

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 특허공보(B1)

(51) Int. Cl.²
G01V 5/00

(45) 공고일자 1980년01월24일
(11) 공고번호 특허1980-0000004

(21) 출원번호	특1972-0000448	(65) 공개번호	
(22) 출원일자	1972년03월23일	(43) 공개일자	
(71) 출원인	텍사코 디베롭프먼트 코오포레이션 미국 뉴욕주 뉴욕시 이이스트 42 스트리트 135		
(72) 발명자	휴우 에드워드 호올 주니어 미국 텍사스주 헌츠빌시 파인 벨리 225 알렉산더 스콧트 맥케이 캐나다국 앨버타주 켈가리시 S.W. 이이글 릿지 드라이브 12 한스 쥬유르겐 파아프 미국 텍사스주 휴스톤시 엘타몬트 드라이브 8939		
(74) 대리인	차순영		

심사관 : 구자덕 (책자공보 제458호)

(54) 중성자원을 이용하는 방사능 유통검출법

요약

내용 없음.

대표도

도1

명세서

[발명의 명칭]

중성자원을 이용하는 방사능 유통검출법

[도면의 간단한 설명]

제1도는 본 발명 원리에 따라 제작된 탐사 장치가 매달려 놓여져 있는 시추공의 정면 개략도.

제2도는 본 발명 원리에 따라 형성된 전형적인 기록의 도표.

제3도는 본 발명에 따라 얻어진 정보를 설명하는 도표.

제4도는 본 발명에 의하나, 사마름과 같은 미리 선택된 차폐물질이 포함되지 않은 장치의 반응을 설명하는 도표.

제5도는 제4도의 경우와 동일한 지층에 대하여 산화사마름과 같은 미리 선택된 차폐 물질을 포함하는, 본 발명 탐사장치의 반응에 대한 도표.

제6도는 사마름 포획감마선 스펙트럼의 모양을 보여 주는 도표.

[발명의 상세한 설명]

본 발명은 시추공 탐사장치에 의하여 지층의 성질을 측정하는 것에 관한 것으로, 특히 시추공이 통과한 지층내의 탄화수소유나 염수의 존재를 그 자리에서 측지 정량적으로 측정하기 위한 중성자원 탐사 장치의 개량에 관한 것이다.

따라서 본 발명의 목적은 시추공에 따라 지층에 있어서의 석유나 염수의 존재를 나타내는 검지되고 측정될 수 있는 관찰 가능한 효과를 나타 내도록 중성자원(源)을 이용하는, 방사능 탐사 장치를 개량 시키는 것이다.

여러 가지의 방사능 분석 방법을 사용하여, 시추공의 통과에 따라 현장에서 지층을 분석하는 것은 공지되어 있는 사실이다. 예컨대, 흔히 기공성 탐사라고 부르는 방법을 사용함으로써, 지층의 기공 내에 탄화수소 석유나 물로서 존재하는 수소의 존재 여부를 나타 내도록 시추공의 통로에 따라 기공성 영역의 존재를 측정하는 것이 가능하다. 이와 같은 분석은 공지 방법에 따라 중성자-중성자 또는 중성자-감마 측정을 사용 함으로써 수행된다. 또한 종래의 방법에 따르면, 염소가 성분으로 포함되어 있는가를 분석

하는데 핵 영소 탐사 방법을 사용 함으로써, 시추공의 통과에 따라 지층 내의 영수의 존재 여부를 결정 하는 것이 제안 되었다. 이와 같은 공지 방법에 의하면, 중성자원이 시추공을 통과하고, 두 에너지 범위로써 방사선이 검지되어 두개의 신호를 발하게 되어 있다. 제1신호는 수소를 나타내는 지층기준 신호로써, 수소신호(H-Signal)라고 하며 탐사된 지층 내의 영소에 대하여 실질적으로 둔감하다. 제2신호는 지층기준+영소 신호로써, 수소+영소신호(H+Cl Signal) 라고 표시되고 수소를 나타냄과 동시에 탐사된 지층 내의 영소에 대하여 민감하다. 상기 두 신호는 시추공 내의 탐사 장치의 위치에 상호 관련하여 기록 또는 도시되는바, 예컨대 두 신호 사이의 차이는 지층 내의 영소함량을 정량적으로 나타 내는 것이고, 이에 상응하는 두 신호의 변화는 지층 내의 수소 함량(때로는 기공성 이라고 함)을 정량적으로 나타 내는 것이다.

따라서 본 발명의 목적은 본 분야에 대하여 종래에 공지된 방법과 장치를 개량시키는 것이다. 본 발명의 또 하나의 목적은 시추공이 통과한 지층의 수소와 영소 함량을 동시에 측정 하고자 하는 개량된 시추공 탐사장치를 제공하는 것인바, 이 장치는 연관된 다중 채널 파고 분석기와 더불어 단일 비례 방사선 검지기를 이용하는 것이다.

본 발명의 또 하나의 목적은 시추공이 통과한 지층의 기공 내에 함유된 탄화수소 유와 영수를 정량적으로 판별하는 동시에 지층에 존재할 수 있는 다른 간섭물질의 역효과에 대하여는 비교적 둔감한 개량된 방법과 장치를 제공하는 것이다.

요약컨대 본 발명은 탐사 분야에서 취급하게 되는 중성자 유정(油井) 탐사 방법과 장치를 개량시킨 것인데, 이 장치는 시추공에 통과되는 기구를 포함하고 또한 시추공에 따라 지층을 조사하는 중성자원을 포함한다. 시추공의 종축에 따라 중성자원으로 부터 예정된 거리 간격으로 방사선 검지 유닛이 설치되어 있고, 이 유닛은 적어도 2종의 분리된 예정에너지 범위 내에서 비례하여 신호를 발하게 되는 다중-채널 파고신호 분석기가 조합된 비례형 방사선 검지기를 포함한다. 또한 상기 두에너지 범위중 채널 1, 즉 지층기준(FR) 신호로 표시되는 것은 수소를 나타내는 것으로 지층의 영소 함량에 대하여는 실질적으로 둔감하고, 다른 하나의 에너지 범위, 즉 채널 2 또는 지층기준 및 영소(FR Cl) 신호로 표시되는 것은 인접하는 지층 내의 수소와 영소를 나타내는 것이다. 방사선 검지기 주위에는 중성자에 대하여 비교적 높은 포획 단면적을 갖는 미리 선택된 차폐물질이 마련되어 있고, 상기 차폐물질은 열 중성자에 의하여 발생된 감마선에 대해서는 채널 1의 에너지 범위에서 상당한 큰 반응을 나타내고 채널 2의 에너지 범위에서는 거의 반응을 나타내지 않는다. 바람직한 예로, 적당한 차폐 물질로는 사마륨을 들수 있고 다른 예로서는 유로프이나 가돌리늄이 있다. 바람직한 실시예에 있어서는, 미리 선택된 차폐 물질이 검지기 근방에서 탐사장치의 케이싱을 포위하고 있어서 탐사장치의 철에 중성자가 포획되어 철을 나타내는 감마선을 방출하지 않도록 차폐물질이 중성자를 도중에서 차단하게 한다.

