



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2013년09월16일
(11) 등록번호 10-1308972
(24) 등록일자 2013년09월10일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B01J 20/22 (2006.01) B01J 20/30 (2006.01)
C02F 1/28 (2006.01) C22B 58/00 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2011-0052098
(22) 출원일자 2011년05월31일
심사청구일자 2011년05월31일
(65) 공개번호 10-2012-0133460
(43) 공개일자 2012년12월11일
(56) 선행기술조사문헌
JP04019102 A
KR100443642 B1
KR1020070031383 A
KR1020080031661 A

(73) 특허권자
강릉원주대학교산학협력단
강원도 강릉시 죽헌길 7(지변동)
주식회사 토리컴
충청남도 아산시 둔포면 아산밸리동로 78
(72) 발명자
전충
경기도 용인시 수지구 상현2동 만현마을쌍용1차아파트
권택남
강원도 강릉시 강릉대학로 120. 환경응용화학공학과
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
고길수

전체 청구항 수 : 총 8 항

심사관 : 강대출

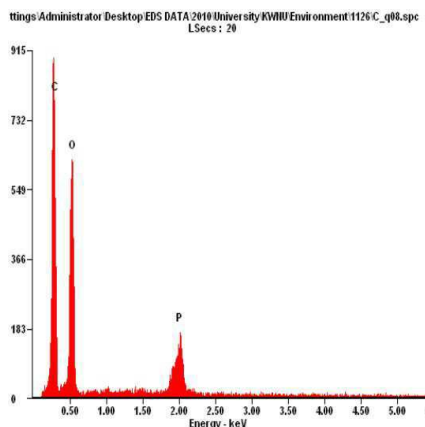
(54) 발명의 명칭 인듐 선택성 흡착제, 그 제조 방법 및 상기 흡착제를 사용하여 폐휴대용기기로부터 인듐을 회수하는 방법

(57) 요약

본 발명은 톱밥 분자의 수산화페놀기(-C₆H₅OH)가 인산기(PO₄³⁻)로 치환되어 이루어지며, 톱밥을 인산 요소 수용액에 침적하고 여과하여 고형분인 인산 함침 톱밥을 형성하는 단계, 상기 인산 함침 톱밥을 열처리하여 인산기 치환 톱밥을 형성하는 단계 및 상기 인산기 치환 톱밥을 수세 및 건조하는 단계에 의하여 구성되는 인듐 선택성 흡착제 및 그 제조 방법에 관한 것이다.

본 발명에 의하면 공장 폐수 등과 같이 여러 불순물을 함유한 인듐 함유 물질로부터 인듐을 제외한 각종 불순물들을 단시간에 제거하고, 인듐을 선택적으로 회수하도록 하여, 고순도의 인듐을 용이하게 수득할 수 있다.

대표도 - 도2



(72) 발명자

강희남

충청남도 아산시 둔포면 아산밸리동로 78

홍성현

충청남도 아산시 둔포면 아산밸리동로 78

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2010501010002A

부처명 지식경제부

연구사업명 지식경제 기술혁신사업 (자원순환 및 산업에너지기술개발 보급사업-전략응용기술)

연구과제명 사용 후 휴대용 개인정보기기로부터 In, Ni, Ag/Au 재자원화를 위한 GHRC (Green-Hybrid Re-Coverly) 기술개발

주관기관 주식회사 토리컴

연구기간 2010.06.01 ~ 2015.05.31

특허청구의 범위

청구항 1

톱밥 분자의 수산화페놀기(-C₆H₅OH)가 인산기(PO₄³⁻)로 치환되어 이루어지는 것을 특징으로 하는 인듐 선택성 흡착제.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 인듐 선택성 흡착제에 흡착된 인듐을 탈리하는데 사용되는 인듐 탈리제는 염산(HCl), 에틸렌디아민테트라아세트산(EDTA : ethylene diaminetetraacetic acid) 및 니트릴아세트산(NTA : nitrilotriacetic acid)으로 이루어지는 군으로부터 선택되는 적어도 하나 이상의 인듐 탈리제인 것을 인듐 선택성 흡착제.

청구항 3

톱밥을 인산 요소 수용액에 침적하고 여과하여 고형분인 인산 함침 톱밥을 형성하는 단계;

상기 인산 함침 톱밥을 열처리하여 톱밥 분자의 수산화페놀기(-C₆H₅OH)가 인산기(PO₄³⁻)로 치환된 인산기 치환 톱밥을 형성하는 단계; 및

상기 인산기 치환 톱밥을 수세 및 건조하는 단계를 포함하는 인듐 선택성 흡착제의 제조 방법.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 인산 함침 톱밥을 형성하는 단계에서 사용되는 인산 요소 수용액은 인산 50 중량부에 대하여, 물 40~60 중량부가 포함되어 구성되는 것을 특징으로 하는 인듐 선택성 흡착제의 제조 방법.

청구항 5

제3항에 있어서, 상기 인산기 치환 톱밥을 형성하는 단계에서 인산 함침 톱밥의 열처리는 80~120 °C에서 실시하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 인듐 선택성 흡착제의 제조 방법.

청구항 6

제3항에 있어서, 상기 인산기 치환 톱밥을 형성하는 단계에서 인산 함침 톱밥의 열처리는 90~150 분간 실시하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 인듐 선택성 흡착제의 제조 방법.

청구항 7

폐휴대용기기에서 액정을 회수하는 단계;

상기 액정을 알칼리 용액으로 용해하여 인듐 함유 잔사를 회수하는 단계;

상기 인듐 함유 잔사를 산에 용해하여 인듐 용해액을 형성하는 단계;

상기 인듐 용해액의 인듐 이온을 금속 치환 반응에 의해 인듐으로 환원하고 남은 폐액을 회수하는 단계;

상기 폐액의 인듐을 청구항 1의 인듐 선택성 흡착제로 흡착시키는 단계; 및

상기 인듐 선택성 흡착제에 흡착된 인듐을 청구항 2의 인듐 탈리제로 탈리하여 회수하는 단계를 포함하는 폐휴대용기기로부터 인듐을 회수하는 방법.

청구항 8

제7항에 있어서, 상기 인듐 이온을 흡착시키는 단계는 폐액을 pH 3.5로 조절하여 실시하는 것을 특징으로 하는 폐휴대용기기로부터 인듐을 회수하는 방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 유가 금속인 인듐만을 선택적으로 흡착하는 흡착제, 그 제조 방법 및 상기 흡착제를 사용하여 폐휴대용기기로부터 인듐을 회수하는 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 톱밥 분자의 수산화페놀기(-C₆H₅OH)가 인산기(PO₄³⁻)로 치환되어 이루어지며, 폐휴대용기기의 액정, 공장 폐수 등과 같이 여러 불순물을 함유한 인듐 함유 물질로부터 인듐을 제외한 각종 불순물들을 단시간에 제거하고 인듐을 선택적으로 회수하도록 하여 고순도의 인듐을 용이하게 수득할 수 있는 인듐 선택성 흡착제, 그 제조 방법 및 상기 인듐 선택성 흡착제를 사용하여 폐휴대용기기로부터 인듐을 회수하는 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 인듐의 대부분은 인듐 주석 산화물(ITO : indium tin oxide) 또는 인듐 아연 산화물(IZO : indium zinc oxide)로서, 투명 도전막에 이용되며, 인듐 시장 전체의 약 70%를 차지하고, 재생된 것까지 포함하면 80% 가까이 달한다.

[0003] 한편, 투명 도전막이 사용되는 평면 표시 장치(FPD) 산업에서 컴퓨터의 액정 표시 장치 뿐만 아니라, 박형 대형 텔레비전의 수요가 크게 증가되고 있다. 또한, 유럽연합(EU)가 납 규제를 강화함에 따라, 향후 인듐을 포함하는 저용점 합금으로 이루어지는 무연 뿔납에 대한 요구가 증가하고 수요가 커질 것으로 예상된다.

[0004] 이와 같은 시장 동향에 따라서, 인듐 가격이 상승하는 경향을 보이고 있으며, 동시에 원료의 확보를 위하여 생탈전이 벌어지는 상황마저 예상된다.

[0005] 이러한 배경으로 인하여, 인듐을 재생하는 분위기가 확산되고 있으며, 인듐의 재생은 단순한 환경 기술이 아닌, 중요한 경제성을 가지는 소재 회수 기술이라고 할 것이다.

