

核仪器电子技术

王宗仁 编著



原子能出版社

核 仪 器 电 子 技 术

王宗仁 编著

原 刊 | 电子工业出版社

X106228/

内 容 简 介

本书内容包括核辐射探测器和核仪器电子技术两部分。第一部分介绍了广泛应用的闪烁探测器及近期发展起来的半导体探测器。第二部分包括半导体器件、 RC 电路、线性脉冲放大器、多谐振荡器、单稳态及双稳态触发器、鉴别器、计数电路、负阻器件电路、脉冲幅度分析器、数字逻辑集成电路、 MOS 和 $CMOS$ 集成电路、线性集成电路、多道脉冲幅度分析器及低压和高压电源。

本书以阐明物理概念为主，作了一些必要的定量分析并力求避免烦琐的数学推导。本书的特点是理论联系实际，结合国产仪器，对核电子技术作了较系统、较深入的讨论。

本书可供使用、维修和研制核子仪器的工人、技术人员以及大专院校有关专业的工农兵学员和教师参考。

核仪器电子技术

王宗仁 编著

原子能出版社出版

冶金印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售



开本 $787 \times 1092^{1/16}$ · 印张 $28^{3/8}$ · 字数 680 千字

1977 年 8 月北京第一版 · 1977 年 8 月北京第一次印刷

统一书号: 15175 · 077 · 定价: 2.35 元

序 言

我国的原子能事业在毛主席的无产阶级革命路线指引下,遵循“独立自主、自力更生”的方针,从无到有地发展起来了。特别是无产阶级文化大革命以来,从事原子能事业的广大职工以阶级斗争为纲,坚持党的基本路线,促进了生产、科研各方面的飞跃发展。

在原子能事业的各个领域,核辐射探测技术的重要性是十分明显的。核辐射粒子的性质决定了人们不能直接对其进行观测,而只能通过它的某些物理、化学效应(例如使物质电离或发生荧光)间接地进行观测。基于这些效应可制成各种核辐射探测器,例如电离室、充气计数管、各种闪烁体以及半导体探测器等。探测器能给出由核辐射粒子转换而来的可测量信号。早期,核辐射探测方法是十分简陋的,例如用肉眼观测硫化锌闪烁体产生的荧光。随后,在核辐射探测中应用了电子技术,通过电子学的方法对核辐射探测器的输出信号进行一些适当的处理,使探测技术得以提高。在生产实践过程中,由于电子技术和探测器的不断发展,人们可对探测器的输出信号进行复杂而精密的分析和处理,从而逐步形成了核电子学这一专门的学科。本书涉及到的内容就是属于核电子学这一范畴。

无产阶级文化大革命以来,我国核仪器的研制和生产出现了蓬勃发展的局面。本书的内容基本上取材于这些国产仪器中的具体电路,此外适当补充了必要的典型电路和低功耗电路。本书以阐明物理概念为主,定量分析为辅,并力求避免烦琐的数学推导。

全书分两部分,第一部分为核辐射探测器,介绍了广泛应用的闪烁探测器及近期发展起来的半导体探测器。第二部分共十八章。第一章和第二章分别介绍了半导体器件和 RC 电路基础。第三章介绍了脉冲放大器的基础和线性脉冲放大器。第四章至第六章分别讨论了多谐振荡器和单稳态、双稳态触发电路。第七章为鉴别器,介绍了脉冲幅度鉴别和波形鉴别。第八章和第九章分别介绍了计数率电路和计数电路。第十章介绍了用负阻器件构成的一些特殊电路。第十一章和第十二章介绍了脉冲幅度分析器和能谱测量中的一些问题。第十三章至十五章分别介绍了双极、单极晶体管数字逻辑集成电路和线性集成电路。第十六章介绍了多道脉冲幅度分析器。最后,第十七章和十八章分别介绍了低压电源和高压电源。

