

模仪-4005

核粒子探测用薄半导体透射式计数器系统

中国科学院原子核科学委员会編輯委员会
文 献 編 輯 室 編 輯



引 言

核粒子探测和识别用半导体 de/dx 透射式计数器和 E 计数器的优点, 在 H.E.Wegner 的文章^[1]中已经作了阐述。在别的地方已经用研磨法和浸蚀法^[1, 2]制备出了薄到 0.002 吋的平面硅表面位垒透射式计数器。由于硅片性脆, 当做得如此之薄时常易弄碎。我们决定在厚 0.010 至 0.014 吋的硅片中心研磨孔穴, 以得到薄的中心区而四周由较厚的外环支持, 这就便于在其上敷接触层 (参看图 1)。

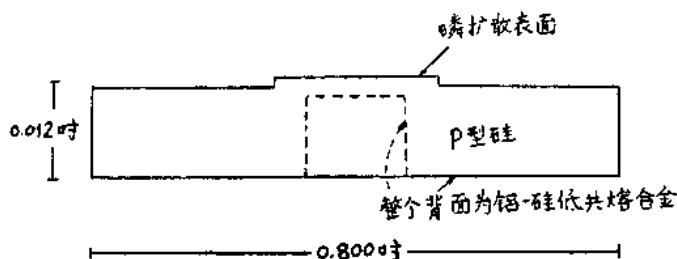


图 1 透射式计数器简图

研磨孔穴所得到的厚薄均匀度尚不如研磨平面计数器的。然而, 由于不均匀透射式计数器所引起的 E 计数器分辨率的损失, 可用按合适的比率把来自两个计数器的脉冲相加的办法来补偿。

透射式计数器的制备

首先准备一块厚 0.010 至 0.014 吋的磷扩散 2000 欧姆-

厘米 P-型硅台面式计数器，并在其背面研磨一孔穴，穴深比中心区所需厚度约多 0.001 吋。

使用以 120 轉/分偏心 1/32 吋旋轉的直径 5/32 或 7/32 吋的加槽銅磨輪 (grooved brass lap) 来研磨孔穴。用石腊粘在光学平面玻璃片上的硅晶体，以 120 轉/分反向旋轉，并用 6 微米的金剛砂研磨。然后，把研磨面放在 CP-4 液（一种氢氟酸硝酸醋酸浸蝕液）中浸蝕，以得到最終的厚度。

为完成此计数器，在它的背面蒸发一层厚 1000 埃的鋁金属，并在低共熔溫度 577℃ 下与硅形成合金。假如結的邊緣在研磨过程中被损坏，那就需要重新浸蝕結。

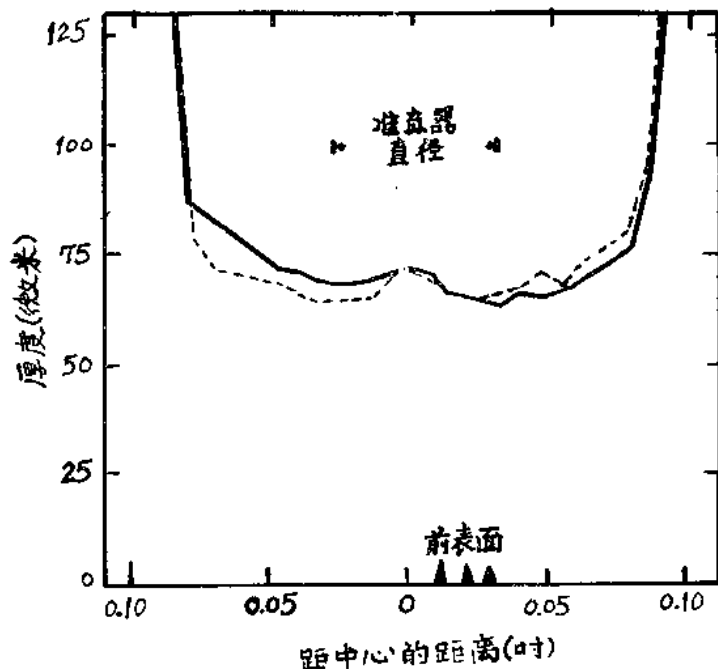


图 2 浸蝕后的典型厚度剖面图。示出了在直角处的两部分

厚度剖面图是用一台 500 倍的金相显微镜得到的。放有计数器的显微镜玻璃承物片的上表面用作测量的参考。

图 2 表明 5/32 吋研磨孔穴在浸蚀后的典型剖面图。

计数器的特性

对 Au 合金和 Al 合金 两种 背面接触层都作了试验。金敷层的计数器表明有较大的反向偏流 (图 3)。我们没有发现在电压高于使整个薄中心区成为耗尽区所需的电压时, 电流-电压曲线的斜率有所减小。假如大部分漏电流是由于从

