

带电重粒子激發的 γ 射綫在同位素分析及技术上的应用

加速后的質子或 α 粒子等带电重粒子和多种原子核类似反应而产生 γ 射綫。 γ 射綫的能量、譜綫分布和产额是被冲击的原子核的一个标帜。这一标帜和带电重粒子的冲击能量也有确定的关系。如所周知，在原子核物理实验中，常利用这些事实来研究和冲击粒子起反应的靶子材料的情况。本文指出利用这样产生的 γ 射綫作为同位素分析及技术应用的广泛可能性。这种可能性基于最近用閃爍晶体及电子学方法作 γ 射綫的高分辨率及高效率測定的成就。

用从静电加速器出来的能量一致和聚焦良好的离子束，試驗材料作为靶子。用閃爍儀仅探测 γ 射綫。根据已知的实验事实，这种方法可有如下的特性：

(1) 最有用的重粒子是3 Mev以下質子。其他带电重粒子也有可以应用的地方。

(2) 便于分析的同位素或元素主要是較輕的一些，如Li, Be, B, C, N, F, 以及Na, Al, Mg等。

(3) 平面上材料的分布，能够分辨的距离为0.5 mm或更小。

(4) 能达到的材料的深度或厚度在10 mg/cm²的数量级。对于气体，这厚度要看它的密度或气压而定。就固体說，它相当于0.03mm的铝层或碳层。在适当的情况，材料深度上的变化能分辨到全部的5%。利用能量較高的带电重粒子可以达到更深的地方。

(5) 所用材料可很少，相当于微量或超微量的范围。

(6) 反应是瞬时的。

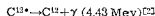
(7) 材料在时间上的变化，在特定的情况可以分辨到1秒鐘以內。1分鐘是容易做到的。因此可能分析本身在运动中的物質。

(8) 材料的化学組成可有多种。混合物也可。反应产额主要看被檢驗的同位素的濃度。

由上述的特性可見这种方法包含一些现在在其他方法(包括質譜分析、放射性同位素方法、中子或带电粒子照射活化法^[1])所未能做到的方面。它的缺点和限制是由所需的设备、所能利用的核反应和材料中混入某些杂质情况决定的。

这里举几个初步的可供探討的例子。

(1) 在分离的同位素——N¹⁴和N¹⁵——的过程中，产物可用1—2 Mev的質子冲击，利用下列反应产生的 γ 射綫測定它的同位素成份：



用现有的測量方法，N¹⁴的成份可低于5%，而N¹⁵的成份则可低于0.03%。其他Li, B, C等也可作类似的分析。在用电磁分离或表面扩散的分离方法时，产物所附着的表面即可直接作为靶子。这方法的准确度不及質譜分析，但有它的便利之处。

(2) 鋁(Al²⁷)既無其他穩定同位素又無寿命够长的放射性同位素。在同位素应用上可用的激活反应Al²⁷(n, α)Na²⁴能作較大量的分析而不易作微細結構的分析。但在Al²⁷(p, γ)Si²⁸反应中，有高产额的 γ 射綫，及寬度小于几个Kev，因此可当作沒有寬度的單綫的共振峰^[3]。变重冲击質子的能量，由所得的 γ 射綫可以測量鋁的薄層的厚度和深度分布。例如在半导体上利用反射或扩散法加上薄層的鋁的导体时，即可用这种方法研究。具有足够能量的質子可先穿过一层其他物質再到达内部的鋁层。

碳的薄層或深度分布也可用类似方法。这在金屬或有有机物的研究上可能有用。C¹²(p, γ)N¹³在0.46 Mev处，C¹³(p, γ)N¹⁴在1.76 Mev处都有强共振峰。

此外，这种方法可能应用的問題，如C, B, F等

在金屬、矿石或其他切片或表面上的半微細結構，微量的存在；有关扩散、吸附、而体溶解等表面现象；沾染的檢查及控制；表面的磨損；金屬和非金屬的沉淀、沉积等过程；混合的过程；混合物的分析；微粒的分析；在 γ 射綫及 β 射綫厚度計所能应用的范围以外的金屬或非金屬的薄層、細綫等的測量和控制等，都是值得探討的。

李 武 叶 銘 汉

(中国科学院物理研究所)

1957年4月12日

- [1] 例如 A. И. Бродский, Химия Изотопов /Изл. АН СССР, Москва, 1952) (楊承宗、郭範華等譯, 科學出版社, 1956); Nucleonics, 14, No. 5 (1956).
- [2] F. Aizenberg and T. Lauritsen, Revs. Mod. Phys., 27, 77 (1955).
- [3] K. J. Broström, T. Haas and R. Tangen, Phys. Rev., 71, 661 (1947); P. M. Endt and J. C. Kluyver, Revs. Mod. Phys., 26, 95 (1954).