[0006] 게다가 인듐의 경우에는, 추출할 수 있는 주된 광석이 없고, 공업적으로는 아연 제련의 부산물 또는 납 제련의 부산물, 특히 매연 중에 농축되어 있는 인듐을 회수하는 것에 의하여 생산되어 왔다. 즉, 인듐을 회수할 수 있는 원료에는 아연, 철, 구리, 알루미늄, 갈륨, 비소 또는 카드뮴 등의 금속 불순물이 많이 포함되어 있고, 이들 금속 성분 이외에도 미량 포함되는 불순물의 종류가 많다.

[0007] 따라서 상기 금속 불순물을 제거하고, 고순도의 인듐을 회수하기 위해서는 복잡한 공정이 필요하다. 일반적으로 상기 인듐의 회수 공정은 pH를 조정하여 인듐을 수산화물로 침전시키는 방법, 황화제를 첨가하여 불순물을 유화물로 침전시키는 방법, 금속 알루미늄, 아연, 카드뮴이나 아연-카드뮴 합금 등을 첨가하여 인듐을 치환 석출시키는 방법, 용매 추출에 의하여 인듐을 회수하는 방법, 이온 교환법에 의하여 인듐을 회수하는 방법 등의 화학적 정제 방법과 전해정련 방법의 조합에 의하여 행해지고 있다.

[0008] pH를 조정하여 불순물을 수산화물로 침전시키는 방법이 일본공개특허 제2007-056367호 또는 일본공개특허 제2007-131953호에서 공개되어 있다. 주로 각각의 금속 이온이 수산화물을 생성하는 pH 영역의 차이를 이용하여 pH를 조정하여 불순물을 수산화물로 침전시키는 것이다. 예를 들면, 아연 및 알루미늄과 인듐의 분리는 pH 12 이상으로 조절하여 아연, 알루미늄을 용해하고, 인듐을 수산화물로서 침전시키고 회수하는 방법이 개시되어 있다. 그러나 이 방법에서 생성된 인듐의 수산화물은 여과성이 극히 나쁘기 때문에 여과 설비가 대형화되고, 작업 시간도 지연되며, 특히 철, 구리, 비소 또는 카드뮴 등의 불순물과 인듐 사이의 분리가 곤란하다는 문제점이 있

다.

- [0009] 황화제를 첨가하여 불순물을 유화물로 침전시키는 방법이 한국공개특허 제2007-0101368호 또는 일본공개특허 제2007-131953호에서 공개되어 있다. 주로 금속 유화물의 용해도 차이를 이용한 것으로 황화제를 첨가하여 불순물을 유화물로 침전시킨다. 그러나 전술한 바와 같이 인듐을 회수할 수 있는 원료는 많은 금속 불순물을 포함하기 때문에 순도가 낮은 유화물들이 대량으로 발생한다. 따라서, 이러한 유화물은 일반적으로 여과성이 나쁘고, 얻어진 인듐의 유화물을 침출하는 경우에, 황산 분위기 만으로는 인듐을 완전히 침출시킬 수 없다는 문제점이 있다.
- [0010] 금속 알루미늄, 아연, 카드뮴이나 아연-카드뮴 합금 등을 첨가하여 인듐을 치환 석출시키는 방법이 한국공개특허 제2008-0031661호, 일본공개특허 제2008-207976호 및 일본공개특허 제2007-009274호에서 공개되어 있다. 상기와 같이 금속 알루미늄, 아연, 카드뮴이나 아연-카드뮴 합금 등을 첨가하여 인듐을 치환 석출시키는 방법은, 인듐 보다 귀금속 불순물을 더 포함하는 경우에는 상기 귀금속 불순물과 인듐의 분리가 불가능하다는 문제점이 있다.
- [0011] 상기 용매 추출에 의하여 인듐을 회수하는 방법, 이온 교환법에 의하여 인듐을 회수하는 방법은 불순물의 종류에 따라 전처리 부담이 커져서 작업 코스트가 높다는 문제점이 있다.
- [0012] 또한, 화학적 정제 방법을 거치더라도 금속 불순물의 분리가 불충분하기 때문에 상기 화학적 정제 방법과 조합되는 전해 제련 방법도 수용액 중에 목적 금속을 침출시켜 두고 전기 분해하여 음극에 고순도의 금속을 얻을 수 있는 간편한 전해 채취법을 채용하지 못하고, 목적 금속을 양극으로 하고 고순도 금속을 음극으로 하는 번잡한 전해 정제법을 채용하지 않을 수 없다.
- [0013] 상기와 같은 어떠한 방법도 각각 결점을 가지고 있으며, 상기의 방법들을 조합시킨다 하더라도 고순도 인듐을 회수하기 위해서는 설비가 복잡한 동시에 공정이 번잡하다. 따라서 고순도 인듐을 생산하는 경제적이면서 간편한 수단 또는 방법, 바람직하게는 인듐을 제외한 각종 불순물들을 단시간에 제거하고, 유가 금속들 중에서 인듐을 선택적으로 회수할 수 있는 인듐 선택성 흡착제가 절실하게 요구되고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0014] (특허문헌 0001) 한국공개특허 제2007-0101368호
- (특허문헌 0002) 한국공개특허 제2008-0031661호
- (특허문헌 0003) 일본공개특허 제2007-009274호
- (특허문헌 0004) 일본공개특허 제2007-056367호
- (특허문헌 0005) 일본공개특허 제2007-131953호
- (특허문헌 0006) 일본공개특허 제2008-207976호

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0015] 본 발명이 해결하려는 과제는 폐휴대용기기의 액정이나 공장 폐수 등과 같이 여러 불순물을 함유한 인듐 함유 물질로부터 인듐을 제외한 각종 불순물들을 단시간에 제거하고, 인듐을 선택적으로 회수하도록 하여, 고순도의 인듐을 용이하게 획득할 수 있는 인듐 선택성 흡착제, 그 제조 방법 및 상기 흡착제를 사용하여 폐휴대용기기로 부터 인듐을 회수하는 방법을 제공함에 있다.

과제의 해결 수단

- [0016] 본 발명은 톱밥 분자의 수산화페놀기(-C₆H₅OH)가 인산기(PO₄³⁻)로 치환되어 이루어지는 것을 특징으로 하는 인듐 선택성 흡착제를 제공한다.
- [0017] 상기 인듐 선택성 흡착제에 흡착된 인듐을 탈리하는데 사용되는 인듐 탈리제는 염산, 에틸렌디아민테트라아세트산(EDTA : ethylenediaminetetraacetic acid) 및 니트릴아세트산(NTA : nitrilotriacetic acid)으로 이루어지는 군으로부터 선택되는 적어도 하나 이상의 인듐 탈리제가 포함된다.
- [0018] 또한, 본 발명은 톱밥을 인산 요소 수용액에 침적하고 여과하여 고형분인 인산 함침 톱밥을 형성하는 단계, 상기 인산 함침 톱밥을 열처리하여 톱밥 분자의 수산화페놀기(-C₆H₅OH)가 인산기(PO₄³⁻)로 치환된 인산기 치환 톱밥을 형성하는 단계 및 상기 인산기 치환 톱밥을 수세 및 건조하는 단계를 포함하는 인듐 선택성 흡착제의 제조 방법을 제공한다.
- [0019] 상기 인산 함침 톱밥을 형성하는 단계에서 사용되는 인산 요소 수용액은 인산 50 중량부에 대하여, 물 40~60 중량부가 포함되어 이루어질 수 있다.
- [0020] 상기 인산기 치환 톱밥을 형성하는 단계에서 인산 함침 톱밥의 열처리는 80~120 ℃에서 실시할 수 있다..
- [0021] 상기 인산기 치환 톱밥을 형성하는 단계에서 인산 함침 톱밥의 열처리는 90~150 분간 실시할 수 있다.
- [0022] 또한, 본 발명은 폐휴대용기기에서 액정을 회수하는 단계, 상기 액정을 알칼리 용액으로 용해하여 인듐 함유 잔사를 회수하는 단계, 상기 인듐 함유 잔사를 산에 용해하여 인듐 용해액을 형성하는 단계, 상기 인듐 용해액의 인듐 이온을 금속 치환 반응에 의해 인듐으로 환원하고 남은 폐액을 회수하는 단계, 상기 폐액의 인듐을 톱밥 분자의 수산화페놀기(-C₆H₅OH)가 인산기(PO₄³⁻)로 치환되어 이루어지는 인듐 선택성 흡착제로 흡착시키는 단계 및 상기 인듐 선택성 흡착제에 흡착된 인듐을 인듐 탈리제로 탈리하여 회수하는 단계를 포함하는 폐휴대용기기로부터 인듐을 회수하는 방법을 제공할 수 있다.
- [0023] 상기 인듐 이온을 흡착시키는 단계는 폐액을 pH3.5로 조절하여 실시하는 것이 바람직하다.