본 발명의 부가적인 목적과 이점을 더욱 잘 설명하기 위하여 다음과 같은 설명과 첨부 도면을 참고 하기로 한다.

도면 중 제1도를 참조하면, 다수의 지층(11),(12),(13), 및 (14)과 영수나 원유와 같은 유체(fluid)층(15)를 통과하는 시추공(10)이 도시되어 있다. 시추공(10) 내에는 본 발명 원리에 따라 제작된 시추공 탐사장치(17)이 케이블(16)에 의하여 현수되어 도시되어 있다. 케이블(16)은 장치(17)과 지표(地表)에 있는 전기 장치와의 사이에 전기 신호를 전달 시키는 장치가 될수 있도록 한거나 그 이상의 내부 전도체(개별적으로는 도시되지 않았음)와 함께 외부 전도성 피복을 갖고 있다.

지표의 장치는 탐사장치(17)로 부터 전달된 신호를 받고 수신된 신호를 증폭 및 분리 시키는, 지표 전자기구(18)로 표시되는 장치를 포함하고 있다.

지표 장치는 수신된 신호를 증폭 시키는 기구와, 상이한 펄스 높이의 신호에 대하여 각기 별도의 채널 출력 통로를 갖는 다중-채널 파고 분석기 또는 변별기를 포함하고 있다. 지표 전자기구(18)로 부터의 출력통로는 별도의 신호 채널을 갖고 있는 바, 이중 하나는 채널 1기록계(19)의 형태로 제1 표시 장치에 송신되고, 다른 하나는 채널 2기록계(20)의 형태로 제2표시 장치에 송신된다. 상기 두 기록 장치는 별도의 기록계 일수 있으며, 이들은 기록장치(19),(20)를 둘러 싸고 있는 점선으로 표시한 상자(21)과 같이 다중-채널 기록계의 별도의 채널로 구성되는 것이 바람직하다. 어느 경우 이든 기록계(19)(20)은 강도 즉 검지된 방사선의 발생 비율을 기록하기 위하여 필요한 비율 측정기를 포함하고 있다. 변별기가 지표 장치의 일부로써 설명 되었으나, 이것은 탐사장치(17) 내의 장치 일부로써도 포함될 수 있다는 것을 알아야 한다.

시추공(10) 내의 탐사장치(17)의 위치를 상호 관련시키기 위하여 지표에는 측량장치(23)이 설치되어 있는 바, 이것은 시추공(10) 안으로 또는 밖으로의 케이블(16)의 운동을 감지하기 위하여 그의 주변이 케이블(16)과 접촉된 바퀴로써 도식적으로 표시되어 있다.

상기 측량장치(23)은 시추공(10) 내의 탐사장치(17)의 위치를 측정 하기엔 적합한 상기 형태의 공지된 어떤 기구로도 될수 있으며, 기록된 탐사신호를 시추공의 탐사 장치의 위치와 상호 관련 시키도록, 전도성 회로(24)에 의하여 기록계(19),(20)에 전달될 수 있는 전기 출력 신호를 발생하는 형태의 것이 적당하다.

탐사장치(17)은 유정탐사 공정에서 일반적으로 당면하게 되는 압력과 온도에 견디도록, 공지된 방법에 따라 통상적인 강철로 형성된 긴 포탄형 케이싱(25)로 구성된다. 이 케이싱은 1만 내지 2만 피이드 까지의 깊이에 있는 시추공 내에서 받게 될 조건에 견딜 정도의 특성을 갖도록 하는 것이 적당하다.

케이싱(25)은 중성자원에 의한 조사(照射)의 결과로서 지층에 유도된 감마선을 검지하기 위한 적당한 방사선 검지장치와 함께, 시추공에 따라 지층을 조사하기 위한중성자원(26)을 포함하고 있다. 케이블(16)을 통하여 지표 장치에 전송이 이루어 지도록, 상기 케이싱 내에는 방사선 검지 장치로 부터의 출력 신호를 증폭하고 처리하기 위한 적당한 전기 회로가 포함되어 있다. 특히 중성자원(26)은 케이싱(25) 내에 위치하여 있고, 방사되어 직접적으로나 간접적으로 검지 장치로 투과되는 감마선을 방지하기 위하여 납

으로된 중성자투과 차폐판(27)로 포위되어 있는 것으로 도시되어 있다.

중성자원(26)은 안정성을 주도록 비교적 긴 반감기를 갖고 부수적인 감마선 방출이 비교적 없는 것이 바람직 하며, 예컨대 악티늄 227이나 플루토늄 또는 라듐 D 또는 폴로늄이나 아메리슘 중의 어느 하나와 베릴륨과를 조합시킨 것이 적당하다. 기구(17)의 상단에는 중성자원(26)으로 부터 예정된 거리에 방사선 검지 유니트(28)이 격리 위치되어 있고, 이 유니트(28)은 연관된 차폐물질과 관련 회로와 함께 제1 및 제2출력 신호를 발생 하기에 적합하게 되어 있으며, 이에 적합하게 배열되어 있고, 상기 두 출력신호 중의 제1출력 신호는 주위 지층의 수소를 나타내는 기준 신호로서 실질적으로 염소 함량에 둔감하고, 제2출력신호는 인접 지층의 염소 함량에 비례한다. 채널1에 전달된 신호는 중성자원으로 부터의 중성자와 다음에 상술하는 지층과의 상호 작용의 결과로서 인접한 지층으로 부터 방출된 방사선에 비례한다. 제1신호는 변별기의 채널 1 출력으로 부터 유도되며, 이후 부터는 본문에서 지층 기준 신호로서 나타내어진다. 제2신호는 채널 2로 부터 유도되고 중성자원으로 부터 나온 중성자의 결과로서 인접된 지층으로 부터 방출된 방사선에 비례하며, 인접한 지층의 수소 및 염소 함량을 나타 내고, 이후 부터는 본문에서 기준 및 염소 신호라고 표시된다.

검지유니트(28)은 루미노포어(luminophor)로 부터의 광자(光子) 출력파를 검지하여 이에 비례하는 전기 신호를 송신 하도록, 루미노포어(30)에 인접 위치한 것으로 도시된 광전자증 배관(31)과 함께, 적당 하기로는 탈륨-활성화 요드화나트륨 결정 형태인 감마선에 민감한 루미노포어(30)를 포함하고 있는 비례형 광검지기를 포함하고 있다. 광전자 증배관은 예비 증폭기(32)에 인접한 것으로 도시되어 있고, 상기 증폭기는 광전자증배관(31)로 부터 유도된 출력신호를 케이블(16)에 의하여 지표 장치에 전송 하도록 증폭기(개별적으로 도시되지 않았음)를 포함하여, 전자기구(33)으로 표시된 부가적인 전기 장치에 전기적으로 연결된 것으로 도시되어 있다. 광전자증배관(31)은 고압원(도시되지 않았음)에 의하여 에너지를 얻고, 상기 고압원은 탐사장치 내에 위치한 전지를 포함 하거나, 또는 보다 통상적으로는 지표로 부터 시추공 내의 탐사장치(17)의 교류로서 송전된 전력원을 사용할 수 있다. 전자기구(33)은 신호자료를 본 분야에 공지된 원리에 따라 지표에 전송하는 회로를 부가적으로 포함할 수 있다.

