

【3K153012】 廃LED素子からのガリウム化合物の乾式リサイクル技術の開発

(H27-29 80,498千円)

研究代表者 明石 孝也 (法政大学)

1. 研究開発目的

廃LED素子からガリウム化合物を乾式でリサイクルするための技術の開発するために、本申請課題は以下の2つに分けて研究を進める。(1)にてプロセス全体を検討し、(2)にて特に問題となる項目のうち、ガリウム含有気相種を酸化ガリウムとして回収する手法の最適化および不純物を含む原料からの酸化ガリウムの選択的回収方法について詳細に検討する。

(1) 廃LED素子からのガリウム化合物の乾式分離・回収法の開発

炭素熱還元-酸化法を用いたガリウム化合物の分離・回収技術(PCT 外国出願技術)を、廃LED素子からのガリウム化合物の分離・回収に適用する。まずは、廃LED素子と同じ成分からなる混合物を原料に用いて最適な装置設計と運転条件を見出した後に、実際の廃LED素子からのガリウム化合物の分離・回収を行い、実用化検討のために必要となる収率や投入熱量などのデータを蓄積する。

(2) ガリウム含有気相種からの酸化ガリウム選択的回収方法の検討

(1)において、炭素熱還元によって分離されたガリウム含有気相種を酸化することによって、ガリウム化合物を酸化ガリウムとして回収する。(2)ではこの回収方法(回収部の構造、雰囲気や温度等条件)について、高収率で選択的に回収するための詳細な検討を行う。具体的には、不純物として予想される不純物(樹脂や金属など)を混合させた原料を用い、新たな手法を取り入れた炭素熱還元-酸化法により、回収部の構造や雰囲気、温度など条件が酸化ガリウムの収率および選択的回収に及ぼす影響を評価する。これらの研究成果を上記(1)にて設計した新装置に反映させ、ガリウム化合物の収率向上を可能とさせる。

2. 本研究により得られた主な成果

(1) 科学的意義

本技術の独創性は、熱還元を行うことによって、ガリウム含有物からガリウム成分を気相へと分離し、気相へと分離されたガリウム成分を酸化することによってガリウム含有固体として回収するところにある。一般的に、酸化物よりも金属の方が高い蒸気圧を有することが多い。しかし、ガリウムの場合には、 Ga(g) 単原子の蒸気圧よりも $\text{Ga}_2\text{O(g)}$ の方が高い蒸気圧を有するため、 $\text{Ga}_2\text{O(g)}$ の蒸気圧が最も高くなるような条件を用いている。この基本的な考えに基づいてPCT 外国出願がなされ、その際に行われた国際調査機

関（本件に関しては日本特許庁）による調査で、「新規性、進歩性を有する」という結論がなされている。

本研究課題によって新規開発した噴流床式の装置が、上述の「Ga₂O₃(g)の蒸気圧が最も高くなるような条件」を作り出すのに有効であることを着想し、卓上型の実験装置の作製と GaN 含有混合物を用いた試運転によってそれを実証したことは科学的観点から大きな意義がある

特に、平成 28 年度の研究においては、原料として GaN 含有混合物ではなく、実際の廃 LED を用いてガリウム化合物の分離・回収を行うことにも成功しており、本技術が極めて多くの成分を含む多成分系にも適用可能であることを実証したことは実用面においても大きな意義がある。

（２）環境政策への貢献

平成 27 年秋にアイリスオーヤマ(株)から使用済み直管型 LED 照明が大量に廃棄されること予定されていた、しかし、本研究課題の取り組みによって、廃棄予定の使用済み直管型 LED 照明のリサイクルに関する実証試験をハリタ金属(株)と共同で行い、このリサイクルスキームをビジネス展開させるまでに発展させた。アイリスオーヤマ(株)によると、平成 28 年度は 20 万台の LED 照明の回収を見込んでいる。このように、20 万台／年という極めて大量の使用済み LED 照明を廃棄からリサイクルへと方向転換させたことから、本課題の取り組みの環境への貢献は極めて大きいと言える。

また、同社は、回収による買い替え需要をとらえることで、2016 年 12 月期の LED 売上高を、2015 年 12 月期 (240 億円) に比べて約 5 割増の 360 億円を目指すとしている。本研究課題での取り組みを一つのきっかけとして、環境への貢献をしたのみでなく、120 億円の経済効果も見込んでいた。

さらに、平成 27 年秋当時は、未使用の旧式 LED 素子を多量に在庫として抱えており、処分方法も確定されていなかった。しかし、平成 28 年度になると、未使用の旧式 LED 素子の在庫が一掃された。本研究課題の取り組みを契機に、産業界において未使用の旧式 LED 素子に対する貴金属資源としての価値が見出され、廃 LED 素子のリサイクルへの道が開かれたことが容易に推定できる。本研究課題を遂行したことによる環境への貢献は大きい。

<行政が既に活用した成果>

特に記載すべき事項はない。

<行政が活用することが見込まれる成果>

本研究課題にて構築した直管型 LED 照明のリサイクルスキームは、行政の取り組みによっては、全ての LED 照明（シーリングライトと LED 電球）のリサイクル促進へと展開

させることが可能である。また、LED 照明から LED 素子部分のみを回収する技術開発がなされれば、本研究成果を活用してガリウムを含む有価資源のリサイクルへの道が開ける。

3. 委員の指摘及び提言概要

乾式の噴流床により廃 LED 素子から微量含有物であるガリウムや金が回収できる道筋を明らかにした点は高く評価したい。ただし、環境政策の観点からいえば、要素技術の開発にとどまるのではなく使用済み LED 回収のシステムについて先行している湿式に比べての技術的および経済的な優位性について定量的な検討がほしかった。報告書も、「環境」への貢献（ならびに研究に協力した企業への貢献）はあげられているものの、政策という視点からの評価がみられない。

4. 評点

総合評点：A