발명의 효과

- [0024] 본 발명에 의하면, 폐휴대용기기의 액정, 공장 폐수 등과 같이 여러 불순물을 함유한 인듐 함유 물질로부터 인듐을 제외한 각종 불순물들을 단시간에 제거하고, 인듐을 선택적으로 회수하도록 하여, 고순도의 인듐을 용이하게 수득할 수 있도록 지원하는 인듐 선택성 흡착제를 제공한다.
- [0025] 또한, 본 발명은 폐기물인 톱밥을 중금속 흡착제로 이용함으로써 자원의 재활용을 가능하게 하는 효과를 지니고 있다.

도면의 간단한 설명

- [0026] 도 1은 본 발명의 실시예 1에 의한 인듐 선택성 흡착제의 SEM 사진이다.
- 도 2는 본 발명의 실시예 1에 의한 인듐 선택성 흡착제의 EDX 스펙트럼 차트이다.
- 도 3은 본 발명의 실시예 2에 의한 인듐 선택성 흡착제의 SEM 사진이다.
- 도 4는 본 발명의 실시예 2에 의한 인듐 선택성 흡착제의 EDX 스펙트럼 차트이다.
- 도 5는 비교예인 참나무 톱밥의 SEM 사진이다.
- 도 6은 비교예인 참나무 톱밥의 EDX 스펙트럼 차트이다.
- 도 7은 실시예 1의 인듐 선택성 흡착제의 pH에 따른 유가 금속의 흡착률 그래프이다.
- 도 8은 실시예 2의 인듐 선택성 흡착제의 pH에 따른 유가 금속의 흡착률 그래프이다.
- 도 9는 실시예 1의 인듐 선택성 흡착제의 투입량 변화에 따른 인듐 이온의 선택적 제거율 및 흡착능 변화 차트

이다.

도 10은 실시예 1의 인듐 선택성 흡착제의 시간 변화에 따른 인듐 이온의 제거율 및 pH 변화 차트이다.

도 11은 인듐 선택성 흡착제의 인듐 탈리에 사용되는 탈리제의 인듐 탈리 효율 그래프이다.

도 12는 실시예 4에서 인듐 함유 잔사의 금속 추출률의 측정 결과이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0027] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 상세하게 설명한다. 그러나, 이하의 실시예는 이 기술분야에서 통상적인 지식을 가진 자에게 본 발명이 충분히 이해되도록 제공되는 것으로서 여러 가지 다른 형태로 변형될 수 있으며, 본 발명의 범위가 다음에 기술되는 실시예에 한정되는 것은 아니다. 실시예를 참조하여 본 발명의 인듐 선택성 흡착제에 대하여 상세하게 설명한다.
- [0028] 습식법을 이용한 유가 금속의 회수기술은 다량의 폐액을 발생하게 되며, 이때 폐수 내에는 어느 정도의 유가 금속이 함유되어 있다. 이를 그냥 방출한다면 유가 금속의 유실에 따른 경제적 손실이 발생하게 되며, 이것의 최소화를 위한 기술개발이 필요하다. 현재 상용 이온교환수지를 이용하여 폐수로부터 유가 금속을 회수하는 연구가 있지만 미미한 실정이다. 그래서 내구성이 뛰어나고 특정 유가 금속에 대하여 선택성(Selectivity)이 뛰어난 경제성 있는 흡착제의 개발이 필요하다.
- [0029] 최근에 폐양모(waste wool), 땅콩껍질(nut wastes), 톱밥(tree barks), 폐면(waste cotton) 등과 같은 농업 폐기물을 이용하여 중금속을 제거하고자 하는 연구가 진행되고 있으며, 중금속 흡착제로서 상당한 가능성을 보여주고 있다. 이러한 농업 폐기물 등을 중금속 흡착제로 사용하였을 때 가격이 아주 저렴하여 경제적인 공정이라는 아주 큰 장점을 가지게 된다.
- [0030] 본 발명의 연구자들은 여러 가지 폐기물 흡착제 중에서 인듐에 대해 선택성이 가장 높은 톱밥을 이용하여, 아연과 인듐의 혼합용액으로부터 인듐을 선택적으로 흡착하여 회수하는 연구를 수행하였다.
- [0031] 또한, 인듐의 선택성을 증가시키기 위해서 톱밥이 구비하고 있는 수산화페놀기(-C₆H₅OH)를 인산기(PO₄³⁻)로 치환하여 화학적으로 변형시켰으며, 이는 기존의 상업용 이온교환수지를 대체하기 위해서 반드시 필요하다.
- [0032] 목재 폐기물인 톱밥의 주요 흡착기능기는 카르복실기(-COOH)와 수산화페놀기(-C₆H₅OH)이며, 이 중에서 수산화페놀기(-C₆H₅OH)의 경우 금속에 대해서 흡착능이 낮은 것으로 알려져 있다. 따라서, 본 발명의 연구자들은 금속에 대해서 흡착능이 낮은 수산화페놀기(-C₆H₅OH)를 화학적으로 치환하여 인듐에 대한 선택성이 큰 작용기로 변형시키고자 한다.
- [0033] 다양한 화합물 중에서도 포스포네이트(phosphonate), 포스포산(phosphonic acid)을 지닌 화합물이 인듐에 대해서 높은 선택성을 지니는 것으로 알려져 있다.
- [0034] 따라서, 본 발명에서는 톱밥 분자의 주요 흡착기능기인 수산화페놀기(-C₆H₅OH)가 인듐에 대해서 높은 선택성을 지닌 인산기(PO₄³⁻)로 치환되어 화학구조가 변형됨으로써, 인듐을 선택적으로 흡착하여 회수할 수 있는 인듐 선택성 흡착제가 제공되는 것이다.
- [0035] 또한, 인듐 선택성 흡착제에 흡착된 인듐은 염산(HCl), 질산(HNO₃), 에틸렌디아민테트라아세트산(EDTA : ethylene diaminetetraacetic acid), 니트릴아세트산(NTA : nitrilo triacetic acid), 수산화나트륨(NaCl) 등을 단독으로 사용하거나 2종 이상 혼합하여 사용되는 인듐 탈리제에 의하여 탈리된다.
- [0036] 이하에서, 본 발명의 인듐 선택성 흡착제의 제조 방법에 대하여 상세하게 설명한다.
- [0037] 본 발명의 인듐 선택성 흡착제의 제조 방법은 톱밥을 인산 요소 수용액에 침적하고 여과하여 고형분인 인산 함침 톱밥을 형성하는 단계가 포함된다.
- [0038] 톱밥 분자의 주요 흡착기능기인 수산화페놀기(-C₆H₅OH)가 인산기(PO₄³⁻)로 치환되어 화학구조가 변형된 인듐 선택성 흡착제를 제조하기 위해서는, 톱밥에 인산(H₃PO₄)이 균일하게 침투된 상태인 인산 함침 톱밥을 형성해야 한다.