예컨대 방사선 검지기 신호는 진폭-변조 신호로써 지표에 송신 되거나, 또는 공지된 방법에 따라 주파수-변조 신호의 형태로 송신된다. 소위 단일의 전도성 케이블이 이용 되면 별도의 검지기 채널로부터 송신된 각각의 신호는 상이한 극성을 갖는 펄스로서 또는 상이한 파고로서 동시에 송신될 수 있고, 또는 예컨대 상이한 주파수를 갖는 반송파에 주파수-변조된 신호로써 송신될 수 있다. 루미노포어(30)은 통상의 알루미늄 용기(30a) 내에 위치한 것으로 도시되어 있고 이 용기는 습기와 물리적 손상으로 부터 이를 보호하는 역할을 한다. 루미노포어(30)은, 이의 활성화를 방지하기 위하여 열중성자를 흡수 하도록, 용기(30a)의 외부 주위에 위치하는 얇은 붕소 차폐판(30b)로 둘러싸는 것이 바람직하다. 광전자증배기(31)에 면하고 있는 용기(30a)의 상단은, 루미노포어(30)이 광전자증배기(31)과 직접 접촉되어 있는 채로, 개방되어 있는 것으로 도시되어 있다. 그러나 용기(30a)는 본 분야에 공지된 방법으로 유리나 플라스틱의 투명한 덮개로 밀봉될 수 있다. 용기(30a) 내의 루미노포어(30)을 갖고 있는 검지기 근방에서는 탐사장치(17)의 케이싱(25) 주위에 중성자-흡수물질의 차폐물질(50)이 마련되어 있고, 상기 중성자-흡수물질은 산화사마륨(Sm_2O_3)의 피복 형태로의 사마륨이고, 바람직 하게는 에폭시 수지의 접착제나 매트릭스내에 포함된다. 사마륨 차폐물질(50)은 중성자를 포획하면 채널 1 검지기 에너지 범위 내에서 감마선을 방출하게 되는 중성자-흡수 물질이며, 또한 다음에 기술하는 바와 같이 다중-채널 변별기를 포함하는 본 발명의 다른 요소와 조합 되어서, 다음에 기술하는 바와 같이 수소에 대하여 주로 민감하고 염소의 효과에 대하여 비교적 둔감한 채널 1에 의하여 유도된 중성자-감마 방사선 신호(지층 기준신호)를 나타내는 역할을 한다. 채널 1신호가 주로 중성자에 의하여 발생한 감마선에 대하여 감응성이고, 부적당한 저에너지 자연발생 감마선이나 중성자원으로 부터 산란된 감마선에 대하여는 감응성이 되지 않도록, 채널 1변별기는 상기 부적당한 저에너지 감마선의 대부분을 배제 하도록 바이아스 되어 있어야 한다. 바람직 하게는, 후술하는 바와 같이 측정된 방사선 신호가 약 1.3MEV(millionelectron Volt)나 그 이상의 에너지를 갖는 범위내의 감마선을 나타 내도록, 변별기가 바이아스 되어 있어야 한다. 이와 같은 특수 바이아스 수준은, 2"×4" 요드화 나트륨 결정과 중성자원으로 부터 15.75 인치 거리에 있는 검지기 위치에서 루미노포어(30)을 포위하고 있는 중성자-흡수물질(50)의 에폭시 차폐물 내의 산화사마륨과 조합되어, 대단히 만족스러운 지층기준 신호를 나타 내며, 이 신호는 중성자원(26)으로 부터 나오는 중성자에 의한 조사에 기인하는 방사선에 따라 지층의 수소에 주로 민감하다. 더우기, 저에너지 감마선을 배제 하도록 검지기를 바이아스 시킴에 의하여, 지층 내에 존재하는 자연 감마선과 중성자원으로 부터 산란된 감마선의 대부분은 검지된 신호로 부터 제거되게 된다. 왜냐하면 자연 및 산란된 감마선은 모두 비교적 저에너지 수준에 있기 때문이다.

소위 중성자-감마선 측정법에 의하여, 시추공의 횡단에 따라 지층을 조사(照射)하기 위하여 중성자원이 시추공을 통과된다. 중성자원으로 부터의 중성자는 주로 수소의 감속 효과에 따라 지층과 시추공안의 유체에 의하여 속도가 하강되고, 열범위로 감속된 후 중성자는 감마선의 방출에 따라 지층의 물질에 의하여 포획된다. 이들 중성자-감마선은 검지되고, 이들의 강도, 즉 발생 비율은 지층의 수소 함량의 측정치로써 측정된다(여기에서는 기공성으로 표시된다).

열중성자가 수소에 의하여 포획되면, 특징적인 감마선이 수소에 의하여 방출된다. 수소만이 조사 지역의 기공(氣孔) 내에 존재하는 경우에는, 검지된 감마선의 강도, 즉 발생 비율이 지층의 수소 함량을 정량적으로 나타내는 것이다. 그러나 지층에 존재할 수 있는 기타의 물질이 중성자-감마선 기록 장치에 역효과를 나타내고 또한 수소 측정으로서의 탐사가 신빙성을 갖지 못하게 할수도 있다. 수소에 비하여 비교적 높은 열중성자의 포획 단면을 갖는 염소의 존재가 특히 중요하다.

특히 염소는 약 32Barns의 중성자 포획 단면을 갖고 있는 반면, 수소는 약 0.33 Barns의 중성자포획단면을 갖고 있다. 따라서 염소는 열중성자의 포획에 있어서 수소 보다 약 100배 유효하다. 열중성자가 수소에 의하여서가 아니고 염소에 의하여 포획되는 경우에는, 수소원자에 의해 1개의 중성자가 포획될때 1 감마선이 방출 되는데 비하여 약 3.1 감마선(평균치로)이 방출된다. 전술한 바외에도, 염소에 의하여 방