本书的初稿是编著者 1970 年所写的一份讲义,1972 年曾在内部学习班中使用过。在本书的编写、修改和出版过程中得到了有关单位领导的关怀和支持;一些有关工厂、研究所和大学的工人师傅、技术人员和教师审查了本书的内容,并提出了修改的建议;邢玉安、邢秀起和熊正嘉等同志在文稿和插图的整理工作中给予很大帮助。在此一并表示衷心感谢。

由于编著者水平所限,错误在所难免,恳望读者指正。

编 著 者

1976 年 1 月

目 录

序言

第一部分 核辐射探测器

引言

第一节 闪烁探测器	3
一、闪烁体	3
二、光电倍增管(GDB)	6
第二节 半导体探测器	11
一、金-硅面垒型半导体探测器	12
二、扩散结型半导体探测器	16
三、锂漂移PIN结型半导体探测器	18
四、CdTe(碲化镉)半导体探测器	22

第二部分 核仪器电子技术

第一章 半导体器件	25
第一节 PN结	25
第二节 二极管	26
第三节 晶体管	28
第四节 场效应晶体管	33
一、绝缘栅场效应晶体管	33
二、结型场效应晶体管	35
三、场效应晶体管的特性曲线	36
四、场效应晶体管及其常用参数	39
第五节 负阻器件	39
一、电流型负阻器件	40
二、电压型负阻器件	45
第二章 RC电路	48
第一节 RC电路的规律性	48
一、RC电路的充电规律	48
二、RC电路的放电规律	50
第二节 RC电路的几个特例	51
一、耦合电路	51
二、微分电路	51
三、积分电路	51
四、RC电路的输出电压上升时间 t_s	51
五、根据RC电路的输入电压幅度 U_0 和 u_R 或 u_C 的变化规律求时间常数 τ	52
第三章 脉冲放大器	53
第一节 基本放大电路	54
一、放大器的静态	54

二、动态工作特性	55
三、放大器的输入电阻和输出电阻	58
第二节 放大器静态工作点的稳定	60
一、晶体管参数随温度的变化及其对静态工作点的影响	60
二、晶体管工作点的稳定电路	62
第三节 负反馈放大器	67
一、串联电流负反馈放大器	67
二、并联电压负反馈放大器	75
三、并联电流负反馈放大器	81
四、串联电压负反馈放大器	84
第四节 跟随器	85
一、双极晶体管跟随器	86
二、单极晶体管(场效应晶体管)跟随器	102
三、单极晶体管与双极晶体管构成的组合跟随器	105
第五节 差动放大器	106
一、差动放大器的基本电路	106
二、具有零点调整的差动放大器	108
三、差动放大器的几种连接形式	109
四、实例分析	111
五、低电源电压工作点稳定的差动放大器	112
第六节 射线仪器中线性脉冲放大器的特性	112
一、放大倍数及其线性和稳定度	113
二、计数率过载特性	114
三、幅度过载特性	117
四、线性脉冲放大器的噪声	118
五、信号成形电路	122
第七节 线性脉冲放大器的基本放大单元	125
一、静态分析	126
二、静态工作点的稳定性	128
三、动态分析	128
第八节 线性脉冲放大器实例	130
一、I型单道能谱测量仪的线性脉冲放大器	130
二、430型线性脉冲放大器	132
三、低功耗的线性脉冲放大器	136
第九节 电荷灵敏前置放大器	142
一、电荷灵敏前置放大器实例	143
二、低噪声场效应晶体管电荷灵敏前置放大器	147
三、电荷灵敏前置放大器的噪声	148
第四章 多谐振荡器	150
第一节 晶体管的开关特性	150
一、晶体管的截止特性(关态)	150
二、晶体管的饱和特性(开态)	151