- [0039] 이에 따라, 인산, 상기 인산의 농도를 조절하기 위한 물을 주요 성분으로 하고, 그 이외에 톱밥 분자의 수산화페놀기(-C₆H₅OH)가 인산기(PO₄³⁻)로 치환되는 것을 촉진하는 요소(Urea)를 적정량 혼합하여 인산 요소 수용액을 형성한다.
- [0040] 구체적으로, 인산 함침 톱밥을 형성하기 위하여 사용되는 인산 요소 수용액은 인산 50 중량부에 대하여, 물 40~60 중량부가 포함되고, 여기에 적정량의 요소가 혼합되어 구성되는 것이다. 인산 요소 수용액을 구성하도록 인산 50 중량부에 혼합되는 물의 함량이 40 중량부 미만이면 상기 인산 요소 수용액을 사용하여 제조되는 인듐 선택성 흡착제의 인듐에 대한 이온 선택성이 저하될 수 있으며, 인산 요소 수용액을 구성하도록 인산 50 중량부에 혼합되는 물의 함량이 60 중량부를 초과하면 상기 인산 요소 수용액을 사용하여 제조되는 인듐 선택성 흡착제의 인듐 흡착능이 저하될 수 있다.
- [0041] 상기와 같은 조성의 인산 요소 수용액과 톱밥을 혼합한 상태에서, 상기 톱밥에 인산이 충분히 균일하게 침투하도록 일정한 시간 동안 유지한 후에, 상기 인산 요소 수용액과 톱밥의 혼합물을 여과하여 액상 성분을 분리 제거하고 고형분인 인산 함침 톱밥을 회수하여 수득한다.
- [0042] 또한, 본 발명의 인듐 선택성 흡착제의 제조 방법은 상기 인산 함침 톱밥을 열처리하여 톱밥 분자의 수산화페놀기(-C₆H₅OH)가 인산기(PO₄³⁻)로 치환된 인산기 치환 톱밥을 형성하는 단계가 포함된다.
- [0043] 상기와 같이 톱밥에 인산(H₃PO₄)이 침적되어 이루어진 인산 함침 톱밥을 열처리하여, 톱밥 분자의 수산화페놀기(-C₆H₅OH)를 인듐에 대해서 높은 선택성을 지닌 인산기(PO₄³⁻)로 치환함으로써, 인듐을 선택적으로 흡착할 수 있는 인산기 치환 톱밥을 형성한다.
- [0044] 구체적으로, 톱밥 분자에 인산(H₃PO₄)이 균일하게 침투된 상태인 인산 함침 톱밥을 80~120 °C에서 90~150 분간 열처리하여 톱밥 분자의 수산화페놀기(-C₆H₅OH)가 인산기(PO₄³⁻)로 치환된 인산기 치환 톱밥을 형성하는 것이다.
- [0045] 인산기 치환 톱밥을 형성하도록 인산 함침 톱밥을 열처리하는 온도가 80 °C 미만이면 상기 인산 함침 톱밥 분자의 수산화페놀기(-C₆H₅OH)가 인산기(PO₄³⁻)로 제대로 치환되지 않을 수 있으며, 인산 함침 톱밥을 열처리하는 온도가 120 °C를 초과하면 인산기 치환 톱밥이 열화되어 실용성이 저하된다. 또한, 인산기 치환 톱밥을 형성하도록 인산 함침 톱밥을 열처리하는 시간이 90 분 미만이면 상기 인산 함침 톱밥 분자에 대한 인산기(PO₄³⁻)의 치환율이 저하될 수 있으며, 인산 함침 톱밥을 열처리하는 시간이 150 분을 초과하면 상기 인산 함침 톱밥 분자에 대한 인산기(PO₄³⁻)의 치환이 더 이상 진행되지 않을 수 있다.
- [0046] 또한, 본 발명의 인듐 선택성 흡착제의 제조 방법은 상기 인산기 치환 톱밥을 수세 및 건조하는 단계가 포함된다.
- [0047] 상기와 같이 인산 함침 톱밥이 열처리되어 톱밥 분자의 수산화페놀기(-C₆H₅OH)가 인산기(PO₄³⁻)로 치환된 상태인 인산기 치환 톱밥을 수세 및 여과하여 인산 등의 미반응 물질을 제거한 후에, 상온에서 건조하여 인듐 선택성 흡착제를 제조한다.
- [0048] 이하에서, 본 발명에 따른 인듐 선택성 흡착제의 실시예들을 더욱 구체적으로 제시하며, 다음에 제시하는 실시예들에 본 발명이 한정되는 것은 아니다.
- [0049] <실시예 1>
- [0050] 1. 참나무 톱밥 50 g을 인산(Sigma Aldrich사 제품, 시약, 농도 85 중량%) 500 ml, 요소(Sigma Aldrich사 제품, 시약) 22.4 g, 증류수 500 ml로 이루어진 인산 요소 수용액에 혼합하여 10분간 교반하여 톱밥과 인산 요소 수용액의 혼합물을 형성하였다. 상기 톱밥과 인산 요소 수용액의 혼합물을 24시간 동안 유지한 후에 필터로 여과하여 고형분인 인산 함침 톱밥을 수득하였다.
- [0051] 2. 상기 인산 함침 톱밥을 100 °C에서 120 분간 열처리하여 톱밥 분자의 수산화페놀기(-C₆H₅OH)가 인산기(PO₄³⁻)

)로 치환된 인산기 치환 톱밥을 형성하였다.

[0052] 3. 상기 인산기 치환 톱밥을 증류수로 4회 수세한 후에, 상온에서 물기를 완전히 건조하여 인듐 선택성 흡착제를 제조하였다.

[0053] 4. 상기 제조된 인듐 선택성 흡착제를 주사전자현미경(SEM)으로 촬영하여 표면상태를 관찰하고, 상기 주사전자현미경 사진을 도 1에 나타내었다. 또한, 상기 인듐 선택성 흡착제에 대한 EDX 스펙트럼 분석을 실시하고, 상기 EDX 스펙트럼 분석 결과를 도 2에 나타내었다. 또한, 상기 EDX 스펙트럼 분석의 분석 결과에 의거하여 인듐 선택성 흡착제의 작용기의 함량을 산출하였으며, 상기 산출된 인듐 선택성 흡착제의 작용기의 함량을 다음 표 1에 나타내었다.

표 1

구 분	중량%	부피%
카르복실기	55.53	63.24
수산화페놀기	41.41	35.41
인	3.05	1.35

[0055] <실시예 2>

[0056] 참나무 톱밥 50 g을 인산(Sigma Aldrich사 제품, 시약, 농도 85 중량%) 750 ml, 요소(Sigma Aldrich사 제품, 시약) 22.4 g, 증류수 250 ml로 이루어진 인산 요소 수용액에 혼합하여 10분간 교반하여 톱밥과 인산 요소 수용액의 혼합물을 형성하였다. 상기 톱밥과 인산 요소 수용액의 혼합물을 24시간 동안 유지한 후에 필터로 여과하여 고형분인 인산 함침 톱밥을 수득하는 것 이외에는 상기 실시예 1과 동일하다.

[0057] 제조된 인듐 선택성 흡착제를 주사전자현미경(SEM)으로 촬영하여 표면상태를 관찰하고, 상기 주사전자현미경 사진을 도 3에 나타내었다. 또한, 상기 인듐 선택성 흡착제에 대한 EDX 스펙트럼 분석을 실시하고, 상기 EDX 스펙트럼 분석 결과를 도 4에 나타내었다. 또한, 상기 EDX 스펙트럼 분석의 분석 결과에 의거하여 인듐 선택성 흡착제의 작용기의 함량을 산출하였으며, 상기 산출된 인듐 선택성 흡착제의 작용기의 함량을 다음 표 2에 나타내었다.

표 2

구 분	중량%	부피%
카르복실기	55.52	64.96
수산화페놀기	34.98	30.73
인	9.50	4.31

[0059] <비교예>

[0060] 아무런 처리도 실시하지 않은 참나무 톱밥을 비교예로서 주사전자현미경(SEM)으로 촬영하여 표면상태를 관찰하고, 상기 주사전자현미경 사진을 도 5에 나타내었다. 또한, 상기 참나무 톱밥에 대한 EDX 스펙트럼 분석을 실시하고, 상기 EDX 스펙트럼 분석 결과를 도 6에 나타내었다. 또한, 상기 EDX 스펙트럼 분석의 분석 결과에 의거하여 참나무 톱밥의 작용기의 함량을 산출하였으며, 산출된 참나무 톱밥의 작용기의 함량을 다음 표 3에 나타내었다.

표 3

구 분	중량%	부피%
카르복실기	56.67	63.53
수산화페놀기	43.33	36.47
인	-	-

[0062] 실시예 1, 2와 비교예의 SEM 사진인 도 1, 도 3 및 도 5를 관찰한 결과, 톱밥 분자의 수산화페놀기(-C₆H₅OH)가 인산기(PO₄³⁻)로 치환되기 전과 후의 톱밥의 표면 상태는 크게 다르지 않았다. 즉, 화학적 반응인 인산기(PO₄³⁻

)로의 치환이 톱밥의 표면 상태에 크게 변화를 주지 않는 것으로 볼 때, 톱밥의 물리적 변화는 없는 것으로 판단된다.

[0063] 그러나 실시예 1, 2와 비교예의 스펙트럼 차트인 도 2, 도 4 및 도 6을 이용하여 인(P)의 함유량을 조사한 결과, 실시예 1, 실시예 2의 인듐 선택성 흡착제에서 인의 함량이 증가된 것으로 나타나서, 톱밥 분자의 수산화페놀기(-C₆H₅OH)가 인산기(PO₄³⁻)로 치환된 것을 알 수 있었다. 실시예 1의 인듐 선택성 흡착제에서는 인의 함량이 약 3.05 중량%인 반면, 실시예 2의 인듐 선택성 흡착제에서는 인의 함량이 약 9.50 중량%로서 실시예 1의 인듐 선택성 흡착제에 비하여 인산기(PO₄³⁻)로의 치환 정도가 높은 것으로 판단된다.

[0064] <시험예 1>

[0065] 실시예 1 및 실시예 2의 인듐 선택성 흡착제에 대한 유가금속의 선택적 흡착시험을 실시하였다.

