侧壁呈环形,内径为51 mm,外径为94 mm。后壁由收集电极(4)和保护电极(5)构成。它们之间用琥珀或有机玻璃隔开,极间绝缘电阻约 $10^{15} \sim 10^{18} \Omega$,极间电容分别在4~18 PF之间,漏电流小于 10^{-18} A。考虑到强辐照时极间绝缘电阻率减小,小直径收集电极用高纯石墨棒外套琥珀管和保护极分开。聚苯乙烯收集电极和保护电极则是在整块材料的表面导电

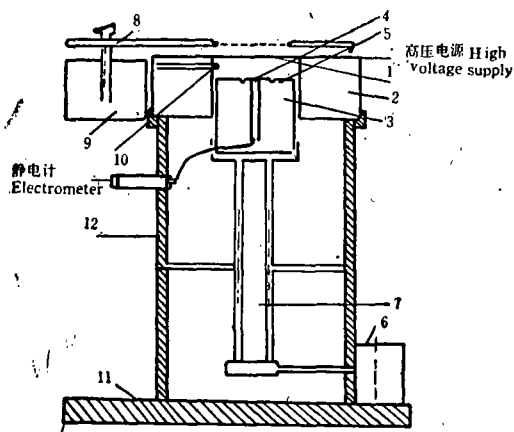


图1 电子和 β 射线两用外推电离室示意图

Fig. 1 Scheme diagram of extrapolation chamber for electron or Beta rays.

碳膜上,用精密车床开一道宽0.2 mm的槽沟将其隔开^[5]。以上每种室壁材料的后壁均包含有名义直径为1.5、3.0、10和30 mm四种不同的收集电极,后壁总直径均是50 mm。在10 MeV能量以下可测剂量率范围是 $10^5 \sim 10^{-3}$ Gy/h。为了减小辐照时在后壁积累的空间电荷对剂量测量的影响,聚苯乙烯后壁的侧面和底部还涂上石墨层,以利空间电荷的输运消散。

两用外推室的机械传动系统是由步进电动机甲(6)驱动一套螺距为0.5 mm的螺杆组件(7),最后推动后壁沿侧壁内侧相对前壁高压电极上下移动。步进电机每接受9600个脉冲,极间距离变动1 mm,其移动的最大行程为15 mm,误差小于0.01 mm,重复精度为0.005 mm。

经过测试,后壁收集电极上平面和侧壁上平面不平行度小于0.1度。

两用外推室前壁上方安有一个载片转盘(8),其主要作用是利用转盘所载的各种不同厚度的材料片,自动改变前窗的厚度,使仪器能连续不断地测量不同材料厚度下的深部吸收剂量,以便外推出材料表面吸收剂量。载片转盘由步进电机乙(9)控制,最小转角为1.5度。

测温系统是把微型温度探头(10)放在室壁内部的侧壁里,直接将空气空腔内空气的温度通过模数转换器变成数字量输入计算机内,其测量误差小于 $\pm 0.3^\circ\text{C}$ 。在测电子测量时,由于大剂量率造成空腔空气温度的升高,在确定温度修正因子时不能采取通常测 β 剂量那种用实验室温度代替空腔温度的方法。筒体外壳是用多功能底座(11)和中筒(12)两部分镶嵌而成的。

目前,两用外推室已和TRS-80微型计算机,TR-8411数字电测仪、数字电压表、高压电源、测温系统、电子束监测器和脉冲控制器等组合成一个完整的测剂量自动系统。除自动采集和处理测量数据外,还能够对两用外推室一些参数进行修正补偿。计算机操作室离辐射场15 m,有利于测量人员的辐射防护。

初步应用

整个两用外推室自动测剂量系统完成后,我们初步进行了以下一些应用。测量了我室JJ-2型电子静电加速器电子束在硅中的剂量率分布。将与硅等效的两用外推室置于距加速器出束口50 cm的轴线位置上,使入射电子在硅表面上能量为1.5 MeV,束流强度为 $1 \times 10^{-8} \text{ A/cm}^2$,加速器聚焦电流为2.7 A。测出电子束在硅深部剂量率分布曲线如图2所示,不确定度为4.0%。

与人体组织等效的两用外推室测量了 ^{204}Tl β 放射源的表面剂量率。该 β 源是某单位新近制备的,直径为40 mm,表面封装膜是厚10 μm 的高强度塑料膜和镀在其上的一层厚0.01 μm 的铝膜。测量时将源隔张厚0.01 μm 的薄纸直接放在窗口上,图3就是该 β 放射源表面剂量率的外推曲线。表1列出了 ^{204}Tl β 源表面剂量率的五次测量结果,平均剂量率为0.219 Gy/h,不确定度为2.3%。

对哈密瓜深部电子剂量率分布进行了测量。将不同厚度的哈密瓜片放置在组织等效两用外推室窗口上,当入射电子能量为1.57 MeV,束流强度为 $2 \times 10^{-8} \text{ A/cm}^2$,入射角度为 20° 时,其深

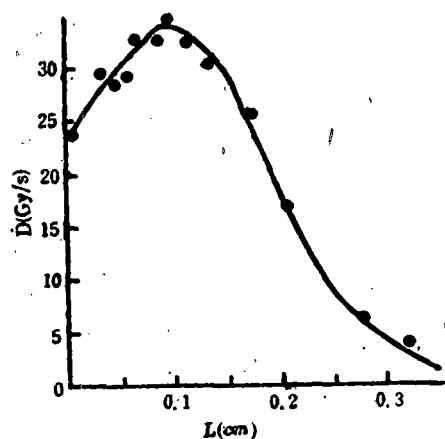


图2 1.5 MeV电子在硅深部剂量率分布
Fig. 2 The depth dose rate distribution of electron (1.5 MeV) in silicon.