출된 많은 감마선은 수소에 의한 특징적인 2.2MEV에 비하여 높은 에너지 범위에 있는 약 4-8MEV이다. 전술한 바로 부터 알수 있는 바와 같이, 염소의 존재는 아주 적은 양이라도 중성자-감마선 장치에 의하여 검지된 감마선의 강도를 증가 시켜서, 최종탐사에서 수소함량이 잘못 나타나게 된다. 중성자-감마선을 측정할 때 염소의 존재가 1채널의 수소신호 즉 지층기준 신호에 미치는 나쁜 영향은 감마선 검지기에 염소의 존재에 따른 검지기의 효과에 역으로 변하는 방사선을 받게 함으로써 중화할 수 있다. 염소는 각 중성자의 포획에 상응하여 비교적 높은 포획 단면을 갖고 있어서 다수의 감마선(광자)을 방출한다. 따라서 감마선 검지기의 계수 비율은 염소의 존재에 따라 증가한다. 염소 효과를 중화하기 위하여 염소의 존재에 따라 감소하는 감마선 신호를 발생 시킨다. 이것은 강도가 검지기 근처에서 열중성자 흐름에 비례하는 감마선 신호를 발생 시킴에 의하여 수행된다. 이 현상은 염소가 비교적 높은 포획단면에 따라 검지기의 주위로 부터 열중성자를 흡수 하거나 제거 한다는 사실에 기인한다. 이와 같이 검지기 근처에서의 열중성자 흐름은 염소의 존재에 따라 감소한다. 검지기의 근처에서 다수의 중성자 포획 감마선을 방출하게 된다. 요드화나트륨 검지기를 사용 하면 산화사마륨의 두께는 적어도 열중성자의 대부분을 흡수 하기에 충분할 필요가 있고, 그 균형은 채널 1 변별기 바이아스를 조정함에 의하여 이루어 진다. 염소가 존재하지 않는 경우를 제외하고 탐사 기구가 동일 지역으로 부터 염소 함유 지역으로 통과하는 경우에는, 감마선 검지기의 계수 비율은 직접 염소에 기인되는 포획 감마선(광자) 수의 증가에 따라 증가하게 된다. 그러나 이러한 경우, 검지기 주위에서는 중성자 흡수물질에 의하여 포획에 유용한 열중성자의 수는 감소되고, 따라서 감마선 검지기 내에서의 계수 비율이 감소하게 된다. 적당한 기구에 의하여 이들 두 효과를 서로 상쇄 되도록 할수 있으며, 따라서 이러한 방법을 사용하는 탐사장치가 염소를 함유하는 지층으로 부터, 동일한 기공성, 지층구조 및 수소 함량을 가지지만 염소를 함유하지 않는 지층으로 통과하는 경우에는 그 결과가 일정하게 유지된다.

사마륨은 중성자 흡수제와 감마선 방지기로서 작용 하여서 NaI(Tl) 검지기 근처에서 열중성자 흐름을 추출하게 된다. 사마륨 감마선의 대부분은 비교적 저에너지에 있고, 이들의 다수는 지층 기준 신호가 되며, 이 신호는 1.30-2.92 MEV 사이에서 검지된 모든 감마선을 받아 들이도록 변별기를 조정함에 의하여 채널 1에서 측정되는 것이 바람직하다.

지층 기준 신호 및 염소 신호는 3.4MEV의 하한치 이상의 에너지를 갖는 모든 감마선을 측정함에 의하여 채널 2에서 얻어진다. 이 신호는 염소는 물론 철, 칼슘 및 실리콘으로 부터 나오는 감마선을 포함하는 한편, 채널 1의 지층 기준 신호도 역시 수소와 사마륨 슬리브로 부터의 감마선을 함유한다.

제1도에 도시한 장치에 있어서, 채널 1의 지층 기준 신호에 대한 염소의 영향을 중화시키는 상술한 두 효과는, 변별기의 바이아스를 조정 하거나, 중성자 흡수물질(50)의 양을 조정 하거나, 또는 상기한 두 방법을 조합 시킴에 의하여 동일 하거나 상대적으로 되게 할수 있다. 예컨대 중성자-흡수물질(50)은 탐사장치를 포위하는 산화사마륨의 피복이며, 산화사마륨 층을 확산해 들어오는 열중성자를 실질적으로 모두 포획하는 정도의 두께를 갖는 결정일 수 있다. 포획 감마선 성분의 상승은 중성자원과 검지기의 간격

이 $15\frac{3}{4}$ 인치 일때 채널 1 변별기를 1.30-2.92MEV로 조정 시킴으로써 열중성자 성분에 대하여 균형화 될 수 있다.

채널 1판별기 바이아스의 하한치는 검지기와 중성자원이 간격과 결정의 크기와, 케이스의 두께와 케이스 물질과, 시추공의 직경 및 유체의 염분에 따라 0.8-1.8MEV 범위에 있게 된다.

낮은 바이아스 조정에 있어서는 필요 이상의 많은 열중성자 성분이 존재하고, 높은 바이아스 조정에 있어서는 요구량 보다 낮게 존재한다. 따라서 본 발명의 한 특징에 의하면, 낮은 채널 1은 예컨대 1.0MEV 에 조정되며, 산화 사마륨 차폐물(50)의 두께는 두 효과가 상쇄 되도록 사마륨의 양을 변화 시키게 조정될 수 있다. 이것이 완료되면, 결정과 사마륨 사이에 붕소나 리튬과 같은 중성자-흡수 물질을 사마륨을 투과한 열중성자를 흡수 하기에 충분한 두께로 부가적으로 위치 시켜야 한다. 붕소나 리튬은 1.0MEV 이상에서 중성자 포획 감마선을 방출하지 않고 결정은 열중성자에 의하여 활성화 되지 않으므로 상기와 같이 조작하는 것이 적당하다. 이러한 특징은 중성자 상호작용 물질(50)과 루미노포어(30) 사이에 붕소와 같은 중성자-포획물질 층을 부가 시킴에 의하여 수행된다.

채널 1 지층기준 신호에 대한 염소의 효과를 중화 시키기 위하여 검지기 근처에서 열중성자를 포획하는 물질로서는 사마륨이 바람직 하나, 사마륨 이외의 기타 물질도 사용될 수 있고, 또한 사마륨과 함께 사용될 수 있다. 사마륨이 강철 케이싱을 갖는 탐사 장치에 이용되는 현재의 경우에 있어서는, 사마륨과 같은 물질의 슬리브가 실질적으로 탐사신호로 부터의 철 포획 감마선을 감소 시키게 된다.

탐사장치의 철은 사마륨이 약 5,800 Barns의 포획 단면을 갖는 것에 비하여 2.43 Barns의 열중성자 포획 단면을 갖는다는 것이 중요하다. 철은 9.3MEV 범위 까지의 중성자 포획 감마선을 방출하고, 한편 사마륨은 열중성자를 포획하면 7.89MEV 까지의 감마선을 방출한다.

유도품이나 가돌리늄도 역시 본 발명 수행에 사용될 수 있다. 가돌리늄은 47,000 Barns의 포획 단면을 갖고, 7.78MEV 까지의 중성자 포획 감마선을 방출한다. 상술한 바와 같이 염소는 결과적으로 검지된 감마선 신호로부터 그의 효과가 균형화 되고 약 32 Barns의 포획단면을 가지며 약 8.55MEV 까지의 중성자 포획 감마선을 생성 시킨다.

사마륨이나 이와 유사한 특징을 갖는 기타 물질이 시용 되거나, 사마륨과 강철 케이싱이 포함된 것과 같은 상기물질의 조합물이 사용 되거나 간에 사용된 상기 물질의 총계가 예정된 순수 효과를 가져서, 이 효과는 검지기의 바로 근방에서 열중성자 농도에 상응하여 감마선 신호를 발생 시키게 되며, 상기 검지기는 시추공내의 염소 존재와 검지기의 근방의 지층의 존재에 따라 포획 감마선 효과를 바로 상쇄 시킨다는 사실이 중요하다.