[0066] 유가금속의 선택적 흡착시험은 100 ml의 유가금속 용액을 사용하여 회분식 형태로 실시하였다. 인듐 선택성 흡착제와 유가금속 용액을 교반식 인큐베이터(Shaking Incubator)에서 24시간 동안 혼합 교반하였으며, 상기 혼합물은 25 °C로 고정되었다. 다양한 농도의 질산(HNO₃)과 수산화암모늄(NH₄OH)를 이용하여 혼합물의 pH를 조절하였으며, 흡착평형에 도달한 혼합물의 유가금속 용액은 필터에 의하여 인듐 선택성 흡착제와 분리시켰다. 분리된 유가금속 여액은 증류수로 희석한 후에 자동흡착 스펙트로스코프기(AAS : Atomic Absorption Spectroscopy, 모델명 Perkin Elmer Analyst 300, USA)를 이용하여 농도를 측정하였다. 모든 실험은 3회 반복하여 실시되며, 그 평균값을 결과치로 제시하였다. 유가금속 이온의 제거율(R.E. : Removal Efficiency)과 흡착능(Q)을 아래의 식에 의거하여 계산하였다.

[0067] 유가금속 이온의 제거율 $R.E = [(C_i - C_f) / C_i] \times 100 (\%)$

[0068] 유가금속 이온의 흡착능 $Q = [(C_i \times V_i) - (C_f \times V_f)] \div (1000 \times M)$

[0069] [Q ; 금속 이온의 흡착능 (mg/g),

[0070] C_i ; 금속 이온의 초기농도 (mg/ℓ),

[0071] V_i ; 금속 용액의 초기부피 (ml),

[0072] C_f ; 금속 이온의 최종농도 (mg/ℓ),

[0073] V_f ; 금속 용액의 최종부피 (ml).

[0074] M ; 인듐 선택성 흡착제 흡착제의 초기 투입양 (g)]

[0075] 상기 계산된 유가금속 이온의 제거율을 도 7, 도 8에서 도시하였다.

[0076] 도 7을 참조하면, 실시예 1의 인듐 선택성 흡착제의 경우, pH가 증가할수록 인듐의 제거율은 증가하는 반면에 아연의 제거율은 오히려 감소하는 경향을 나타내었다. 특히, pH가 3.5일 때, 인듐의 제거율은 약 90 %이고, 아연은 거의 제거하지 못하였다. pH가 증가될수록 인듐의 제거율이 큰 것은 인듐 이온(In³⁺)과 수소 이온(H⁺)사이의 경쟁흡착 때문인 것으로 판단된다. 즉, 낮은 pH에서는 높은 pH에 비해서 상대적으로 수소 이온(H⁺)의 양이 많아서 인듐 이온(In³⁺)과의 동일한 흡착 사이트(site)에 대한 경쟁흡착이 심하기 때문에 제거율이 감소하게 되는 것이다.

[0077] 실시예 1의 인듐 선택성 흡착제가 인듐에 대해서 높은 선택 제거율을 보이는 것은 인산기의 영향인 것으로 판단되며 이것은 HSAB 이론으로도 설명이 가능하다. 이 이론은 Hard acid는 Hard base와 강력한 결합을 하고 Soft acid는 Soft base와 결합력이 우수하다는 것이며, 매질(Intermediate)의 경우는 산(acid)의 산화상태에 따라서 Hard base 또는 Soft base와 결합할 수 있다는 것이다.

[0078] 본 발명의 인듐 선택성 흡착제의 경우, 톱밥 고유의 카르복실기(-COOH)에 치환된 인산기(PO₄³⁻)는 Hard base의

부류에 속하며, 인듐 이온(In^{3+})은 Hard acid 그리고 아연 이온(Zn^{2+})는 매질(Intermediate)에 속한다. 그래서 Hard acid에 속하는 인듐 이온(In^{3+})은 Hard base인 카르복실기($-COOH$)와 인산기(PO_4^{3-})와 잘 결합하는 반면, 아연 이온(Zn^{2+})과는 잘 결합하지 못하는 성질을 지니는 것이다.

- [0079] 또한, 도 8을 참조하면, 실시예 2의 인듐 선택성 흡착제는 인듐의 제거율이 거의 97 %였으나, 아연도 약 3%를 제거하여 본 발명의 목적에 잘 부합되지 않았다.
- [0080] 따라서, 지금까지의 실험결과를 종합하여 볼 때, 실시예 1의 인듐 선택성 흡착제로 인듐과 아연의 혼합액을 pH 3.5에서 흡착시키는 경우에 아연은 거의 흡착하지 않고 인듐만 90 % 이상을 제거할 수 있는 최적의 조건임을 알 수 있었다.
- [0081] <시험예 2>
- [0082] 실시예 1의 인듐 선택성 흡착제의 투입량을 달리하면서 인듐 이온의 선택적 제거율 및 흡착능에 대한 특성을 측정하고, 그 결과를 도 9에서 도시하였다.
- [0083] 도 9를 참조하면, 전체적으로 인듐 선택성 흡착제의 투입량이 증가되면서 인듐 이온의 흡착능은 감소되었지만 인듐 이온의 제거율은 증가된 것으로 나타났다.
- [0084] 일반적으로 흡착제의 양이 증가하면 흡착능은 감소하는 경향을 나타낸다. 왜냐하면 흡착제의 양이 증가할수록, 중금속에 대하여 불포화(Unsaturated)된 흡착 사이트(site)가 증가하기 때문이다.
- [0085] 유가금속 용액 중에 1.0 g의 인듐 선택성 흡착제가 투입되는 경우, 상기 유가금속 용액에서 약 87 %의 인듐 이온을 선택적으로 제거할 수 있었으며, 이 때의 인듐 선택성 흡착제 1.0 g당 인듐 이온의 흡착능은 약 1.1 mg/g이다. 상기와 같이 인듐 이온이 흡착된 상태인 인듐 선택성 흡착제에서 아연 이온은 거의 흡착되지 않았다.
- [0086] 이 결과로부터 본 발명의 인듐 선택성 흡착제의 인듐 이온에 대한 선택성이 매우 우수하다는 것을 알 수 있었으며, 특히, 인듐 선택성 흡착제의 주원료로 사용된 톱밥이 폐기물임을 고려한다면 인듐 선택성 흡착제가 매우 경제성 있는 흡착제임을 나타내는 결과이며, 차후 현재 상업적으로 이용되고 있는 이온교환수지를 충분히 대체할 수 있을 것으로 판단된다.
- [0087] <시험예 3>
- [0088] 인듐 이온의 초기농도가 7.25 mg/l인 유가금속 용액에서 실시예 1의 인듐 선택성 흡착제로 인듐 이온을 흡착시키면서, 시간 변화에 따른 유가금속 용액 중의 인듐 이온의 농도변화를 조사하면서 동시에 상기 유가금속 용액의 pH 변화에 대해서도 측정하였으며, 그 결과를 도 10에서 도시하였다.
- [0089] 도 10을 참조하면, 시간 변화에 따라서 인듐 이온의 농도와 pH가 동시에 감소된 것으로 나타났다.
- [0090] 인듐 이온 농도의 변화 측면에서 보면, 약 120분 이후로는 큰 변화가 일어나지 않았으며, 이 결과는 인산화된 톱밥에 의한 In 이온의 흡착 공정은 약 120분 이내에 거의 대부분이 진행된다는 것을 의미한다.
- [0091] 또한, 시간 변화에 따른 pH의 변화는, 인듐 선택성 흡착제의 주 흡착기능기로 판단되는 카르복실기($-COOH$)의 수소이온(H^+) 및 톱밥의 인산화 치환 과정에서 발생된 인산기(PO_4^{3-})의 수소 이온(H^+)이 해리되며, 금속 이온과 수소 이온(H^+)이 이온교환되어 유가금속 용액 상에 용해되면서 pH를 감소시키게 되는 것이다.
- [0092] <시험예 4>
- [0093] 유가금속 용액과 실시예 1의 인듐 선택성 흡착제의 혼합물이 흡착 평형에 도달한 후에, 원심분리기로 상등액인 유가금속 용액을 제거하고 인듐 선택성 흡착제를 수득하였다. 상기 수득된 인듐 선택성 흡착제에 흡착된 인듐에 대한 인듐 탈리제의 탈리 실험을 실시하였으며, 그 결과를 도 11에서 도시하였다.
- [0094] 구체적으로, 인듐 탈리제로서는 염산(HCl), 질산(HNO_3), 에틸렌디아민테트라아세트산(EDTA : ethylene diaminetetraacetic acid), 니트릴아세트산(NTA : nitrilo triacetic acid), 수산화나트륨(NaCl)을

사용하였다. 최적의 인듐 탈리제를 선정하기 위하여, 모든 인듐 탈리제의 농도는 0.1 M로 동일하게 하였으며 S/L 비는 1.0으로 고정하였다. 이러한 인듐 탈리제의 농도, 시간에 따른 인듐의 탈리율을 측정하였다.