三、晶体管的开关瞬态特性·····	151
第二节 自激多谐振荡器的典型电路·····	153
一、准稳态(缓慢变化)过程·····	153
二、雪崩过程——电路状态翻转过程·····	155
三、翻转后的新的准稳态过程·····	155
四、自激多谐振荡器的输出脉冲宽度和频率·····	156
五、晶体管发射结反向特性对电路的影响·····	156
六、多谐振荡器上升沿畸变的改善·····	157
七、脉冲宽度连续可调的自激多谐振荡器·····	158
第三节 由NPN型和PNP型晶体管构成的同时饱和同时截止的自激 多谐振荡器·····	161
一、前半周期(BG_1 , BG_2 截止)的物理过程·····	161
二、后半周期(BG_1 , BG_2 饱和)的物理过程·····	162
第四节 发射极耦合串接多谐振荡器·····	163
一、前半周期(电容 C 充电)的物理过程·····	163
二、后半周期(电容 C 放电)的物理过程·····	164
三、振荡周期的改变·····	164
第五章 单稳态触发电路·····	166
第一节 零偏压单稳态触发电路·····	166
一、初始稳态·····	166
二、触发翻转过程·····	167
三、准稳态过程·····	167
四、返回初始稳态的翻转过程和恢复过程·····	168
五、单稳态触发电路的输出·····	168
六、单稳态触发电路的触发输入方式·····	169
七、单稳态触发电路的触发灵敏度和分辨时间·····	170
八、输出脉冲宽度 t_k 可调的单稳态触发电路·····	172
第二节 有偏压的单稳态触发电路·····	173
一、初始稳态·····	174
二、触发翻转过程·····	175
三、准稳态过程·····	176
四、恢复过程·····	177
第三节 微功耗单稳态触发电路·····	177
一、互补型微功耗单稳态电路·····	177
二、126型通用射线仪器中作脉冲整形用的单稳态电路·····	181
第四节 具有极小分辨时间的单稳态电路·····	181
一、初始稳态·····	182
二、触发翻转过程·····	182
三、恢复过程·····	182
第六章 双稳态触发电路·····	183
第一节 典型的PNP管自给偏压双稳态触发电路·····	183
一、稳态·····	183

二、触发翻转过程和恢复过程	185
三、分辨时间	186
四、输出波形	187
五、触发输入方式	187
第二节 具有 PNP 器件特性的 PNP-NPN 组合管双稳态触发电路	188
一、初始稳态	189
二、关→开的触发翻转过程	190
三、开→关的触发翻转过程	192
四、触发脉冲输入电路	192
第七章 鉴别器	194
第一节 典型鉴别触发电路	194
一、初始稳态	195
二、触发翻转过程	195
三、返回初始稳态的翻转过程	196
第二节 鉴别触发变型电路	197
一、初始稳态	197
二、触发翻转过程	198
三、电路参数的选择原则	198
第三节 具有差动输入电路的低功耗鉴别触发电路	198
一、稳态特点	198
二、鉴别触发特点	199
第四节 零交叉鉴别器	200
一、初始稳态	200
二、零交叉鉴别工作原理	202
三、零交叉鉴别器的应用——信号、噪声鉴别；粒子鉴别	204
第五节 n - γ 鉴别电路	204
一、电路的基本原理	205
二、光电倍增管输出的脉冲幅度随 τ/τ_{fl} 变化的规律	206
第六节 信号-噪声鉴别	207
一、电路原理	208
二、信号-噪声鉴别的效果	210
第八章 计数率电路	211
第一节 二极管泵计数率电路	211
第二节 晶体管泵计数率电路	213
一、共基极晶体管泵计数率电路	213
二、反向充电晶体管泵计数率电路	215
三、由 PNP 管构成的晶体管泵计数率电路	217
第三节 差值晶体管泵计数率电路	218
第九章 计数电路	219
第一节 “8+2”十进计数电路(实例分析)	219
一、初始稳态	219
二、电路的计数过程	219

