

【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 ~ H29)

明石 孝也 (法政大学)

1. 進捗状況

平成 27 年度は、廃 LED 素子からのガリウム化合物の分離・回収に特化した新装置設計を開発すること、乾式法による窒化ガリウム結晶の成長技術を向上させることを目的に、以下の 2 つの課題に分けて研究を進めた。

(1-1) 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 (法政大学 明石孝也)  
当初の目標通りに、廃 LED 素子からのガリウム化合物の分離・回収に特化した新装置設計を開発し、検証を行った。具体的には、新たに設計した流動床式装置を設計し、簡易型装置にて、窒化ガリウムと活性炭の混合物からの酸化ガリウムの分離・回収実験を行い、この装置設計に関する特許出願[1]を行った。また、卓上型装置を製作し、この装置にて窒化ガリウムと酸化アルミニウムの混合物からの酸化ガリウムの分離・回収実験を行い、ガリウムの物質量換算で 28% の回収率を得た。流動床を用いない従来型の装置では、0.05% 未満と回収率評価ができなかったことを考慮すると、桁違いの大幅な改善である。

また、廃 LED 素子の試料調達のために、アイリスオーヤマ(株)とハリタ金属(株)と共同で、直管型 LED 照明からの資源リサイクルに向けての実機試験を行った。その結果、アルミニウム、銅、鉛、貴金属を、再生原料として再利用可能なレベルにまで選別することに成功した。この取り組みは、(3)にて後述するようにビジネス展開されることが決まっている。さらに、機械選別したものと別ハリタ金属(株)で手解体して廃 LED 素子を選別した。この廃 LED 素子からのガリウム成分の分離・回収試験は法政大学にて遂行している。

(1-2) 高濃度ガリウム含有化合物からの窒化ガリウム結晶の成長 (芝浦工業大学 清野 肇)  
試薬レベルの高純度の酸化ガリウムを原料として、芝浦工大清野グループ独自開発技術の多孔質セラミックス板を利用した方法により、窒化ガリウム結晶を成長させた。数値目標として掲げた純度 99.9% 以上で 3 mm 程度の長さ、あるいは、1 mm × 1 mm 程度の面を有する窒化ガリウム結晶の育成に対し、初年度実験の結果、2 mm 程度の長さを有する針状窒化ガリウム結晶および、0.8 mm × 0.8 mm 程度の窒化ガリウムの多結晶を作製した。おおよそ目標を達成したと言える。

2. 科学的意義

本技術の独創性は、炭素源による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)単原子よりも Ga<sub>2</sub>O(g)分子の方が高い蒸気圧を有するため、Ga<sub>2</sub>O(g)分子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[2]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。

本研究課題の初年度の研究によって新規開発した流動床式の装置が、上述の「Ga<sub>2</sub>O(g)の蒸気圧が最も高くなるような条件」を作り出すのに特に有効であることを着想し、卓上型の実験装置の作製と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。

3. 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が予定されていた。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)とアイリスオーヤマ(株)との共同で行い[3]、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[4-7]。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[4]。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、本研究課題の取り組みの環境政策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[4]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、環境政策への貢献をしたのみでなく、120億円の経済効果も見込まれている。

- [1] 法政大学、金属化合物濃縮装置、特願 2015-253386, 2015年12月25日。
- [2] 法政大学、金属化合物の濃縮方法、PCT/JP2013/73500（外国出願）中米日へ移行。
- [3] 日刊産業新聞、2016年3月4日。
- [4] 日経産業新聞、2016年3月24日。
- [5] 日本経済新聞（電子版） 日経プレスリリース、2016年3月24日。
- [6] 日本経済新聞 地方ニュース 東北、2016年3月26日。
- [7] 日経 MJ、2016年4月4日。

#### 4．委員の指摘及び提言概要

卓上装置での Ga 回収プロセスの検討状況から判断すると実用化までにはかなりのステップが必要である。学問的な研究と並行して実用へ結びつくべき諸条件への対応の研究を進めなければならない。廃 LED 素子の手選別の改善、熱処理プロセスの排ガスの対策および回収率の向上等の課題が多くある。サブテーマ(2)の GaN の結晶化については、研究内容を組み換えてサブテーマ(1)の Ga 回収に特化すべきである。

#### 5．評点

総合評点：B