- [0095] 인듐 탈리율은 다음 식에 의하여 산출된다.
- [0096] 인듐 탈리율(Desorption Efficiency) =
- [0097] 인듐 탈리제에 포함된 금속의 중량(mg)/흡착제에 흡착된 금속의 중량(mg)
- [0098] 인듐 탈리제로서 에틸렌디아민테트라아세트산, 니트릴아세트산을 사용하는 경우의 인듐 탈리율 90 %로서 가장 높았으며, 염산의 경우에는 약 85 %의 인듐 탈리율을 나타내었다. 단순히 인듐 탈리율 면에서 볼 때는 인듐 탈리제로서 에틸렌디아민테트라아세트산, 니트릴아세트산이 우수하였으나, 경제성을 고려하는 경우에는 인듐 탈리율 85%인 염산을 최적의 인듐 탈리제로 선정하였다.
- [0099] 즉, 인듐 선택성 흡착제에 흡착된 인듐을 탈리하기 위한 인듐 탈리제로서는 염산(HCl), 에틸렌디아민테트라아세트산(EDTA : ethylene diaminetetraacetic acid), 니트릴아세트산(NTA : nitrilo triacetic acid)을 단독으로 사용하거나 2종 이상 혼합하여 사용하는 것이 바람직하다.
- [0100] 이하에서, 본 발명의 인듐 선택성 흡착제를 사용하여 폐휴대용기기로부터 인듐을 회수하는 방법에 대하여 상세하게 설명한다. 이하에서, 휴대용기기가 함은 휴대전화(모바일폰), MP3 플레이어, 테블릿 PC(personal computer), 넷북(netbook), 랩탑 컴퓨터(lap-top computer), 디지털카메라, 캠코더 등과 같이 개인이 휴대할 수 있는 모든 전자기기를 포함하는 의미로 사용한다.
- [0101] 본 발명의 인듐 선택성 흡착제를 사용하여 폐휴대용기기로부터 인듐을 회수하는 방법은 폐휴대용기기에서 액정을 회수하는 단계가 포함된다.
- [0102] 휴대전화 등과 같은 각종 휴대용기기는 일반적으로 플라스틱 케이스, 메탈 플레이트 등의 외장재 및 악세사리 약 60 중량%, 인쇄회로기판(PCB) 및 각종 부품 약 31 중량%, 액정(유리) 부위 약 9 중량% 정도로 구성되어 있는데, 플라스틱 케이스, 메탈 플레이트 등의 외장재 및 악세사리에는 유가 금속인 인듐이 함유되어 있지 않은 반면, 다음의 표 4에서 나타내는 바와 같이 액정에는 인듐이 함유되어 있다.

표 4

[0103]	금속 함량(ppm)	인듐	118
		주석	614
		알루미늄	3,758
		구리	30
		납	43
		니켈	459

- [0104] 휴대용기기의 액정 뿐만 아니라, 이러한 액정을 식각하는 과정에서 발생하는 폐수에서도 인듐이 함유되어 있다.
- [0105] 이에 따라, 플라스틱이나 합성섬유 같은 폴리머 성분이 무산소 상태에서 가열되면 유기화합물로 분해되어 기화되는 원리를 응용하여, 폐휴대용기기로부터 플라스틱 케이스, 장식용 끈 등과 같은 폴리머 성분을 분리 제거하고, 전자석의 자기력에 의해 금속 외장재를 분리 제거한 후에 잔류되는 인쇄회로기판(PCB), 액정, 분진, 각종 부품 중에서 액정을 회수하는 것이다.
- [0106] 또한, 본 발명의 인듐 선택성 흡착제를 사용하여 폐휴대용기기로부터 인듐을 회수하는 방법은 상기 액정을 알칼리 용액으로 용해하여 인듐 함유 잔사를 회수하는 단계가 포함된다.
- [0107] 액정을 산에 용해시키기 전에, 상기 액정 에서 몰리브덴, 알루미늄, 주석, 아연, 크롬, 철, 구리, 마그네슘 외에 기타 불순물 및 이들의 조합으로 이루어진 군에서 선택되는 금속 및 이들 금속을 포함하는 금속수화물 형태의 것을 용출시켜 제거함으로써 인듐 함량을 높이는 것이 바람직하다.
- [0108] 이를 위하여, 본 발명에서는 인듐은 알칼리 용액에 대하여 불용성이라는 성질을 이용하여, 액정을 알칼리 용액으로 용해함으로써, 상기 액정으로부터 알루미늄, 규소, 주석 등과 같이 알칼리 용액에 용해되는 금속류를 용해시켜 제거한 후에, 여과나 원심분리 등의 방법에 의해 고형분인 인듐 함유 잔사를 회수한다.

- [0109] 또한, 본 발명의 인듐 선택성 흡착제를 사용하여 폐휴대용기기로부터 인듐을 회수하는 방법은 상기 인듐 함유 잔사를 산에 용해하여 인듐 용해액을 형성하는 단계가 포함된다.
- [0110] 상기와 같은 인듐 함유 잔사를 염산, 황산, 질산 등과 산에 용해하여 인듐 이온이 포함된 상태인 인듐 용해액을 형성하는 것이다.
- [0111] 또한, 본 발명의 인듐 선택성 흡착제를 사용하여 폐휴대용기기로부터 인듐을 회수하는 방법은 상기 인듐 용해액의 인듐 이온을 금속 치환 반응에 의해 인듐으로 환원하고 남은 폐액을 회수하는 단계가 포함된다.
- [0112] 상기와 같이 인듐 이온이 포함된 상태인 인듐 용해액에 인듐보다 이온화 경향이 큰 금속을 첨가하여 금속 치환 반응을 일으킴으로써, 인듐 용해액의 인듐 이온이 치환된 인듐을 회수하는 동시에, 남은 폐액을 회수한다.
- [0113] 상기 폐액에는 여전히 상당량의 인듐이 함유되어 있으므로, 본 발명에서는 톱밥 분자의 수산화페놀기(-C₆H₅OH)가 인산기(PO₄³⁻)로 치환되어 이루어지는 인듐 선택성 흡착제를 사용하여 폐액으로부터 인듐을 회수하는 것이다.
- [0114] 또한, 본 발명의 인듐 선택성 흡착제를 사용하여 폐휴대용기기로부터 인듐을 회수하는 방법은 상기 폐액의 인듐을 톱밥 분자의 수산화페놀기(-C₆H₅OH)가 인산기(PO₄³⁻)로 치환되어 이루어지는 인듐 선택성 흡착제로 흡착시키는 단계가 포함된다.
- [0115] 폐액에 함유된 인듐을 톱밥 분자의 수산화페놀기(-C₆H₅OH)가 인산기(PO₄³⁻)로 치환되어 이루어지는 인듐 선택성 흡착제로 흡착한다.
- [0116] 상기와 같이 폐액에 함유된 인듐을 인듐 선택성 흡착제로 흡착시킬 때, 상기 폐액을 pH 3.5 정도로 조절하여 실시하는 것이, 상기 인듐 선택성 흡착제가 아연은 거의 흡착하지 않고 인듐만 90 % 이상을 흡착하여 제거할 수 있다는 측면에서 바람직하다.
- [0117] 또한, 본 발명의 인듐 선택성 흡착제를 사용하여 폐휴대용기기로부터 인듐을 회수하는 방법은 상기 인듐 선택성 흡착제에 흡착된 인듐을 인듐 탈리제로 탈리하여 회수하는 단계가 포함된다.
- [0118] 인듐 선택성 흡착제에 흡착된 인듐을 염산(HCl), 질산(HNO₃), 에틸렌디아민테트라아세트산(EDTA : ethylene diaminetetraacetic acid), 니트릴아세트산(NTA : nitrilo triacetic acid), 수산화나트륨(NaCl) 등을 단독으로 사용하거나 2종 이상 혼합하여 사용되는 인듐 탈리제에 의하여 탈리하여 회수한다.
- [0119] 이하에서, 본 발명에 따른 인듐 선택성 흡착제를 사용하여 폐휴대용기기로부터 인듐을 회수하는 방법의 실시예들을 더욱 구체적으로 제시하며, 다음에 제시하는 실시예들에 본 발명이 한정되는 것은 아니다.
- [0120] <실시예 4>
- [0121] 1. 액정을 식각하는 과정에서 발생하는 폐수를 중화 처리하여 금속 용액으로 사용하고, 금속 함량을 측정하였으며, 그 측정 결과를 표 5에 나타냈다.