三、读数显示方法(显示译码电路)·····	222
四、十进计数电路的级联·····	224
第二节 “16—6”十进计数电路(实例分析)·····	224
一、初始稳态·····	224
二、计数工作过程·····	225
第三节 “16—6”十进计数电路的发光二极管显示方法(实例分析)·····	226
一、显示器件——发光二极管·····	226
二、13型射线仪器的显示电路·····	227
第四节 “2×5”环状十进计数电路(实例分析)·····	229
一、“2×5”环状计数电路·····	229
二、五进环状计数电路在降低功耗的情况下提高速度的方法·····	235
三、“2×5”环状计数电路的显示·····	236
第五节 可控硅器件(SCR)构成的环状计数电路·····	237
一、初始稳态·····	238
二、触发翻转过程·····	238
第六节 晶体管泵阶梯计数电路·····	240
一、电路原理·····	240
二、电路参数的选择·····	241
三、下降阶梯计数电路·····	241
第十章 负阻器件构成的振荡器、触发电路和计数电路·····	243
第一节 单结晶体管构成的张弛振荡器·····	243
一、电路工作原理·····	243
二、单结管振荡电路的温度稳定性·····	245
三、实例分析·····	246
第二节 脉冲宽度和频率宽范围连续可变的矩形脉冲振荡器·····	246
第三节 隧道二极管与晶体管组合多谐振荡电路·····	248
一、工作原理·····	248
二、振荡周期、频率和振幅·····	251
第四节 隧道二极管与晶体管组合鉴别触发电路·····	251
一、电路工作原理·····	252
二、实例分析·····	254
第五节 具有截止差动输入级的隧道二极管触发鉴别电路·····	256
一、截止差动输入级·····	256
二、触发翻转的特点·····	257
第六节 隧道二极管计数电路·····	257
一、串接隧道二极管组合特性·····	258
二、五进计数电路工作原理·····	259
第七节 隧道二极管环状计数电路·····	262
一、稳态·····	262
二、触发计数过程·····	263
第十一章 脉冲幅度分析器·····	265

第一节 能谱测量的基本概念	265
一、基本概念	265
二、脉冲幅度分析器的工作方式	266
第二节 31 型射线仪器的脉冲幅度分析器电路(实例分析)	266
一、二极管鉴别电路	266
二、整形电路	268
三、反符合电路	268
四、脉冲幅度分析器的道宽	272
第三节 I 型射线仪器的脉冲幅度分析器(实例分析)	273
一、下阈电压和道宽的调节	274
二、窗放大器(道宽放大器)的作用	274
第十二章 能谱测量中的一些问题	276
第一节 能谱畸变	276
一、峰位移动	276
二、 S/N 对分辨率的影响	277
第二节 峰位稳定性问题	277
一、峰位漂移的原因	277
二、峰位自动稳定的方法	277
三、自稳反馈系统实例	280
第十三章 数字逻辑集成电路	282
第一节 基本逻辑门电路	282
一、正“与”门	282
二、正“或”门	283
三、“非”门	283
四、“与非”门	284
五、“或非”门	284
六、逻辑电路中的“与非”门、“或非”门参数	284
第二节 电阻-晶体管逻辑电路(RTL)	284
第三节 二极管-晶体管逻辑电路(DTL)	286
第四节 晶体管-晶体管逻辑电路(TTL)	286
一、 BG_5 截止时电路的稳态	286
二、 BG_5 导电时电路的稳态	288
三、电压传输特性—— $u_{sr}-u_{sc}$ 的依从关系	289
四、输出高电平 U_{scg} , 输出低电平 U_{scd} 和逻辑幅度 U_{lf}	291
五、开门电平 U_k 和关门电平 U_g	291
六、TTL“与非”门中多发射极晶体管的反向“放大”和交叉“放大”作用	292
七、TTL“与非”门的输入漏电流 I_{RE} 和输入门电流 I_E	292
八、TTL“与非”门的开关特性	293
第五节 晶体管-晶体管扩展门	296
一、晶体管-晶体管“与”扩展门	296
二、“或”扩展门	297