중심에서 중심이 $15\frac{3}{4}$ 인치 거리로 중성자원으로 부터 위치한 4인치 길이 및 2인치 직경의 플로토늄 배

릴륨, 탈륨-활성요드화나트륨 결정의 방사선 검지기로 구성되고, ⁷10 중성자/초의 중성자원 강도를 이용하는 바람직한 실시예에 있어서는, 검지기 근처에서 산화사마륨 슬리브로 포위된 강철 케이싱에 대하여 상술한 바와 같이 1.30-2.92MEV 범위의 감마선만을 검지 하도록 채널 1 바이아스를 조성시킴에 의하여 채널 1의 암측기준 신호에 미치는 영소의 역효과를 만족스럽게 상쇄시킬 수 있다.

바람직한 실시예에 있어서는 1.3-2.92MEV 범위의 채널 1 바이아스가 지층 기준 신호에 대한 영소의 영향을 적당히 중화시킬 뿐만 아니라 검지된 신호에 미치는 기타 암석학적 역효과를 최소로 한다. 그러나 채널 1 바이아스 범위가 약간 변하면 예컨대 채널 1 바이아스가 대략 1.0-3.0MEV의 범위로 연장되면 적당히 만족할 조작을 이룰 수가 있다. 이와 유사하게 3.43MEV의 특수범위로 또한 암석학적인 역효과를 적절히 제거하도록 적당히 조정된 채널 2는 정확하지 않은 경우에는 약 4.5MEV 및 그 이상의 방사선이 검지되도록 바이어스 될 수 있다. 채널 2 바이어스의 상한은 특수한 차단치를 갖지 않으며, 이것은 특정의 하한(적당히는 3.43MEV)치 이상에 있는 중성자 감마 스펙트럼을 충분히 받아들일도록 고정된다. 실제로 중성자 감마선 스펙트럼은 약 8 또는 9MEV까지 상승하고 따라서 채널 2 바이어스의 중요한 상한치는 주어진 경우에서 있어서 상기 일반적 범위로 조정된다. 여하간 채널 2 바이어스는 지층내의 영소에 의하여 열중성자를 포획함에 따라 발생된 가장 미세한 중성자 감마선을 검지하도록 조정된다는 것이 중요하다. 이것은 채널 2 바이어스를 상기한 바와 같이 조정함에 의하여 가능해진다.

검지기 주위의 중성자 반응성 물질의 차폐물질은 열중성자에 대하여 비교적 큰 포획단면을 갖고 주로 채널 1 바이아스 범위내에와 채널 2 바이아스 범위 밖에있는 중성자 포획 감마선 스펙트럼을 갖는 것이 중요하다. 사마륨과 같은 차폐물질은 영소에 대한 포획 감마선 스펙트럼과는 전연 상이한 포획 감마선 스펙트럼을 갖고 따라서 고에너지의 영소 포획 감마선은 채널 2에서 검지되고 채널 1로부터 배제되고 또한 슬리브에 의하여 방출된 미세한 중성자 포획 감마선은 채널 1에서 검지되고 채널 2로부터 배제될 수 있다.

이와같이 상기 여러가지 특징을 조합함에 의하여 본 명세서에서 기술한 요구에 최적의 영소 시스템을 제공할 수 있다.

높은 시추공온도의 효과와 이의 변화에 대하여 형광(scintillation) 탐사장치를 안정화 및 보호하기 위하여 예비 증폭기(32)는 물론 루미노포어(30)과 광전자증 배관(31)은 절연실(34)내에 위치한 것으로 도시되어 있고 이 절연실은 바람직하게는 진공 공간에 의하여 내벽(36)으로부터 분리된 외벽(35)로 구성된 듀워(Dewar) 플라스크 형태로 되어있다.

절연실(34)에는 듀어 플라스크로 구성된 절연실(34)에는 적당히 제거할 수 있는 절연덮개 플러그(37)가 마련되어 있다. 절연된 덮개 플러그(37)의 내부에는 벽구조체(39)를 갖는 냉각실이 고정 설치되는 것이 이롭고, 상기 구조체는 얇은 알루미늄과 같은 열전도성 물질로 형성되고 일정량의 얼음(40)을 함유한다. 얼음(40)을 함유하는 냉각실(38)은 얼음이 탐사중 고체상태에서 액체상태로의 변화를 받음에 따라 생기는 온도 안정성에 의하여 절연실(34) 내의 형광 검지장치를 안정되고 낮은 온도로 유지시키는 기구가 된다.

장치의 온도를 안정화시키는 공지된 기타의 방법도 이용될 수 있다.

채널 2의 지층과 영소신호에 대한 감도를 증진시키기 위해서는 중성자원(26)으로부터 나온 중성자에 의하여 조사된 지층내의 영소 존재에 기인된 고에너지 감마선이 채널 2에 잘 검지되도록 채널 2와 연관된 변별기 회로가 3.43MEV 이상의 감마선을 검지하게 바이어스되어야 한다.

채널 2 신호(3.43MEV 바이아스 한계에 따른것)로 부터 나온 2.2MEV의 수소 포획 감마선이 제거됨에도 불구하고 채널 2의 지층 및 영소 표시신호에 검지된 감마선은 영소 함량에 대하여는 물론 암측의 수소함량에 비례한다. 중성자원으로부터 나온 빠른 속도의 중성자는 포획되어서 중성자 유도 감마선을 방출하게 되기 전에 감속되어야 한다. 암측 및 영소신호 채널의 수소감도는 원소중 가장 가벼운 수소가 중성자원으로부터 나온 빠른 속도의 중성자를 주로 감속 또는 열중성자화 시키는 역할을 한다는 사실에 기인한다.

채널 2 신호의 영소 감도는 대부분의 측정된 감마선이 영소에 의한 열중성자의 포획에 따라 방출된다는 사실에 기인한다.

탐사중 탐사장치의 위치를 안정화시키기 위하여는 상단과 하단이 각각 (46) 및 (47)인 분산궁형스프링(45)가 탐사장치(17)에 위치되어 있고 상기 스프링은 탐사 장치가 시추공(10) 측면의 불규칙성에 따라 움직일 때 자유자재로 휠수 있도록 위치되어 있다. 이것은 통상적으로 궁형 스프링(45)내의 긴 슬롯(slot, 도시되지 않았음)에 의하여 궁형 스프링(45)의 상단과 하단을 활동적인 연결 관계로 장치(17)에 위치시킴에 의하여 이루어진다.

