(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107229080 A
(43)申请公布日 2017.10.03

(21)申请号 201710369388.6

(22)申请日 2017.05.23

(71)申请人 兰州大学
地址 730000 甘肃省兰州市城关区天水南路222号

(72)发明人 兰长林 张毅 吕韬 武宏亮 冯周 潘小东 解保林 谢芹

(74)专利代理机构 北京科亿知识产权代理事务所(普通合伙) 11350
代理人 汤东凤

(51)Int.Cl.
G01V 5/10(2006.01)
G01V 13/00(2006.01)
G01T 1/36(2006.01)

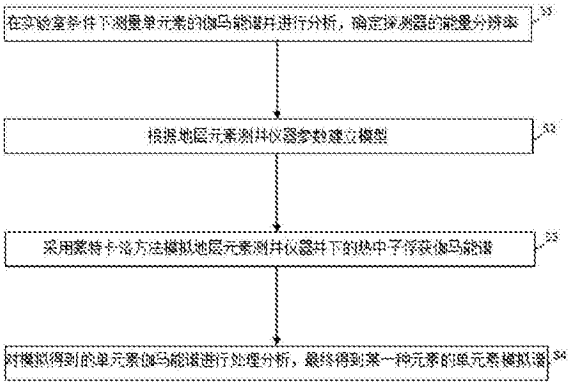
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

一种元素测井中子俘获伽马能谱的获取方法

(57)摘要

本发明公开了一种元素测井中子俘获伽马能谱的获取方法，在实验室条件下测量单元素的伽马能谱并进行分析，确定探测器的能量分辨率；针对地层元素俘获伽马能谱测井仪器参数建立模型；采用蒙特卡洛方法模拟地层元素俘获伽马能谱测井仪器井下的热中子俘获伽马能谱；对模拟得到的单元素伽马能谱进行处理分析，从而确定某一种元素的单元素模拟谱。本发明的有益效果是针对地层元素测井技术中ECS测井仪建立模型，得到某一种元素的单元素模拟谱，为ECS测井仪器的数据处理提供重要技术支撑。



CN 107229080 A

1.一种元素测井中子俘获伽马能谱的获取方法，其特征在于按照以下步骤进行：

步骤一：在实验室条件下测量单元素的伽马能谱并进行分析，确定探测器的能量分辨率；

步骤二：针对地层元素俘获伽马能谱测井仪器参数建立模型；

步骤三：采用蒙特卡洛方法模拟地层元素俘获伽马能谱测井仪器井下的热中子俘获伽马能谱；

步骤四：对模拟得到的单元素伽马能谱进行处理分析，从而确定某一种元素的单元素模拟谱。

2.按照权利要求1所述一种元素测井中子俘获伽马能谱的获取方法，其特征在于：所述步骤一中，通过搭建实验平台得到一些地层单元素样品伽马能谱，分析不同元素的伽马能谱并计算出BGO探测器的能量分辨率；

能量分辨率与能量以及半高宽的关系公式：

$$\eta=\frac{\Delta E}{E}\times 100\%$$

能谱半高宽和能谱关系式：

$$FWHM=a+b\sqrt{E+cE^2}$$

E是粒子能量，a的单位是MeV，b的单位是$\sqrt{MeV}$，c无单位。

3.按照权利要求1所述一种元素测井中子俘获伽马能谱的获取方法，其特征在于：所述步骤二中模型选择$^{241}Am(\alpha,n)^{9}Be$同位素中子源；选择MCNP中的通用源模型且将其设置为体积源；测井仪模型部分是根据ECS测井仪所使用的测井仪器的几何尺寸，部件构成和其他一些相关参数建立；地层模型部分外径为160cm，内径为20cm，高为240cm的同心圆柱体。

4.按照权利要求1所述一种元素测井中子俘获伽马能谱的获取方法，其特征在于：所述步骤三中，根据步骤二获得的中子俘获伽马能谱数据，处理分析各元素的能量窗内的模拟伽马能谱计数，包括：1)对所述中子俘获伽马能谱数据进行预处理，获得预处理后的单元素中子俘获伽马能谱模拟数据；2)对所述预处理后的单元素中子俘获伽马能谱进行归一化处理，获得归一化处理后的单元素中子俘获伽马能谱数据；3)根据所述归一化处理后的单元素中子俘获伽马能谱数据，获取所述反映各元素的能量窗内的伽马能谱计数。

