

# 熊谷研究助成表彰報告書

(令和4年度 助成分)

令和6年3月31日

公益財団法人 熊谷科学技術振興財団 御中

代表研究者・所属機関名

関西学院大学

所属学部学科・所属部課室・役職

理学部・化学科・教授

氏名 倉橋 拓也

貴財団より助成を受けました件につき下記の通り(中間・最終)報告致します。

## 1. 研究テーマ及び期間

研究テーマ

超高解像度フォトリソグラフィのための新規分子レジストの開発

研究期間

令和5年4月 ~ 令和6年3月

## 2. 共同研究者名

該当なし

## 3. 成果の概要

LSIの微細化の重要な鍵の1つであるレジストは、大規模集積回路(LSI)の製造に用いられる感光性樹脂である。レジストの解像度は、露光による光学像とレジストによるコントラストに依存する。したがって、露光光源の短波長化とレジスト材料の開発による、レジストの高解像度化が求められている。一般的な化学増幅型高分子レジストでは、露光によって光酸発生剤が光分解して酸を発生する。この酸が触媒となることにより、高分子鎖に含まれるエステル基の脱保護反応が進行して、酸性の水酸基(フェノール性水酸基)に変換される。酸性の水酸基(フェノール性水酸基)はアルカリ性溶液(現像液)に対して可溶性を示すことから、露光した部分だけが分解・除去されることになる。一方でネガ型では、高分子鎖に含まれるエステル基の脱保護反応により水酸基としたのちに、架橋剤の添加により架橋反応を促進することにより、アルカリ性溶液(現像液)に対して不溶となる。光酸発生剤により生成した酸を触媒として反応が進むため高感度である。しかし、解像度の観点からす

## 3. 成果の概要(つづき)

ると、いずれの化学増幅型高分子レジストにおいても、レジストのコントラストは高分子の大きさに起因した制約を受けている。したがって、高分子レジストよりも、サイズの小さい分子レジストを使用することができれば、高解像度化が実現できると考えた。しかし、分子レジストに用いる低分子化合物は、平面性が高いために配向して結晶化しやすいという問題がある。これにより分子レジストが凝集することでパターン面の平滑性低下などが生じるなど、分子レジストは未だ研究段階である。このような状況に鑑みて、本申請研究ではアダマンタンキュバン、テトラヘドロンなどの三次元骨格を有するアモルファス性の分子レジストの開発を実施した(図1)。従来報告されているトルクセン型分子レジストと比較して、より小さい分子による高解像度化、三次元骨格構造的特徴に由来する高いアモルファス性と熱的安定性に着目して、超高解像度フォトリソグラフィを実現する分子レジストの開発を行った。具体的には、柔粘性結晶を示す酸性水酸基(フェノール性水酸基)を有するアダマンタン誘導体の合成が目的達成には必要であると考えた(図2)。しかし、フェノール性水酸基が置換した単純なアダマンタン誘導体においては、ガラス転移温度が極めて高くなり、室温付近の温度領域において期待した柔粘性結晶とはならない。したがって、置換基を導入することにより融点を制御する必要があると考えた。そこで、種々の置換基を有するアダマンタン誘導を合成して、DSC(示差走査熱量測定)を実施した(図3)。また、これと並行して電子状態理論を用いた計算により、75種以上の異なるアダマンタン誘導体の双極子モーメント、分極率、超分極率、および体積(0.001 電子/bohr<sup>3</sup>密度等高線内として規定)、分子重心から各原子の標準偏差を求めた(図4)。これらの計算により得られた情報と、DSCの結果を用いて、ニューラルネットを利用した深層学習を行い、目的とする最適物性を有する構造を推定することができる可能性を新たに見いだした(図5)。

## 4. 研究成果の発表状況(予定を含む)

論文発表

原著論文の発表準備中

本申請研究から派生した研究成果は論文を2024年2月26日に投稿済み  
学会発表

日本化学会春季年会

柔粘性を有するアダマンタン誘導体の合成

P2-1am-47