핵 영소 탐사 시스템은 영소의 열중성자 포획 단면에 근거를 둔 것으로 이것은 모양 퇴적물에 나타나는 다른 주요 원소의 그것보다 큰 정도의 양이다. 본 발명 영소 탐사 시스템에 의하면, 지층 영소(FRCI) 신호(본 명세서에서는 지층 기준 및 영소 신호로써도 표시된다). 지층기준(FR) 신호를 각각 기록하면서 길이에 대하여 연속적으로 동시에 두가지 측정이 이루어진다. 영소 함량과 지층의 물의 포화에 대한 해석은 측정된 지층의 영소 함량의 상이한 함수인 상기 두 곡선을 비교함으로써 이루어진다. 비교와 해석은 일반적으로 상기 두 곡선을 겹쳐서 FR곡선으로 부터의 FRCI의 편차를 관찰하거나 또는 직교 좌표에서 교차도시함에 의하여 수행된다. 교차도시 방법으로는 제3도에 도시된 것과 같은 모형이 나타난다. 탐사된 지층을 나타내는 모든점은 거의 평행한 곡선상에 있거나 또는 평행 곡선 사이에 있게 된다. 이들 두 곡선은 최고 및 최저 지층 영도를 갖고, 즉 영수로 채워진 것과 신선한 물이나 기름으로 채워진, 지층의 껍적이다. 중간의 유체 영도의 영역은 이들 두 곡선 사이에 도시된다. 중간 영도의 곡선은 상기 최고 및 최저영도 사이에서 이루어질 수 있고, 다음에 탐사된 지층의 각각에 대한 영도를 지지할 수 있게 된다.

이상적으로는, 측량된 지층의 영도가 지층의 기공성, 혈암도(頁岩度)(봉소함량) 및 암석의 영향을 받지

않아야 한다.

본 발명 시스템은 1.3-2.92MEV의 두 감마선 에너지 범위에 있는 열중성자 포획 감마선과 3.43MEV 이상의 모든 감마선을 측정한다. 검지기는 직경 2인치 내지 4인치 길이의 NaI 형광 검지기이며, 이것은매 초

107개의 중성자를 방출하는 플루토늄 베릴륨 중성자원으로부터 $15\frac{3}{4}$ 인치(중심대 중심)에 위치한다.

납은 중성자원과 검지기 사이의 차폐물질로서 사용된다. 중성자원과 검지기는 산화사마륨(Sm_2O_3) 슬리브로 피복된 강철 케이싱 내에 포함된다. 높은 감마선 에너지 범위와 조합된 Sm_2O_3 슬리브는 수분 포화도 측정에 대한 기공성과 혈암(붕소)에 의한 영향을 제거한다. 암석학적인 영향도 역시 극소화된다.

제4도에는 Sm_2O_3 슬리브를 갖지않는 본 발명 염소 시스템의 실시예의 결과가 중간 및 높은 기공성을 갖는 석회지층에 대하여 도시되어 있다. 이 도면은 탐사에 미치는 지층내의 붕소의 영향이 나타나 있다. 이 영향은 시추공 성분과 지층 성분의 변화의 결과이며, 벡터로서 합쳐져서 신선한 물로 채워진 지층내에 염수가 있는 것으로 결과를 잘못 나타나게 되는 것을 표시한 것이다.

제4도와 5도에 있어서는 신선한 물로 포화된 석회와 염수로 포화된 석회 및 물로 포화된 석회내의 붕소를 나타내는 데에 동일한 기호가 사용된다. 제5도에는 Sm_2O_3 를 갖는 동일한 시스템의 결과가 제4도와 동일한 지층에 대하여 도시되어 있다. 이 도면으로부터 알 수 있는 바와같이, 붕소의 첨가는 지층내의 물이나 기름의 존재를 잘못 나타내지 않는다. 이 특징은 시추공 내의 변화와 지층 성분의 변화가 기공성이 증가하는 방향으로 서로 평행한 벡터에 의하여 이루어진다.

제4도와 5도에 있어서 유의할 점은, 지층 성분 벡터의 방향이 동일하고 시추공 성분 벡터의 방향은 제5도의 경우에 있어서 Sm_2O_3 슬리브 부가에 의하여 지층성분 벡터 방향으로 회전된다는 것이다. 제5도에 있어서는 제4도이 상반되게, 시추공과 지층 붕소 부가 벡터가 염소와 물의 선에 경행한다.

Sm_2O_3 슬리브의 기능은 검지기 근처의 열중성자를 NaI(CI) 신틸레이터(scintillator)에 의하여 검지될 수 있는 감마선으로 전향시키는 것이다.

사마륨 포획 감마선 스펙트럼의 형상이 제6도에 도시되어 있다. 이 도면으로부터 알 수 있는 바와 같이, 사마륨 감마선의 대부분은 신호의 1.3-2.92MEV 범위내에 있고 소수는 FICI 신호의 범위내에 있다.

NaI(Tl)이고 에너지 감마선을 검지하는 것은 비효율적이므로 1.3-2.92 범위 내에서 개량된 사마륨 감마선의 수는 3.43MEV 이상의 범위에서의 것보다 약 10배이다. 더욱 큰 포획 단면과 사마륨에 유사한 열중성자 포획 감마스펙트럼을 갖는 기타 원소는 유퀴륨, 가돌리늄 및 기타 희토류 원소이다. 이들 원소로부터 제조된 슬리브의 두께는 부수적인 열중성자의 대부분을 포획하기에 충분하여야 한다.

시추공이 통과한 지층의 염소 함량을 정밀하게, 정량적으로 측정하기 위해서 방사능 탐사를 수행하려면 시추공과 지층에 함유된 수분의 염도 백분율이 시료를 취하여서나 또는 적어도 예상되는 염도를 지시하는 미리 결정된 자료를 기준으로 결정되는 것이 바람직하다. 염도에 대한 정보는 탐사장치의 보정과 조정 및 얻어진 탐사 기록 평가에 대한 표준 자료가 된다.

탐사장치는, 염수로 100 % 포화되거나 기타 알고있는 비율로 포화된 지층의 영역의 반대측에 탐사기구를 위치시키고 측정된 방사선 반응을 관찰함으로써 주어진 염소 함량으로 포화된 유정(油井)에 대하여 교정될 수 있다. 다음에 이 반응을 도표상의 원하는 위치까지 조정할 수 있다. 이와 유사하게 탐사장치는 100% 석유로 포화되거나 기타 알고있는 백분율로 바람직하게는 염수반응의 교정을 위하여 선택된 것과 동일한 백분율을 갖는 지층내의 영역 반대측에 위치되어야 하고, 다음에 탐사 도표가 원하는 값을 나타내도록 조정되어야 한다. 편리하게는 설명을 용이하게 하기 위하여 탐사 시스템의 기록장치는 채널 1 지층 기준신호와 채널 2 지층기준 및 염소신호가 여러가지 기공성을 갖는 지층 내에서 추적되도록 조정되어야 한다. 이것은 기준신호 검지장치와 기준 및 염소신호 검지장치 모두가, 석유의 성분으로서 존재하거나 물의 성분으로서 존재하거나 간에 염소 함량(기공성)에 대하여 실질적으로 동등하게 한다. 다음 탐사장치는 염수를 함유하는 영역에 상대하여 위치함으로, 두 신호사이의 모든 상이점은 염수의 성분으로서의 염소존재하에 기인한다. 이와같이 교정된 장치에 대하여는 지시된 기준 또는 기공성 신호가 지층의 석유나 물함량을 표시하며, 한편 기준 신호와 기준 및 염소 신호 사이의 분리나 편차는 지층 기준 또는 기공성 신호가 상기 두 신호 사이의 편차에 비례하는 정도로 염수에 기인한다는 것을 표시한다. 지층 기준신호가 높은기공성, 예를들면 수소의 농도를 나타내고, 한편 기준 및 염소신호가 실질적으로 이와 일치되면, 석유가 암층내에 존재한다는 것이 나타나면, 이의 정확한 양도 역시 나타난다. 기준신호가 높은 값을 나타내고, 동시에 기준 및 염소신호가 이로부터 멀리 분리되어 있으면, 지층이 대부분 염수로 차있다는 것을 나타내는 것이고 이들 두 신호 사이의 분리정도는 전체 포화에 대한 염수의 양을 표시하는 것이다.