5.按照权利要求1所述一种元素测井中子俘获伽马能谱的获取方法，其特征在于：所述步骤四中，对模拟得到的单元素伽马能谱进行处理分析包括：对所述中子俘获伽马能谱数据进行预处理，为了得到比较平滑的数据，必须将这些毛刺去除，对所述预处理后的单元素中子俘获伽马能谱进行归一化处理，获得归一化处理后的单元素中子俘获伽马能谱数据；根据所述归一化处理后的单元素中子俘获伽马能谱数据，获取所述反映各元素的能量窗内的伽马能谱计数；将步骤二中的模拟模型地层部分加入某种元素单质或氧化物，通过步骤三、步骤四后，最终得到某一种元素的单元素模拟谱，利用不同的单元素样品重复步骤二、步骤三、步骤四，进而可以得到一套较为完整的元素俘获伽马谱。

6.按照权利要求5所述一种元素测井中子俘获伽马能谱的获取方法其特征在于：所述毛刺去除采用五点滤波法去除毛刺，五点三次平滑公式如下：

$$\bar{y}=\frac{1}{35}(-3y_{i-2}+12y_{i-1}+17y_i+12_{i+1}-3y_{i+2})$$

为了消除随机误差的影响，提高实验数据的质量，取相邻的5个数据点，拟合出一条3次曲线来，然后用3次曲线上相应的位置的数据值作为滤波后结果，获得预处理后的单元素中子俘获伽马能谱模拟数据。

一种元素测井中子俘获伽马能谱的获取方法

技术领域

[0001] 本发明属于地球物理测井技术领域，涉及一种元素测井中子俘获伽马能谱的获取方法。

背景技术

[0002] 元素俘获能谱测井仪器(简称ECS)采用的是$^{241}Am-^{9}Be$中子源，放射出中子的能谱范围为0～10MeV。在中子与地层物质的相互作用过程中，主要可分为中子慢化阶段和中子吸收阶段两个阶段。数据探测系统探测这两个阶段发出的γ射线。在中子慢化阶段，只有非弹性散射能发出γ射线。在中子吸收阶段，热中子与原子核发生俘获反应可以放射出γ射线。当发生俘获反应时，中子被靶核吸收形成复合核，而后复合核通过发射特征γ光子回到基态，该俘获反应阶段的中子能量较低。元素俘获能谱测井主要是中子与地层发生非弹性散射和俘获这两个核反应发出γ光子，探测器到探测γ射线。最后对探测到的γ射线进行分析、解谱和计算出地层中各种元素的含量。

[0003] 在对元素俘获伽马能谱测井获得的原始测量谱进行解谱时需要用到单元素标准谱。所谓单元素标准谱就是一种元素与中子发生作用发出γ光子，并被探测器记录的谱线。国外斯伦贝谢公司确定单元素标准伽马能谱的方法是使用标准井实验确定，建立一个标准实验井，若需要测量某种元素的单元素谱，则将含有该元素的化合物填充在标准井内并且用探测仪测量该井得到伽马能谱，最后剥去其他干扰元素的伽马能谱就得到该种元素的单元素伽马能谱。国内目前还没有针对单元素建立的标准井，因而无法通过实际仪器测量获得标准谱，从而制约了国内相关仪器的研发和油田现场的实际应用。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于提供一种元素测井中子俘获伽马能谱的获取方法，解决了国内目前还没有针对单元素建立的标准井，因而无法通过实际仪器测量获得标准谱，从而制约了国内相关仪器的研发和油田现场的实际应用的问题。

[0005] 本发明按照以下步骤进行：

[0006] 步骤一：在实验室条件下测量单元素的伽马能谱并进行分析，确定探测器的能量分辨率；

[0007] 步骤二：针对地层元素俘获伽马能谱测井仪器参数建立模型；

[0008] 步骤三：采用蒙特卡洛方法模拟地层元素俘获伽马能谱测井仪器井下的热中子俘获伽马能谱；

[0009] 步骤四：对模拟得到的单元素伽马能谱进行处理分析，从而确定某一种元素的单元素模拟谱。

[0010] 进一步，步骤一中，通过搭建实验平台得到一些地层单元素样品伽马能谱，分析不同元素的伽马能谱并计算出BGO探测器的能量分辨率；

[0011] 能量分辨率与能量以及半高宽的关系公式：

[0012] $$\eta=\frac{\Delta E}{E}\times 100\%$$

[0013] 能谱半高宽和能谱关系式：

[0014] $$FWHM=a+b\sqrt{E+cE^2}$$

[0015] E是粒子能量，a的单位是MeV，b的单位是$\sqrt{MeV}$，c无单位。

[0016] 进一步，步骤二中模型选择$^{241}Am(\alpha,n)^{9}Be$同位素中子源；选择MCNP中的通用源模型且将其设置为体积源；测井仪模型部分是根据ECS测井仪所使用的测井仪器的几何尺寸，部件构成和其他一些相关参数建立；地层模型部分外径为160cm，内径为20cm，高为240cm的同心圆柱体。