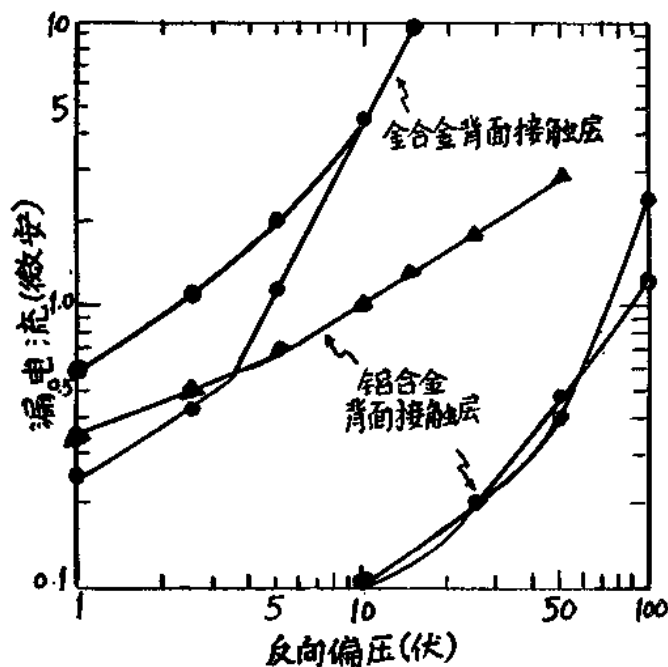


图 3 Al 和 Au 合金背面接触的典型反向偏流特性

背面注入載流子引起的，那么这种减小是肯定会发生的〔2〕。

計数器是用經直径 0.060 吋的孔准直的 Am^{241} 的 5.477 兆电子伏 α 粒子来测试的。正如所料，当粒子进入前面时，由于位于前面的結的“內在”場而观察到了脉冲。也观察到了进入計数器背面的粒子的寬峰，其中一些电荷是由于扩散而收集到的。峰值高度在 5 伏偏压以后只增大較小的数值，并且不論粒子入射到前面还是背面都在同一道中显示出来（图 4），这表明耗尽层达到整个較薄部分的背面，实际上沒有不灵敏层。对 α 粒子的分辨率是 35 仟电子伏（半峰值寬度）。

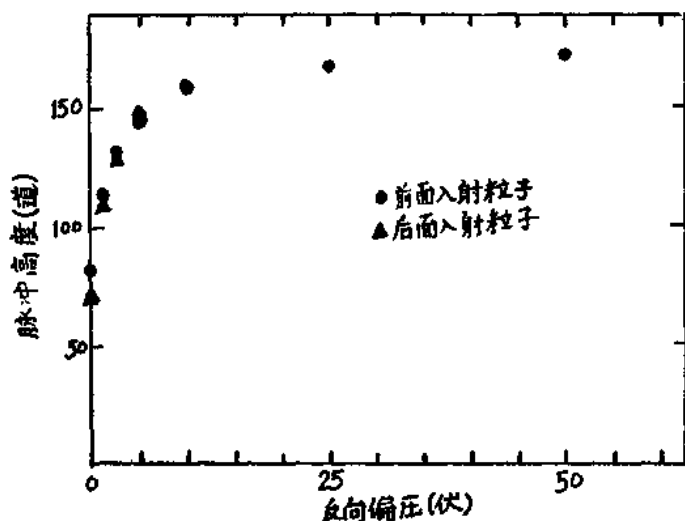


图 4 脉高与偏压的关系曲线

計数器望远鏡系統的分辨率

应用来自 Crocker 60 吋迴旋加速器的 48 兆电子伏 α 粒子束进行了下列試驗。計数器望远鏡放置在偏离射束 15 度角的散射室里，并观测在 0.001 吋金箔上彈性散射的 α 粒子。試驗設備早已有了叙述〔3〕。