표 5

[0122]

금속 함량(ppm)	인듐	
	인듐	22,196
	알루미늄	38644.6
	몰리브덴	31418.7
	크롬	9305.7
	나트륨	17456.0
	마그네슘	2829.6
	규소	340.6
	칼슘	253.8
	망간	11.7
	철	1421.2
	코발트	-
	니켈	64.4
	구리	1041.1
	아연	255.5
	지르코늄	15.0
	카드뮴	0.5
	주석	1965.5
	안티몬	151.2
	납	0.6
	비스무스	1.8

[0123]

2. 상기 금속용액 100 g에 수산화나트륨 100 g을 혼합 교반하여 형성된 인듐 함유 잔사를 회수하고 금속의 제거율을 측정하였으며, 그 결과를 다음 표 6에 나타내었다.

표 6

[0124]

구 분		제거율(중량%)		
알카리	농도(N)	알루미늄	규소	주석
수산화나트륨	2	0.0	0.0	6.3
	4	13.0	0.0	71.4
	8	51.1	43.3	85.3

[0125]

3. 상기 인듐 함유 잔사를 염산 0.1 M 및 염산 0.5 M에 각각 용해하고 금속의 추출률을 측정하였으며, 그 측정 결과를 도 12에 나타내었다.

[0126]

4. 상기 인듐 용해액에 판상의 아연을 첨가하고, 60 °C의 온도로 18시간 동안 유지하여, 상기 인듐 용해액의 인듐 이온을 금속 치환 반응에 의해 인듐으로 환원하고 남은 폐액을 회수하였다.

[0127]

5. 인듐 선택성 흡착제와 폐액을 교반식 인큐베이터(Shaking Incubator)에서 25 °C, pH 3.5로 24시간 동안 혼합 교반하였으며, 흡착평형에 도달한 혼합물의 폐액을 필터에 의하여 인듐 선택성 흡착제와 분리시켰다.

[0128]

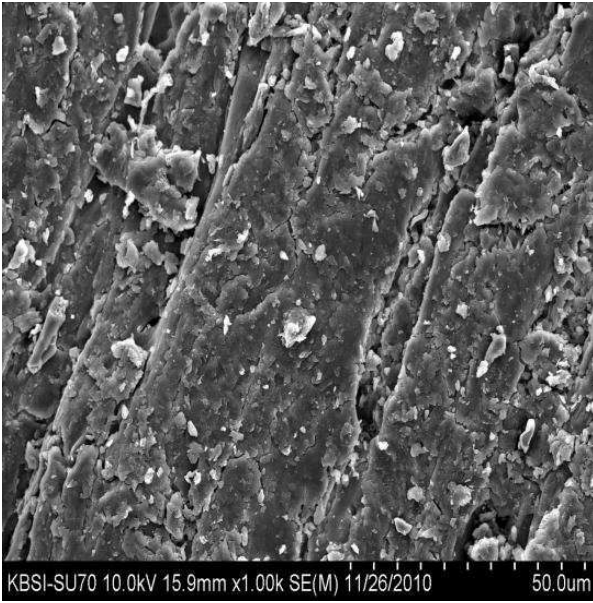
6. 상기 인듐 선택성 흡착제에 흡착된 인듐을 인듐 탈리제인 염산으로 회수하였다. 상기 회수된 인듐 및 분리된 폐액을 측정된 결과, 약 86 %의 인듐 이온을 선택적으로 제거할 수 있었으며, 이 때의 인듐 선택성 흡착제 1.0 g당 인듐 이온의 흡착능은 약 1.1 mg/g인 것으로 나타났다.

[0129]

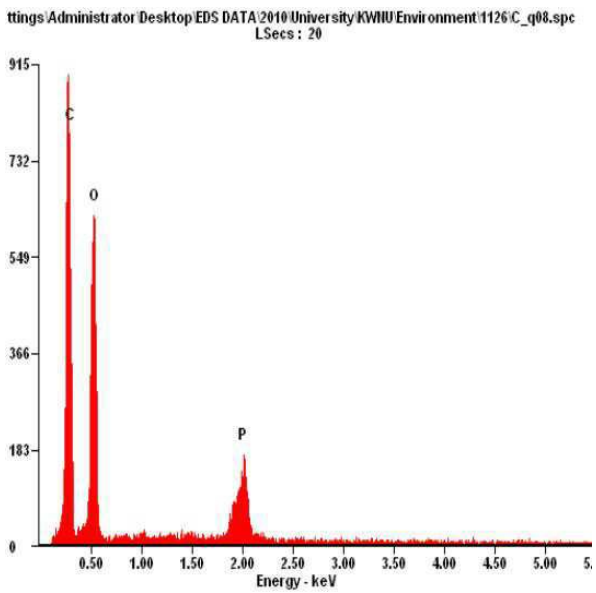
이상, 본 발명의 바람직한 실시예를 들어 상세하게 설명하였으나, 본 발명은 상기 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명의 기술적 사상의 범위내에서 당 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의하여 여러 가지 변형이 가능하다.