[0017] 进一步，步骤三中，根据步骤二获得的中子俘获伽马能谱数据，处理分析各元素的能量窗内的模拟伽马能谱计数，包括：1)对所述中子俘获伽马能谱数据进行预处理，获得预处理后的单元素中子俘获伽马能谱模拟数据；2)对所述预处理后的单元素中子俘获伽马能谱进行归一化处理，获得归一化处理后的单元素中子俘获伽马能谱数据；3)根据所述归一化处理后的单元素中子俘获伽马能谱数据，获取所述反映各元素的能量窗内的伽马能谱计数。

[0018] 进一步，步骤四中，对模拟得到的单元素伽马能谱进行处理分析包括：对所述中子俘获伽马能谱数据进行预处理，为了得到比较平滑的数据，必须将这些毛刺去除，对所述预处理后的单元素中子俘获伽马能谱进行归一化处理，获得归一化处理后的单元素中子俘获伽马能谱数据；根据所述归一化处理后的单元素中子俘获伽马能谱数据，获取所述反映各元素的能量窗内的伽马能谱计数；将步骤二中的模拟模型地层部分加入某种元素单质或氧化物，通过步骤三、步骤四后，最终得到某一种元素的单元素模拟谱，利用不同的单元素样品重复步骤二、步骤三、步骤四，进而可以得到一套较为完整的元素俘获伽马谱。

[0019] 进一步，毛刺去除采用五点滤波法，五点三次平滑公式如下：

[0020] $$\bar{y}=\frac{1}{35}(-3y_{i-2}+12y_{i-1}+17y_i+12_{i+1}-3y_{i+2})$$

[0021] 为了消除随机误差的影响，提高实验数据的质量，取相邻的5个数据点，拟合出一条3次曲线来，然后用3次曲线上相应的位置的数据值作为滤波后结果，获得预处理后的单元素中子俘获伽马能谱模拟数据。

[0022] 本发明的有益效果是针对地层元素测井技术中ECS测井仪建立模型，得到某一种元素的单元素模拟谱，为ECS测井仪器的数据处理提供重要技术支撑。

附图说明

[0023] 图1是本申请实施例中地层元素测井中子俘获伽马能谱获取方法流程图；

[0024] 图2是本申请一实施例中蒙特卡罗模拟模型的示意图；

[0025] 图3是本申请一实施例中一套单元素伽马能谱图。

[0026] 图中：301-镅铍同位素中子源，302-BGO晶体探测器，303-模拟井眼，304-地层元素测井中的地层部分。

具体实施方式

[0027] 为了使本技术领域的技术人员更好地理解本申请中的技术方案，下面将结合本申请实施例中的附图，对本申请实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述。下面结合附图，对本申请实施例的具体实施方式作进一步的详细说明。

[0028] 参考图1，本申请实施例提供了一种地层元素俘获伽马能谱测井单元素中子俘获伽马能谱获取方法，所述方法包括：

[0029] S1、在实验室条件下测量单元素的伽马能谱并进行分析，确定探测器的能量分辨率；

[0030] 本申请实施例中，地层元素测井中BGO探测器的分辨率可以通过搭建一个标准的实验平台获取，该实验平台由中子源、慢化剂、探测系统、数据采集系统和能谱分析系统组成。通过该实验平台得到一些样品伽马能谱，通过对单元素获混合样品的俘获伽马能谱分析可以计算出BGO探测器的能量分辨率，能量分辨率与能量以及半高宽的关系公式：

[0031] $$\eta=\frac{\Delta E}{E}\times 100\%$$

[0032] 能谱半高宽和能谱关系式：

[0033] $$FWHM=a+b\sqrt{E+cE^2}$$

[0034] E是粒子能量。a的单位是MeV，b的单位是$\sqrt{MeV}$，c无单位

[0035] S2、针对ECS测井仪器建立模型；

[0036] 选择$^{241}Am(\alpha,n)^{9}Be$同位素中子源，该中子源具有体积小，放射性活度大，半衰期长等优点，其中还有一个最重要的优点是中子能量范围大。基于MCNP提供的几种源模型和实际测井中源的类型，本发明选择MCNP中的通用源模型且将其设置为体积源。模型主要包括两个部分，其一是测井仪部分，其二地层部分。测井仪部分是根据ECS测井仪所使用的测井仪器的几何尺寸，部件构成和其他一些相关参数建立的。地层部分根据地层的普遍参数，其外径为160cm，内径为20cm，高为240cm的同心圆柱体。这样建立的模型与实际情况相近，能够很好地模拟实际测井。

