

人的毛发样品的质子激发X线(PIXE)分析

K.M. Varier, A.K. Nayak, G.K. Mehta

摘要: 将人的毛发表用2MeV的质子进行激发X线(PIXE)分析, 发现从同一个人的不同部位上的毛发中所取得的痕量元素的含量, 其标准差范围为17—28%, 而从不同人的毛发中所得到的痕量元素的含量其标准差范围为26—69%。在同一个人身体上不同部位的毛发中, 所含痕量元素的重大差异, 显示出痕量元素在毛发中的吸收和累积是取决于身体上毛发所处的位置。白发与黑发中痕量浓度也显出有所不同。

引言

在过去十年中已掌握了用质子来诱导X线的发射, 使它成为测定各种毛发痕量元素含量的最有效的技术之一。多元素性、低测定限度(10^{-12} g)及对元素为 $Z \geq 15$ 的高灵敏度是本法的一些基本特点。

许多痕量元素能够影响活组织的生长已人所共知。对有机组织进行很精确的元素分析已引起人们极大的关注, 并且在此领域中, PIXE法的特点必能成功地被利用。

毛发是最易得到的生物组织之一, 它所含的痕量元素反映出人体中很长一段时间的生物过程。还由于毛发连续地暴露于空气中, 所以毛发中含有环境污染物的标记。因

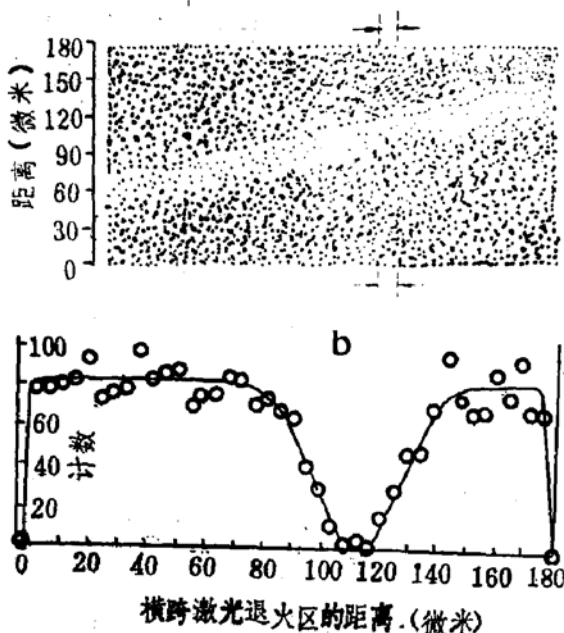


图4: (a) 损伤层和激光退火后的显微照片。损伤区与图3的上面一条曲线对应。低密度区域是用激光退火后得到的。(b) 与图4(a)箭头所指示的窄条相对应, 将微束沿此窄条进行扫描所得到的RBS谱。

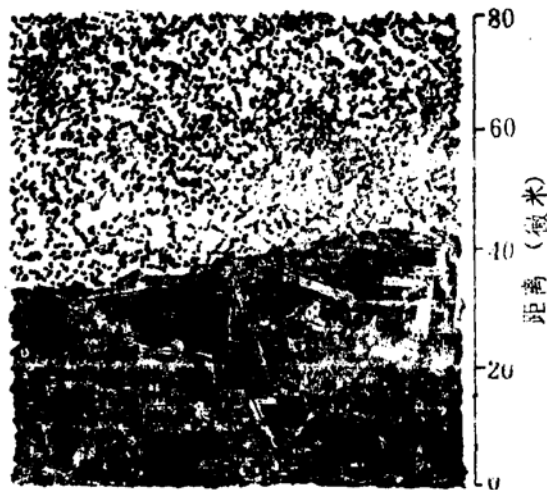


图5 多晶Si晶粒边界的沟道对比显微图。

参考文献(略)

(邵明珠译自IEEE NS-30, No.2, 1983, 罗诗裕校)

而将PIXE法应用到毛发的分析上已被采纳,并得到相当地注意。已经开展研究的主要方面包括:毛发样品中各种痕量元素的平均浓度、毛发横切面直径的差异、毛发根部至其末梢距离的函数以及在生物学上的某些非主要元素用来作为环境污染的指标。

本工作研究的目标是取同一个人身上不同部位的毛发以及从同一人头上的不同部位取样进行痕量元素含量的比较,也打算在黑发与白发中进行所含痕量元素浓度的比较。

实 验 步 骤

毛发样品的PIXE法分析研究是在坎普尔的美国伊利诺斯理工学院高压静电加速器上用能量为 1 MeV 的质子进行。至于在坎普尔关于PIXE分析系统的细节已在别处发表过。毛发样品切割为约 1 mm 长的一小段,首先用丙酮洗涤,然后用蒸馏过的去离子水洗涤,最后再用丙酮洗涤。之后将样品夹在两个薄($\sim 15\mu\text{g}/\text{cm}^2$)透明塑胶片之间,该透明塑胶片靶用流强 $20\sim 50\text{ nA}$ 能量 1.8 MeV 的质子照射,每个样品照射的时间大约为1小时。特征X线是用ORTEC Si(Li)的探测器进行检测,并在ND6600分析仪上进行分析。