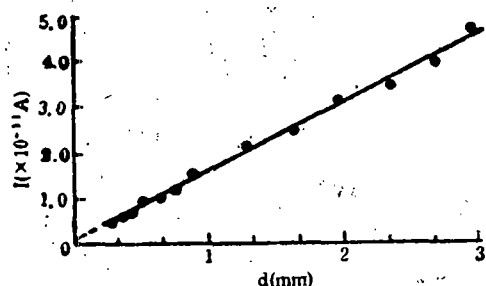


图3 ^{204}Tl β 源表面剂量率的外推曲线
Fig. 3 Extrapolation curve of the surface dose rate for ^{204}Tl β source.

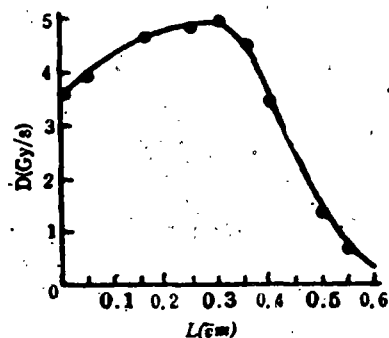


图4 1.57 MeV电子在哈密瓜深部剂量率分布
Fig. 4 The depth dose rate distribution of electron (1.57 MeV) in "Hami" melons.

表1 ^{204}Tl β 源表面剂量率 $\bar{D}$ 的五次测量比较

Table 1 Compare as five times measured of ^{204}Tl β source surface dose rate $\bar{D}$.

n	1	2	3	4	5	平均值 meanvalue
$\bar{D}(\text{Gy/h})$	0.219	0.223	0.219	0.218	0.218	0.219

致谢 在两用外推室研制过程中,曾得到李德平先生的指导,陈丽姝、方健伟和陈慧莉的帮助以及李好贤、吴中杰在机械设计和加工方面的帮助。

参 考 文 献

- [1] ICRU, ICRU Report 35, 1984.
- [2] 李士骏, 电离辐射剂量学, 第1版, p 104, 原子能出版社, 北京, 1981.
- [3] R. Loevinger, and N. G. Trott, Design and Operation of an Extrapolation Chamber with Removable Electrodes, Int. J. Appl. Radiat., 17, 103 (1966).
- [4] 中国科学院原子能研究所, 射线物理测量方法, 第1版, p. 173, 原子能出版社, 北京, 1975.
- [5] S. Rase, U. W. Pohlit, Eine Extrapolation skammer als Standard-meßgerät für energiereiche Photonen-und Elektronenstrahlung, Strahlentherapie, 119, 226 (1962).

(1986年3月6日收到)

(下转第28页)

RADIATION COPOLYMERIZATION OF TRIBUTYLTIN METHACRYLATE AND METHYLMATHACRYLATE

Zhao Benxi Zhu Xiaohong Murat Han Zhewen

(Department of Applied Chemistry University of Science and Technology of China, Hefai)

ABSTRACT The copolymer of tributytin methacrylate and methylmethacrylate is a useful self-polishing antifouling paints materials. It was synthesized by radiation polymerization using ^{60}Co γ ray at room temperature. It was carried out to study the copolymerization kinetics of the pair of monomers. The relationship between the reaction rate and the dose rate was found to be $R_p = K_p \cdot I^{0.53}$ and the reactivity ratios were measured to be less than 1. The overall activation energy was $1.29 \times 10^4 \text{ J/mol}$. It was supposed that the copolymerization was of radical mechanism.

KEY WORDS Radiation Copolymerization; Antifouling paints; polymerization kinetics; Organotin polymer; Polymerization rate.

(上接第 56 页)

EXTRAPOLATION CHAMBER FOR ELECTRON OR BETA RAY DOSIMETRY

Gin Tao Zhou Guanfwen Zhang Minjian

(Xinjiang Institute of Physics, Academia Sinica)

ABSTRACT This paper mainly reports the extrapolation chamber for electron or Beta ray dosimetry with removable electrodes. It is equivalent to air, tissue and silicon. The diameters of the collecting electrode are 1.5 mm, 3 mm, 10 mm and 30 mm respectively. Convertible range is 0.2 mm–15 mm. It has the characteristics of measuring the internal temperature in ionization cavity, changing automatically the thickness of equivalent material layers above the chamber window and being controlled by a microcomputer etc. It may be applied to measure the electron of no more than 10 MeV energy with a range of 10^5 – 10^{-3} Gy/h absorbed dose rate. The uncertainty of the whole system is 2.3% in measuring the surface dose rate of the ^{204}Tl isotope Beta ray source. It is about 3.0% in measuring the depth absorbed dose rate of silicon and "Hami" melons for electron.

KEY WORDS Extrapolation chamber; Electron dose; Beta dose; Temperature in ionization cavity.