[0037] S3、采用蒙特卡洛方法模拟ECS仪器井下的热中子俘获伽马能谱；

[0038] 中子与地层元素发生相互作用情况复杂(包括弹性散射、快中子非弹性散射以及热中子俘获反应等)，一般数值方法难以解决，然而随着计算机的普及和迅速发展，蒙特卡罗能够比较逼真的描述粒子的输运过程。

[0039] 根据步骤二获得的中子俘获伽马能谱数据，处理分析各元素的能量窗内的模拟伽马能谱计数，包括：1)对所述中子俘获伽马能谱数据进行预处理，获得预处理后的单元素中子俘获伽马能谱模拟数据；2)对所述预处理后的单元素中子俘获伽马能谱进行归一化处理，获得归一化处理后的单元素中子俘获伽马能谱数据；3)根据所述归一化处理后的单元素中子俘获伽马能谱数据，获取所述反映各元素的能量窗内的伽马能谱计数。

[0040] S4、对模拟得到的单元素伽马能谱进行处理分析，最终得到某一种元素的单元素模拟谱。

[0041] 对模拟得到的单元素伽马能谱进行处理分析包括：

[0042] 对所述中子俘获伽马能谱数据进行预处理，最主要平滑处理，为了得到比较平滑的数据，就必须将这些毛刺去除。可以用五点滤波法去除毛刺，五点三次平滑公式如下：

[0043] $$\bar{y}=\frac{1}{35}(-3y_{i-2}+12y_{i-1}+17y_i+12_{i+1}-3y_{i+2})$$

[0044] 为了消除随机误差的影响，提高实验数据的质量。取相邻的5个数据点，可以拟合出一条3次曲线来，然后用3次曲线上相应的位置的数据值作为滤波后结果，获得预处理后的单元素中子俘获伽马能谱模拟数据；

[0045] 对所述预处理后的单元素中子俘获伽马能谱进行归一化处理，归一化公式如下：

[0046] $$\bar{y}=\frac{y_i}{\sum_{i=1}^{n}y_i}$$

[0047] 需要对单元素标准谱的积分面积为1，在离散情况下是道址所对应的纵坐标值的和为1，获得归一化处理后的单元素中子俘获伽马能谱数据；

[0048] 根据所述归一化处理后的单元素中子俘获伽马能谱数据，获取所述反映各元素的能量窗内的伽马能谱计数。

[0049] 将步骤S2中的模拟模型地层部分加入某种元素单质(单质为固体的元素)或氧化物(针对单质不是固体的元素)，通过S3、S4步骤后，最终得到某一种元素的单元素模拟谱。利用不同的单元素样品重复S2、S3、S4步骤，进而可以得到一套较为完整的元素俘获伽马谱。

[0050] 为了清楚的说明本申请实施例的有益效果，下面举例说明：

[0051] 表2为本申请实施例中地层元素测井中在实验平台下计算出的BGO探测器的分辨率。

[0052] 表2

[0053]

能量/MeV	分辨率/%
0.662	15.4
1.33	11.8
4.44	6.8
15.11	3.8

[0054] 图2为本申请实施例中地层元素测井蒙特卡罗模拟模型示意图，模拟计算条件为：镅铍同位素中子源301，该中子源具有体积小，放射性活度大，半衰期长等优点。BGO晶体探测器302，其密度ρ＝7.31g/cm^{3}对粒子有高的阻止能力，对γ射线的吸收系数比Na(Tl)大，是目前探测效率最高的一种闪烁体，荧光光谱范围在350～650nm。BGO比较突出的优点是对γ射线有很高的探测效率和阻止能力。模拟井眼303，其为直径为20cm，高为240cm圆柱体，根据斯伦贝谢公司ECS测井仪，井眼中填充淡水。地层元素测井中的地层部分304，其其外径为160cm，内径为20cm，高为240cm的同心圆柱体。为了得到某单元素中子俘获伽马能谱，地层部分填充某种元素单质(单质为固体的元素)或氧化物(针对单质不是固体的元素)。