제2도를 참조하는, 시추공이 통과할 수 있고 제1도에 도시한 것과 같은 본 발명의 탐사장치에 의하여 탐사될 수 있는 전형적인 여러지층의 단면도가 도시되어 있다. 지층의 도형에 따라 전형적인 자연 감마선과 자체 전압과 인접 지층의 짧은 고유저항이 도시되어 나타나 있다. 또한 탐사장치(17)에 의하여 이루어질 수 있는 탐사의 전형적인 두 핵 염소 탐사도 도시되어 있다. 설명을 간략히 하기 위하여 제2염소 탐사기록은 제1염소 탐사기록을 후에 수행되고, 석유-물 접촉이 잠정적으로 다음에 설명하는 것과 같이 예를 들어 고갈됨에 따라 변화한다고 가정한다. 이 기록은 채널 1에서 측정된 방사선 강도(기록상으로 알 수 있는 바와같이 우측으로 증가함)를 나타내는 제1곡선 H를 나타내고, 지층의 수소 함량과 채널2에서 측정된 방사선 강도(역시 우측으로 증가함)를 나타내는 제2곡선 H & C를 표시하며, 또한 지층의 수소와 염소함량을 나타낸다. H곡선의 반응은 수소의 양, 즉 지층의 기공성을 나타내는 것이다. 상기 두 곡선의 상응하는 편차영역은 석유나 물의 존재를 나타내는 것이고 H&C신호가 H신호를 초과하는 영역은 염수의 존재를 나타내는 것이다. 이와같이 2705피트 바로 하방 영역에는 석유나 또는 가능하게는 물이

나타난다.

일정기간 후 이 영역의 저부에 있는 석유-염수함량은 제1염소 탐사기록에서 도시된 2760피이트로 부터 다음 차례에 행해진 제2검층 조작에서 도시된 2725피이트로 이동하였다. 4080피이트 바로 하방영역에는 염수포화가 나타난다. 2490피이트 바로 하방 영역에는 H와 H 및 CI이 비교적 낮은 값으로 있어서 낮은 기공성이 나타난다. 2650피이트 바로 하방 영역에서는 제1염소 탐사기록에 있어서 염수와 석유의 혼합물로서 생각되는 것이 나타났으며, 이것은 제2탐사기록에서 염수로서만 이해될 것이다.

수소함량과 수소 및 염소함량을 각각 표시하는 두개의 탐사신호가 동일한 도표상에 기록 도시되어 있으나, 이들 기록은 별도의 탐사기록에서 개별적인 곡선으로서 기록될 수 있으며, 상기 두 기록은 각 검광 사이의 상응하는 변화와 편차를 설명하기 위하여 서로 상대방에 대하여 중첩시켜 봄에 의하여 설명될 수 있다. 이러한 경우에 있어서는 상기 두 탐사신호가 동일한 값의 축적으로 편차를 나타내도록 탐사 시스템의 조정된다는 것을 유의하여야 한다.

수소신호와 수소 및 염소신호를 개별적으로 기록하는 대신에 상기 두 신호 중의 한 신호만을, 바람직하게는 수소 함량 신호만을 수소 신호와 수소 및 염소신호 사이의 비나 차이를 나타내는 제2의 관련 신호와 함께 기록할 수 있다. 수소함량 신호는 수소 및 염소함량에 대하여 도시될 수 있고 이 경우에 있어서 직선은 석유나 물을 나타내며 이 직선으로부터의 편차는 염소 함량을 나타낸다.

채널 1 및 2탐사신호는 자기(磁氣)로써 기록될 수 있고, 또한 어널로그나 디지털로 컴퓨터에 기록될 수 있으며 채널 1과 2 신호사이의 상이점 또는 기타의 편차를 표시하는 신호를 발하기 위하여 적당한 수학적 방법이나 컴퓨터 기술을 이용할 수 있고, 또는 이 신호는 어떠한 신호에 대한 다른 한 신호를 도시한 것일 수도 있다.

본 명세서에서 설명된 장치에 의하여 탐사를 수행하기 위하여는, 탐사장치(17)을 탐사될 유정지역의 하방까지 낮추고 예정된 일정한 속도로 유정을 통하여 인출하는 한편, 두 검지기 채널의 출력을 케이블(16)을 통하여 이들이 기록계에 송신되는 지표장치까지 송신시키는 것이 바람직하다. 강도 즉 상기 두 채널에서 검지된 방사선의 발생비율은 시추공내의 탐사장치의 위치와 연관되어 기록된다.