도면

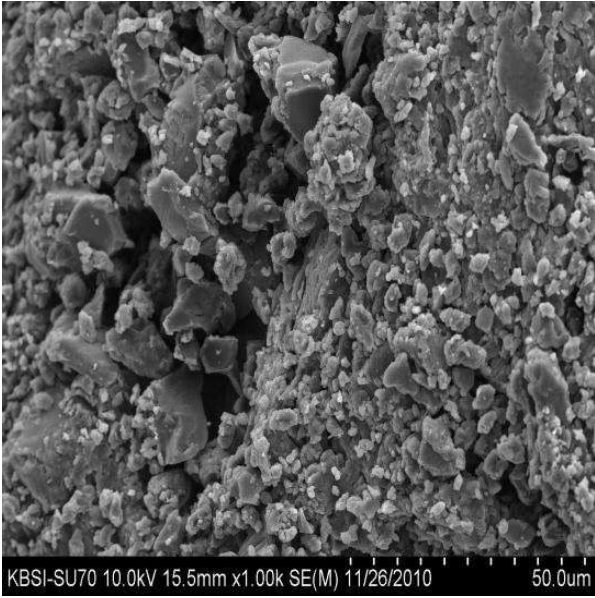
도면1



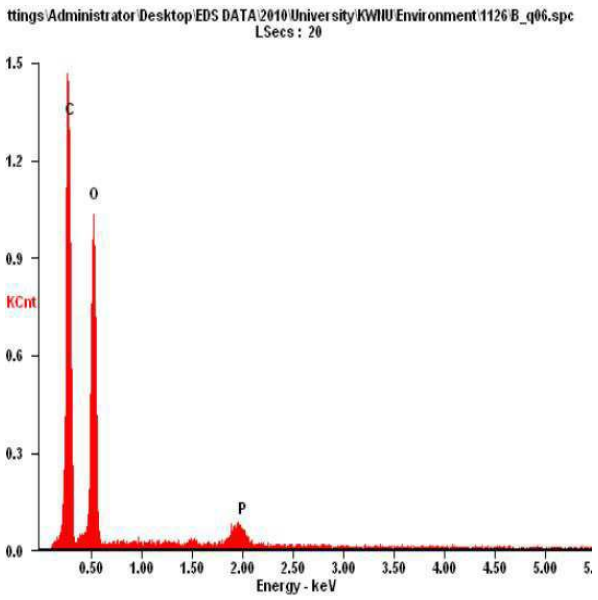
도면2



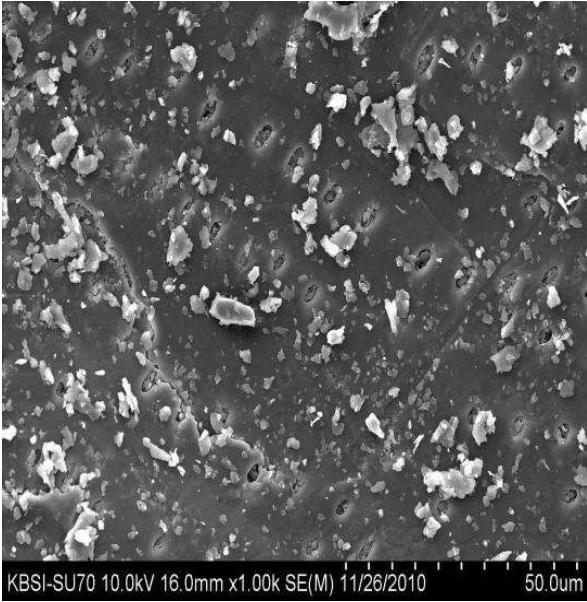
도면3



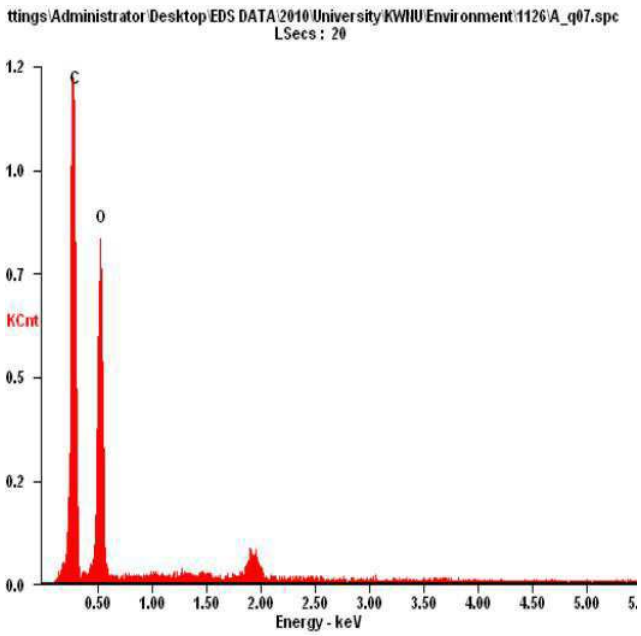
도면4



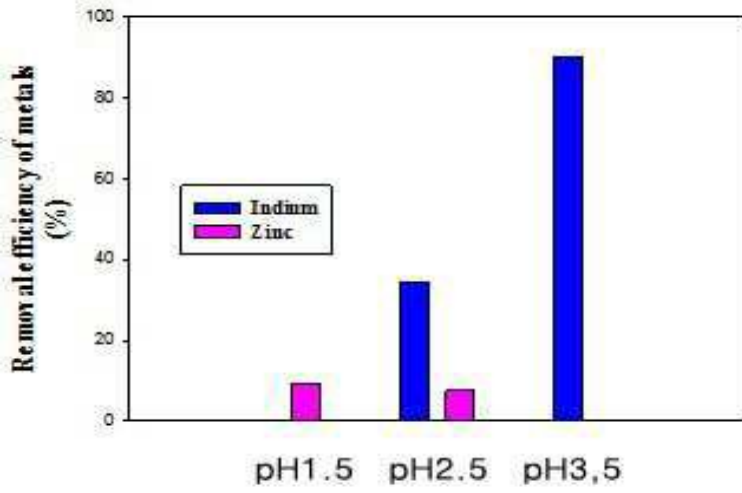
도면5



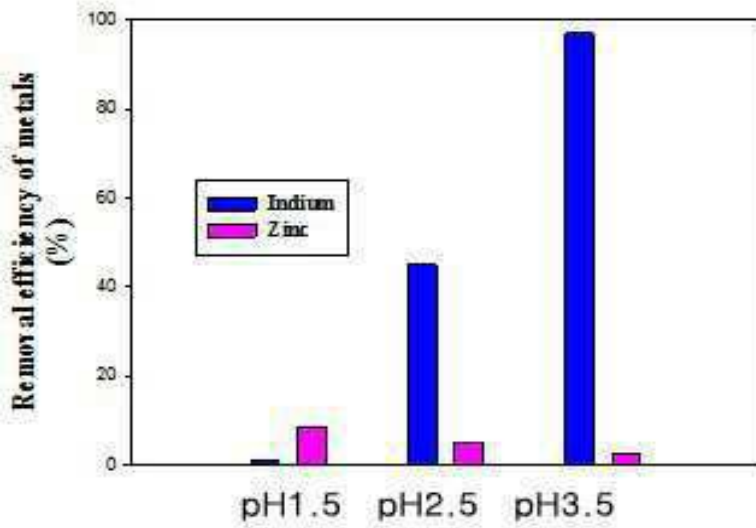
도면6



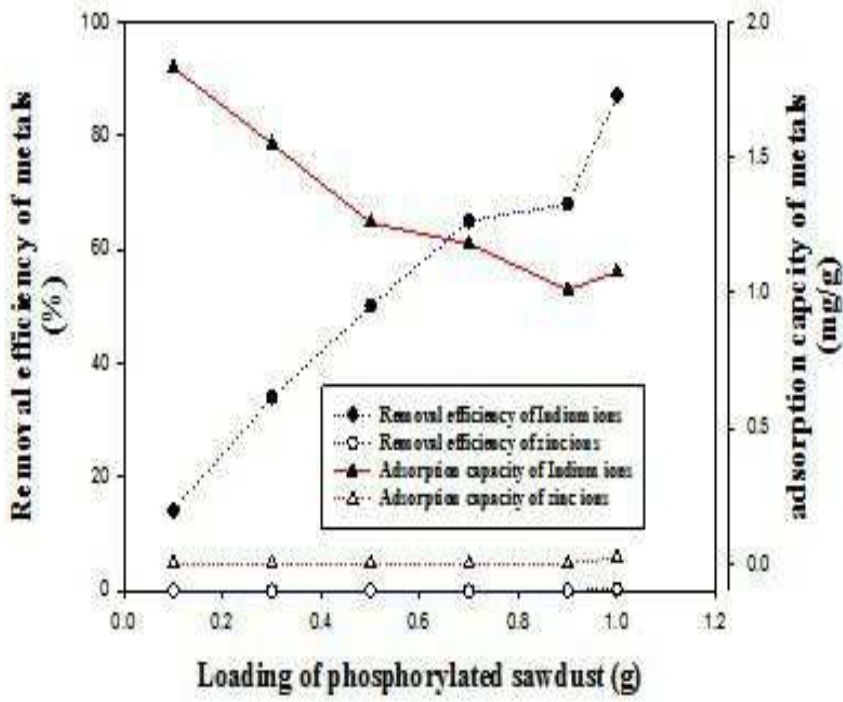
도면7



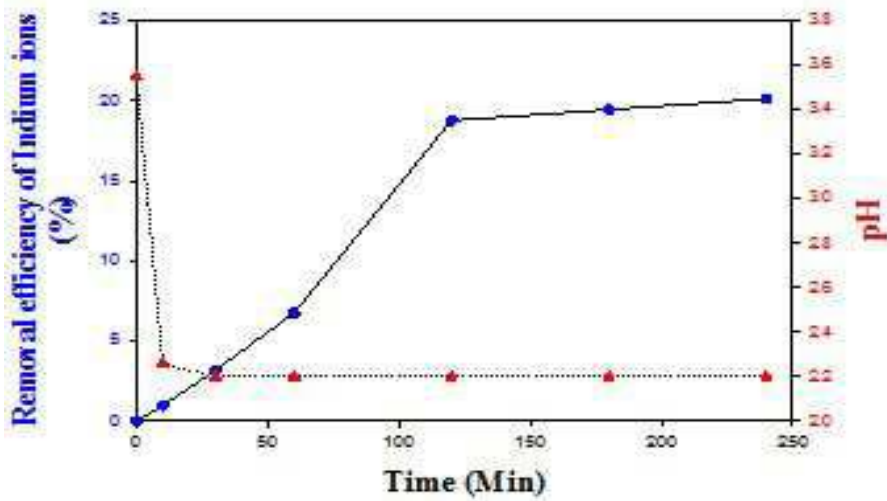
도면8



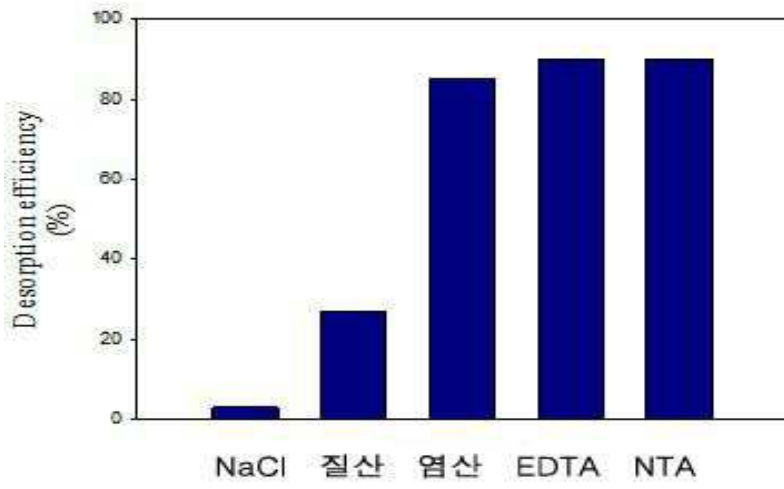
도면9



도면10



도면11



도면12