[0055] 图3为本申请实施例中地层元素测井蒙特卡罗模拟中子俘获伽马能谱图。将步骤S2中的模拟模型地层部分加入某种元素单质(单质为固体的元素)或氧化物(针对单质不是固体的元素)，通过S3、S4步骤后，最终得到某一种元素的单元素模拟谱。重复S2、S3、S4步

骤，得到一套较为完整的元素俘获伽马谱。能窗为1.2MeV～8.4MeV，对应道址选取的能窗范围是30～210道。

[0056] 本发明在实验室条件下测量单元素的伽马能谱并进行分析，确定探测器的能量分辨率；针对地层元素测井技术中ECS测井仪建立模型；采用蒙特卡洛方法模拟ECS井下的热中子俘获伽马能谱；对模拟得到的单元素伽马能谱进行处理分析，最终得到某一种元素的单元素模拟谱，为后续伽马能谱的解谱提供重要技术支撑，为ECS测井仪器的数据处理提供重要技术支撑。

[0057] 以上所述仅是对本发明的较佳实施方式而已，并非对本发明作任何形式上的限制，凡是依据本发明的技术实质对以上实施方式所做的任何简单修改，等同变化与修饰，均属于本发明技术方案的范围内。

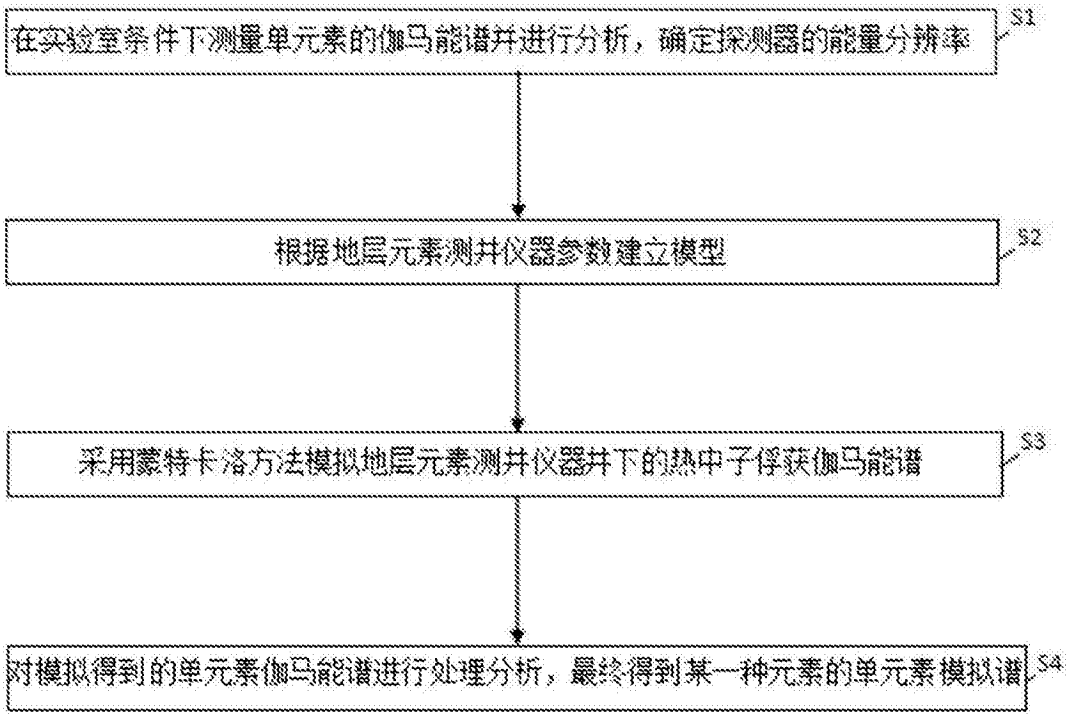

在实验室条件下测量单元素的伽马能谱并进行分析，确定探测器的能量分辨率
S1
根据地层元素测井仪器参数建立模型
S2
采用蒙特卡洛方法模拟地层元素测井仪器井下的热中子俘获伽马能谱
S3
对模拟得到的单元素伽马能谱进行处理分析，最终得到某一种元素的单元素模拟谱
S4