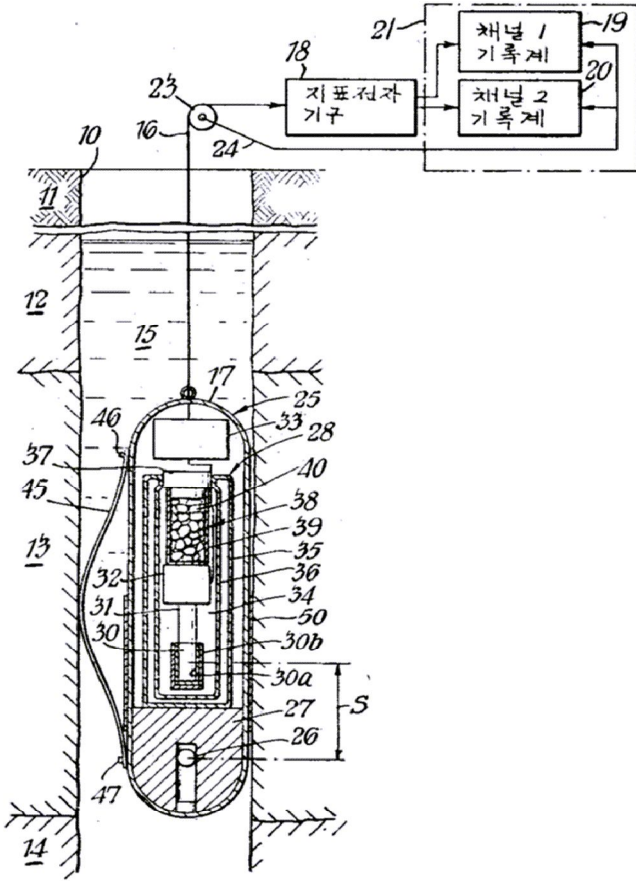
(57) 청구의 범위

청구항 1

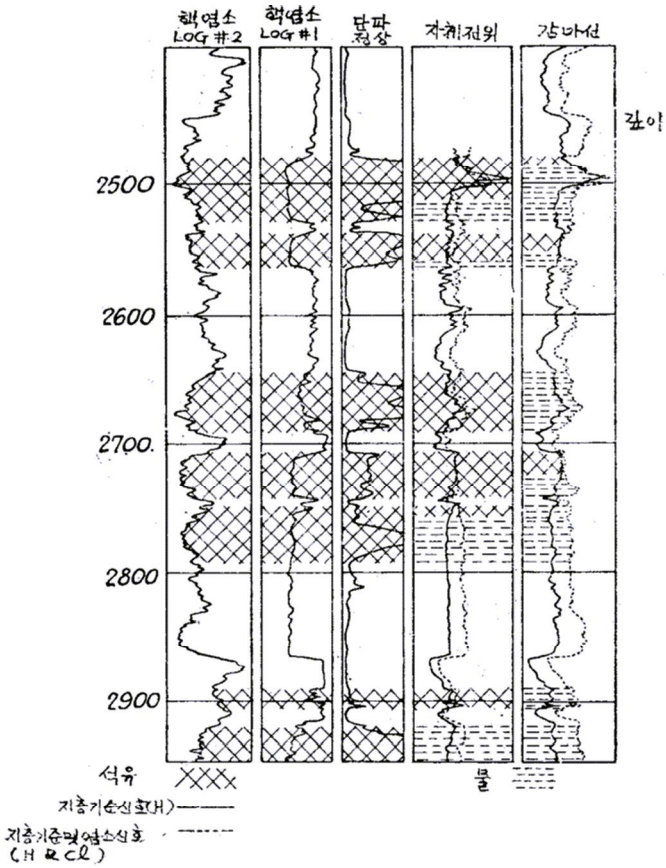
시추공을 따라 지층을 조사(照射)하기 위한 빠른 중성자 공급원과, 상기 중성자 공급원으로부터 나온 중성자에 의한 조사에 따라서 시추공에 발생된 방사선을 검지하기 위한 방사선 검지기를 포함하는 방사능 탐사장치에 있어서 상기 : 방사선 검지기는 적어도 두 에너지 범위에서 출력신호를 발하기 위하여 이와 연결된 다중 채널 파고 분석기를 갖는 비례 감마 방사선 검지기로 구성되며, 상기 에너지 범위의 제1 범위는 1.3MEV-3.0MEV의 감마 방사선에 해당되며, 제2범위는 약 4MEV로부터 적어도 고 에너지 염소의 중성자 포획 감마방사선을 포함하는 정도까지의 감마 방사선에 해당되며, 미리 선택된 차폐물질이 상기 탐사 장치의 검지기의 활성 용적을 실질적으로 포위하고 있고, 상기 미리 선택된 물질은 열중성자에 대하여 비교적 높은 포획단면을 가지며, 주로 상기 제1채널의 에너지 범위내에서와 실질적으로 상기 제2채널 범위밖에서 특징적인 중성자 포획 감마 방사선의 방출을 갖게되어서 상기 제1 채널로부터 유도된 신호는 대부분 수소를 나타내는 지층기준 신호를 포함하고, 상기 제2채널로부터 유도된 신호는 대부분 수소와 염소의 양자를 나타내는 지층기준 및 염소신호를 포함하게 되는 것을 특징으로하는 장치로써 중성자원을 이용하는 방사능 유정 검층법.

도면

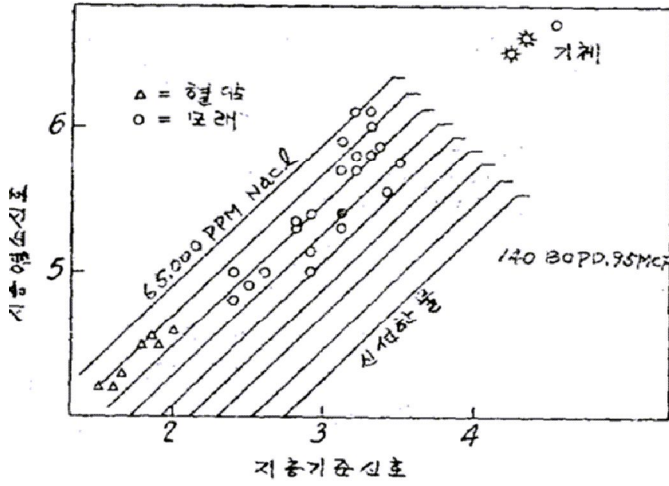
도면1



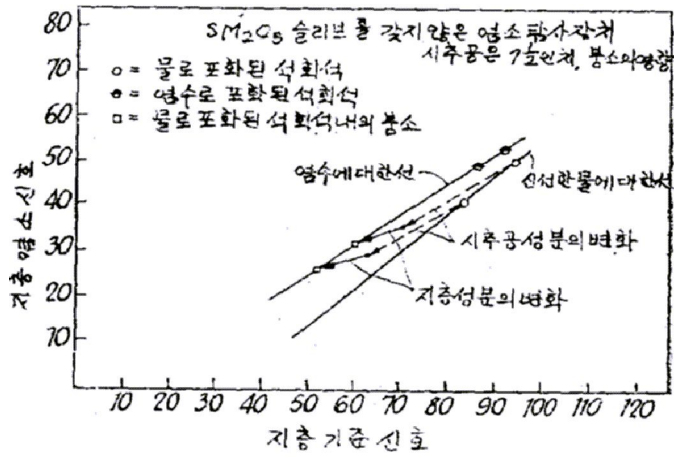
도면2



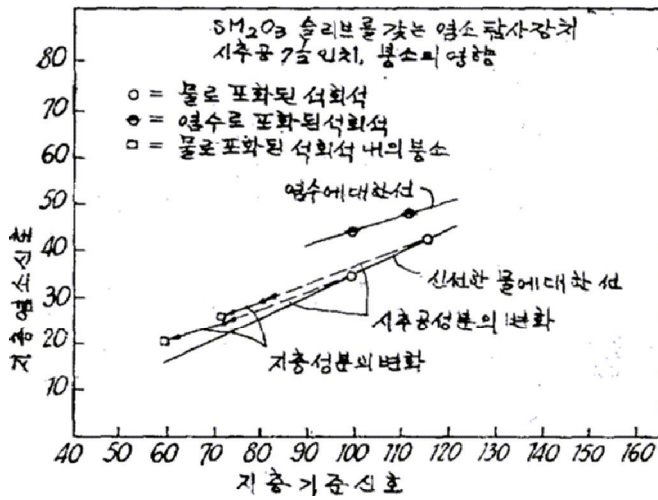
도면3



도면4



도면5



도면6