结 果 与 讨 论

由几位作者已报导过,锌在毛发中的含量沿毛发的长度保持不变,所以人们认为毛发中的锌没有由于暴露于环境中而受到大的影响,因此元素的浓度可用同锌浓度的比的关系来表示。

表1是从头的不同部位取样表示头发样品中各种元素的浓度比,也表示了比的均值与相应的标准差。

表2表示同一人身体上不同部位的毛发样品的痕量元素含量的比较,身体上不同部位毛发样品中痕量元素的含量有很大不同,

这说明痕量元素在毛发中的吸收和累积决定于身体上毛发所在的部位。

从腋窝中所取的毛发样品,没有检测出铅,由于在腋窝中的毛发很少暴露于大气中,这说明铅可能完全是环境的污染物。通过观测进行比较,发现由城市居民(他们暴露于汽车的废气中而受铅的污染)所收集到的毛发样品中,其铅含量大于乡村居民毛发中的含量,这就是一个确切的证据。从腋窝毛发样品中观测到 Cl/Zn 和 K/Zn 之比都是比较大的。较大的Cl和K含量的升高,是因为吸收了汗液,而汗液是已知含有这些元素。

在表3中,我们做了在五种不同人中,关于黑发与白发所含痕量元素浓度与锌的比较。在黑白两种类型的头发中,Cl、K、Mn、Cu和Pb的浓度比高的数据个数和浓度比低的数据个数是差不多的。如果锌的平均含量在两种类型中假设是相同的,那么上述结果说明这些元素的痕量浓度是相同的,与头发的颜色无关。人们或许认为在白头发中含的铜少,因为头发的颜色是由于所含铜的色素所致,即所谓黑色素。Eads、Lambdin、Shroeder和Nason等确实观察到两种类型头发中的铜含量不相同,他们没有找到铜含量与头发颜色之间有任何一定的关系。因此,铜很可能主要是从头发的外部吸收,并以某种形式存在而不是黑色素。

表3也显示了 Ti/Zn 和 Fe/Zn 的比例偏大,而在白发中 Ca/Zn 的比例偏小,这个原因不清楚。

在表4中,本实验是将得到的人头发痕量浓度的均值与Husain等所得到的均值进行比较,也与Iyengar等报告中一系列的值做比较,误差引用的是标准偏差。本实验对于不同人的样品标准偏差为 $26\sim 69\%$,与同一人(表I)的头上各部位所取的头发样品的标准偏差为 $17\sim 28\%$ 两者进行比较。

结 论

在同一人头上不同部位的头发样品中，其元素的平均痕量浓度与不同人的头发样品中元素的痕量浓度比较，其标准偏差小。在同一身体之不同部位的毛发样品中，元素含

量有很大的不同，这说明元素含量与身体毛发的部位有关。结论是在白发与黑发间元素浓度对锌之比没有任何确定的和结论性的关系，这两种头发中元素浓度只依赖于“头发中锌含量不变”这个假设。

表 1 同一人头上不同部位的头发样品中元素浓度与锌之比

元素	头发样品							
	左前	右	左边	右边	后部	后顶	中心	均 值
Cl	12.0	13.2	15.1	9.4	10.8	6.5	11.5	11.7±2.8
K	0.40	0.25	0.39	0.41	0.35	0.45	0.25	0.37±0.08
Ca	3.5	2.5	2.0	2.1	1.3	2.8	2.0	2.2±0.6
Ti	0.032	0.014	0	0	0	0	0	0.023
Mn	0.015	0.016	0.019	0.021	0.014	0.018	0.013	0.017±0.003
Fe	0.33	0.21	0.20	0.23	0.23	0.32	0.23	0.27±0.06
Cu	0.10	0.11	0.08	0.08	0.10	0.03	0.06	0.09±0.02
Pb	0.20	0.03	0.11	0.25	0.03	0.14	0.07	0.18±0.12

表 2 同一人身体的不同部位毛发样品中元素浓度与Zn之比

元素	毛发位置					
	头	面	腋窝	前臂	胸	足
Cl	11.7	14.7	54.7	25.9	9.7	42.3
K	0.37	1.7	19.5	4.4	5.7	3.0
Ca	2.2	3.6	7.1	5.0	0.67	4.6
Ti	0.02	0.04	0.06	0.04	0.02	0.03
Mn	0.02	0	0	0	0.007	0.02
Fe	0.27	0.40	0.55	0.45	0.20	1.1
Cu	0.09	0.06	0.13	0.14	0.08	0.13
Pb	0.18	0.13	0	1.1	0.62	1.3

表 3 黑 发 与 白 发 的 比 较

元素	黑 ¹ 白		黑 ² 白		黑 ³ 白		黑 ⁴ 白		黑 ⁵ 白	
	Cl	11.7	11.5	7.6	11.1	13.0	14.6	6.4	7.0	10.3
K	0.37	0.46	3.4	3.0	0.74	1.0	0.80	1.2	1.6	1.3
Ca	2.2	1.2	5.7	4.4	2.4	1.5	10.3	3.9	3.1	1.8
Ti	0.02	0.37	0	0.4	0	0.13	0.05	0.11	0	0.02
Mn	0.02	0.02	0.01	0.03	0.02	0.06	0.02	0	0.01	0.02
Fe	0.27	0.84	0.19	0.65	0.34	0.31	0.20	0.41	0.13	0.19
Cu	0.09	0.17	0.05	0.07	0.10	0.04	0.06	0.09	0.05	0.05
Pb	0.18	0.24	0.06	0.07	0.07	0.01	0	0	0.03	0.03