第六节 触发器	298
一、 R - S 触发器	298
二、多“与非”门构成的计数触发器	301
三、非对称多门触发器	305
四、由 R - S 触发器外加分立元件构成的计数触发器	307
五、集成电路 J - K 触发器	310
第七节 计数电路	312
一、非对称多门计数触发器构成的“8.4.2.1”编码二-十进制计数电路	312
二、分立元件导引的“8.4.2.1”编码计数电路	313
三、 J - K 触发器构成的“8.4.2.1”编码二-十进制计数器	315
四、 J - K 触发器构成的同步(并行)“8.4.2.1”编码二-十进制计数器	315
五、同步可逆“8.4.2.1”编码十进制计数器	317
六、“8.4.2.1”编码二-十进制计数电路的译码电路	320
七、省电的“2×5”环状计数器及译码电路	325
八、省电的“2×5”环状可逆计数器及译码电路	328
第八节 循环(节拍)译码显示电路	329
一、节拍脉冲发生器	331
二、循环(节拍)译码显示电路的工作原理	332
第十四章 MOS 场效应晶体管数字逻辑集成电路	334
第一节 P 型沟道增强型场效应晶体管集成电路的基本逻辑门	334
一、“非”门	334
二、“与非”门(负逻辑)	336
三、“或非”门(负逻辑)	336
四、“与或非”门(负逻辑)	336
五、 P 型沟道增强型场效应晶体管集成电路的输出开关时间	336
第二节 MOS 场效应晶体管触发器	337
一、 R - S 基本触发器	337
二、有时钟脉冲输入端的 R - S 触发器	338
第三节 互补型($CMOS$)场效应晶体管集成电路及其基本逻辑门电路	338
一、互补型“非”门(负逻辑)	339
二、互补型“与非”门(正逻辑)	340
三、互补型“或非”门(正逻辑)	341
四、互补型“与或非”门(正逻辑)	342
第四节 互补型场效应晶体管触发器	342
一、 R - S 触发器	343
二、 D 型触发器	343
三、 D 型触发器的参数指标	347
第五节 D 型触发器构成的计数器及其译码电路	347
一、复位	348
二、十进计数工作过程	348
三、译码电路原理	349
第十五章 线性集成电路	350

第一节 负反馈放大器集成电路	350
一、串联电压负反馈放大器	350
二、并联电流负反馈放大器	351
第二节 差动放大器集成电路	351
一、由 BG_1 和 BG_2 构成的输入级	352
二、由 BG_3 和 BG_4 构成的第二级差动放大器	354
三、由 BG_7 和 BG_9 构成的输出级——跟随器	355
四、对 5G922 电路的进一步分析	356
五、5G922 差动放大器集成电路的一些参数	357
六、5G922 电路应用实例(鉴别器、放大器、高线性计数率电路)	358
第十六章 多道脉冲幅度分析器	361
第一节 多道脉冲幅度分析器的电路结构和基本原理	362
一、模拟-数字变换器	362
二、存储部分	363
三、显示器部分	364
四、控制器部分	364
第二节 输入部分——模拟-数字变换系统	365
一、输入部分的逻辑功能	365
二、输入部分的一些主要电路	370
第三节 数据处理系统——存储器	380
一、存储器的存储单元及读-写放大器	380
二、存储器及存储逻辑	385
第四节 数据处理系统——显示器	390
一、数字-模拟变换器	390
二、显示逻辑	391
第五节 数据处理系统——控制器	395
一、幅度分析存储逻辑	396
二、计时存储逻辑	400
三、定数计时、定时计数控制逻辑	401
四、多路定标测量逻辑	404
五、数据读出	406
六、转写	410
七、清洗	410
第六节 数据处理系统—— $X \pm KY$ 运算逻辑	411
一、剥谱和积分	411
二、 $X \pm KY$ 运算逻辑	413
第十七章 低压电源	416
第一节 整流电路	416
一、半波整流电路	416
二、全波整流电路	418
三、桥式整流电路	419
第二节 滤波电路	421