对于用作 E 計数器的厚 0.050 吋的鋰 漂移硅 p-i-n 探测器〔4〕，当沒有透射式計数器放在它的前面时， α 峰分辨达 1.12%（半峰值寬度）。此寬度的主要部分是由于迴旋加速器射束的能量离散所致。

把一个厚 0.0027 吋的透射式計数器放在 E 計数器前面， α 峰的分辨率为 1.38%。

在把脉冲高度之比首先調节到与每个計数器中能量損失大小之比相等后，把来自两个計数器的脉冲相加，可以补偿能量分辨率的大部分損失。通过相加这些脉冲，得到了 1.19% 的分辨率。简单的无源脉冲加法电路方框图如图 5 所示。

假如在透射式計数器中的分辨率是 16.5%，利用脉冲加法器可以得到改善。所測得的分辨率通常为 15%，并且在 13% 至 17% 內变化。如果对于每一厚度假定有相等的截面，那么仅仅在直径 0.060 吋的准直区域內的厚度变化，就能引起 12% 的离散。

按照 Symon〔5〕的計算，在一块均匀的 0.0027 吋的厚吸收体（其中能量損失为 1.92 兆电子伏）中的能量損失的統計漲落为 4.2%（半峰值寬度）。这一能量离散同由于不均匀度所致的 12% 离散相比是可以忽略的，因为通过此两个量的平方和的开方来結合这两种离散仅为 12.7%。

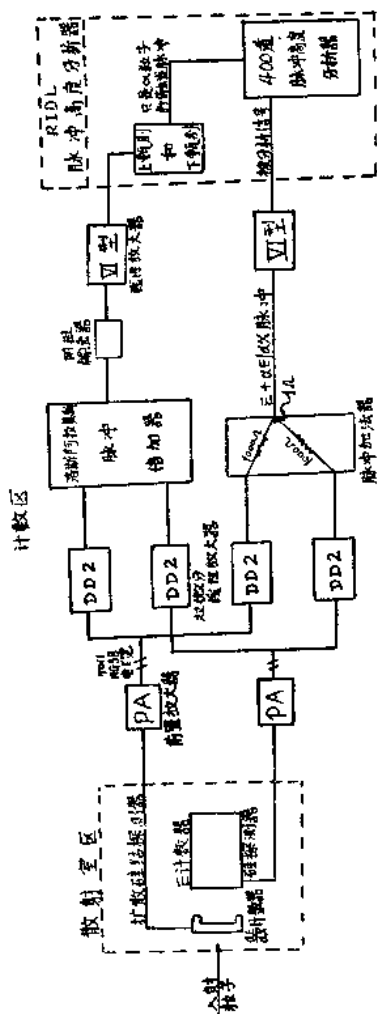


图 5 无源脉冲加法电路的完整方框图

結 論

上述半导体透射式計数器已經成为非常坚固的装置。

最近使用 7/32 吋磨輪在背面研磨一个較大直径(1/4吋)的孔穴, 已經得到了厚度比迴旋加速器試驗中所用的更加均匀的一些探测器。最好的結果表明, 在直径 0.060 吋的区域里仅有 0.00016 吋的变化。

应用脉冲加法器来消除由于不均匀透射式計数器所引起的离散已經实现。即使使用均匀的透射式計数器, 能量离散也很大, 但是通过脉冲相加, 可以改善能量分辨率。

参 考 文 献

[1] H. E. Wegner, Semiconductor Nuclear Particle Detectors Proceedings on an Informal Conference, Asheville, North Carolina, September 1960; National Academy of Sciences, National Research Council, Nuclear Science Series Report 32 (1961) p. 74 (NAS, NRC Pub. No. 871).

[2] P. T. Andrews, Thin Silicon Surface Barrier Counters, University of Liverpool Dept. of physics report, ULDP Series (not numbered or dated (unpublished)).

[3] B. G. Harrey and J. Cerny, Phys. Rev. 120, 2162 (1960).

[4] J. H. Elliott, Nuclear Instr. and Methods 12, 60 (1961).

[5] Bruno Rossi, High-Energy Particles (Prentice-Hall, Inc., Englewood cliffs, New Jersey) Chap. 2.