图1

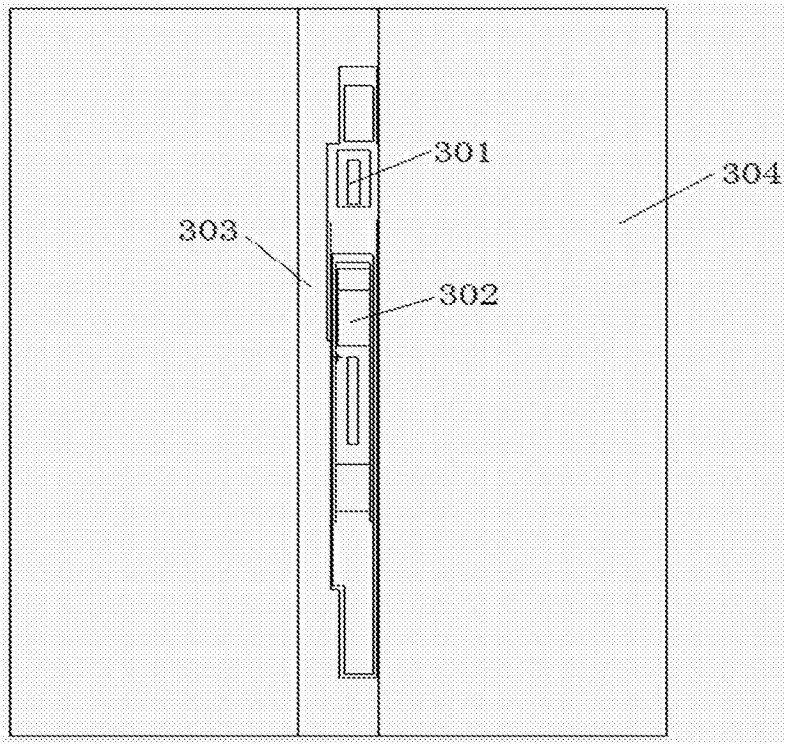

301
304
303
302

图2

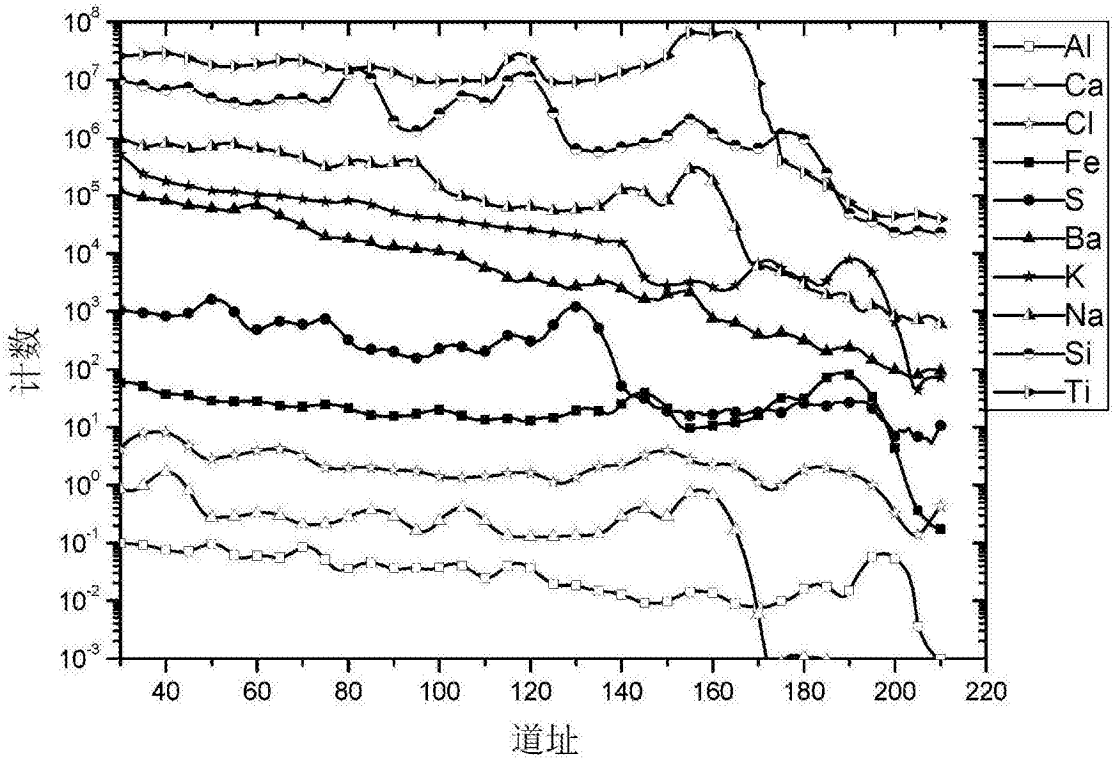


图3