一、电容滤波电路	421
二、电感滤波电路	422
三、 Π 型滤波电路	422
四、有源滤波电路	423
第三节 倍压整流电路	424
一、二倍压整流电路	424
二、四倍压整流电路	424
第四节 直流稳压电源	425
一、典型的直流稳压电路	425
二、差动放大直流稳压电路	428
三、具有辅助电源的直流稳压电路	428
第十八章 高压电源	430
第一节 产生直流高压的方法	430
第二节 核辐射仪器中探测器高压电源的指标	431
一、稳定度	431
二、输出电流	432
三、输出电阻	432
四、输出电压范围	432
五、纹波电压	432
第三节 单管间歇振荡电路构成的高压变换器	432
一、单管自激间歇振荡电路	433
二、四倍压整流电路	436
三、高压稳压电路	436
四、 RC 滤波电路	436
第四节 双管推挽间歇振荡高压变换器	436
第五节 直流高压稳定电路	437
一、从高压直接取样反馈的高压稳定电路	438
二、提高稳定度指标的措施	439
三、通过变换器的反馈绕组取样的高压稳定电路	441
第六节 实例	441

第 一 部 分

核 辐 射 探 测 器

引言

天然或人工放射性物质的原子核,能不断地放射出一些肉眼看不见的粒子流。这些粒子流也称为射线,其中常见的有 α 、 β 和 γ 射线。下面我们主要介绍对这三种射线的探测。

射线通过物质时,对物质有电离或激发等作用。例如 γ 射线照射铊激活的碘化钠晶体时会使碘化钠发光。我们对此发光现象进行测量,就能达到探测射线的目的。用来进行这种测量的探测器件,就叫做闪烁探测器。

早期根据射线对气体的电离作用进行探测的器件是充气计数管,由于它对射线探测效率不高,不如闪烁探测器优越,所以,在大多数的应用领域中已逐渐被闪烁探测器所取代。

除上述两种探测器外,近来,半导体探测器也日趋广泛地得到应用。

鉴于上述情况,本部分主要介绍闪烁探测器和半导体探测器。要了解其它类型的探测器,可参考有关的文献。

第一节 闪烁探测器

闪烁探测器的基本原理:当射线与闪烁体作用时使闪烁体发生闪光现象,这种光,通常都很微弱并且持续时间很短,难以用肉眼准确观测,所以要用光电倍增管(GDB)把光放大并转换成电脉冲,然后用本书第二部分介绍的各种单元电路所构成的电子电路,对电脉冲加以测量,从而达到探测射线的目的。

一、闪烁体

(一) 碘化钠(铊激活)[NaI(Tl)]闪烁体

碘化钠是无色透明的无机晶体。当碘化钠中加入少量的铊(约0.1~0.5%)后,就构成了探测射线用的闪烁体。

射线使碘化钠(铊激活)发光的机理:

当碘化钠掺入铊后,在铊原子的附近就形成了发光中心。碘化钠中掺入少量的铊可形成许多这样的发光中心。

当射线照射闪烁体时,射线的能量使NaI晶体原子中的电子激发而逸出,形成在晶格中自由运动的电子(当一个电子从射线得到约大于10电子伏的能量后,该电子即可形成不受约束的自由电子)。射线通过闪烁体时所消耗的能量往往都大于10电子伏,所以在闪烁体中将会产生许多自由运动的电子,这就是电子受激过程。受激的电子运动到NaI闪烁体中由于掺铊而产生的空穴处停留下来,此时,电子的能量也就降低了。退激过程是受激的电子返回基态的过程。受激的电子退激时可有几种情况。

一种情况是返回基态的电子把激发能量转换成晶格振动的能量而不发光,这样的退激方式对发光毫无贡献,称为猝灭过程。

另一种情况是返回基态的电子,将其激发能量转换成光子发射的能量,并且在电子运动到空穴后立即返回基态的同时放出光子,这部分光子称为荧光。一个受激电子按这种发射

光子的方式退激所对应的时间约 10ns, 这段时间称为发光时间, 所以荧光是很短暂的。

还有一种情况是, 电子运动到空穴后, 并不立即发射光子, 并且这些电子从晶格振动中获得新的能量而又逸出, 形成自由电子。之后, 再运动到空穴处, 象前两种情况一样退激。最后这种退激所对应的时间显然被拖长, 通常约大于 $1\mu\text{s}$, 这种方式发射的光子称为磷光。

由以上分析可知, NaI 在射线作用下之所以能发射荧光和磷光与 NaI 掺铊后在铊原子处形成的空穴有关。所以通常把这些铊原子称为发光中心。

实际应用的 NaI(Tl) 闪烁体, 一般装在一个端面盖有光学玻璃的铝盒内(如图 1 所示)。

为了使 NaI(Tl) 中任何一点的光子发射都能从 AA' 面射出, 在 NaI(Tl) 与铝壳之间充填有 MgO(氧化镁)粉, 用以反射光子。当光子被反射到 AA' 面时, 由于碘化钠与玻璃之间有空气, 因而会有如图 1 虚线所示的界面反射, 这种情况是不利的。为了克服界面反射, 就在碘化钠与玻璃之间充填折射率较大的硅脂(折射率为 1.5)。

碘化钠是很容易潮解的晶体, 所以必须采取严格的密封措施。否则碘化钠即便有轻度受湿现象, 也会使原来透明无色的晶体变成黄色, 透明度下降, 这就会减弱射出 AA' 面的光的亮度。严重受湿后, 将会完全破坏晶体。当发现晶体受湿变黄后, 应立即打开铝壳, 把表面受湿的晶体磨去并重新封装, 然后方可使用。

所以在贮存和使用时应特别注意。

碘化钠闪烁体的 AA' 面与光电倍增管相接。同样, 为了避免空气界面的反射, 在闪烁体与光电倍增管接触面之间涂以硅脂或硅油。

碘化钠闪烁体与光电倍增管构成的探测器通常用来探测 γ 射线。NaI(Tl) 闪烁探测器从光电倍增管输出的电脉冲幅度与入射的射线能量有正比关系, 所以可用于射线的能谱测量。

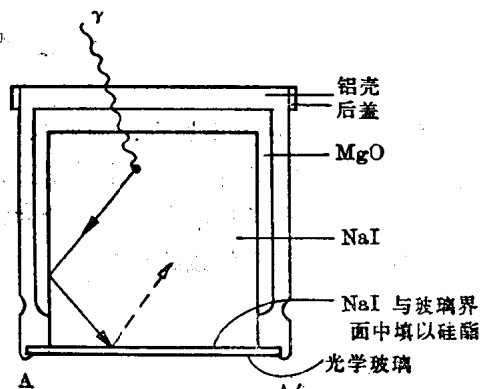


图 1

(二) 硫化锌(银激活)[ZnS(Ag)]闪烁体

硫化锌(银激活)闪烁体, 对 α 粒子的探测效率极高, 并且其输出光子与入射能量有正比关系。但是, ZnS 本身透明度很差, 有自吸收, 所以往往破坏了其输出光子与入射能量的正比关系, 因此硫化锌闪烁体通常用来测量 α 粒子的强度, 而不用来进行 α 粒子能谱测量。

ZnS(Ag)也是一种无机晶体。其发光机理与 NaI(Tl) 相同。

常用的几种无机闪烁体性能参数见下表:

几种无机闪烁体的主要性能参数

闪 烁 体	密 度 (克/毫米 ³)	发射光谱最 强处的波长 (埃)	对 β 粒子相 对光能输出 (以铊为 100)	发 光 时 间 (μs)	其 它
NaI(Tl)	3.65	4100	210	0.25	易 潮 解
CsI(Tl)	4.51	4200~5700	55~95	1.1 (β) 0.43 (α)	不 潮 解
ZnS(Ag)	4.10	4500	200	约 10	多 晶 粉 末 ϕ 约 10 微米