

Ge 量子ドットと微小共振器を融合した発光デバイスの開発

研究代表者

東京都市大学 (旧武蔵工業大学)・総合研究所・夏 金松

研究分担者名

東京都市大学 (旧武蔵工業大学)・総合研究所・白木 靖寛、富永 隆一郎、田口 貞憲
東北大学・金属材料研究所・宇佐美 徳隆、中嶋 一雄

1. はじめに

The purpose of the proposed research is to develop **silicon-based light emitting devices based on current-injected optical microcavities with Ge quantum dots embedded inside as internal light source.**

As the dominating materials in IC industry, silicon has attracting more and more attention as an optical material in the photonics field in recent years due to the mature, low-cost and large-scale CMOS technology. The attractive vision of a next-generation silicon chip is the hybrid-integrated ‘electro-optical superchips’, on which various optical components and electronic control circuits are integrated together. However, Si is not a good optical emitting material due to its indirect bandgap.

2. 研究経過

In order to overcome the difficulty, in our research, Ge self-assembled quantum dots were embedded into silicon as light-emitting centres. Ge self-assembled quantum dots have the advantages of full CMOS compatibility and easy-fabrication. It is notable that the wavelength of the light emitted by Ge self-assembled quantum dots is 1.3 μm to 1.6 μm . However, the light emission efficiency from unprocessed Ge self-assembled quantum dots is lack of efficiency and spectrum purity, especially at room temperature. In our research, different optical microcavities were used to enhance the light emission from Ge quantum dots utilizing the optical resonance in microcavities. In the case of photonic crystal microcavities with Ge dots, the lattice constant of photonic crystal was used to control the wavelengths of resonant peaks. The fabricated device was characterized by photoluminescence and electroluminescence.

3. 研究成果

1) We have demonstrated controllability of resonant peak wavelengths by adjusting the lattice constant of the two-dimensional photonic crystal cavity. Fig. 1 shows the dependence of the wavelengths on lattice constant.

2) We achieved a success in fabrication of current-injected optical microcavities with current-injection structures. After optimization of Ge dots growth, doping method, e-beam lithography, and etching, etc, we fabricated the device using typical CMOS process technology, such as MBE growth, e-beam lithography, ion implantation, etching, PECVD, etc. The success of fabrication is very important and will help us in the following research on Si-based light-emitting devices. Fig. 2 shows a fabricated 4 μm -microdisk with p-i-n structure for current-injection.

3) We observed room-temperature electroluminescence from Ge dots in microdisk resonators. As shown in Fig.3, when the applied bias is 4 volts, the light emission is obviously showing broad F-P modes superimposing with multiple sharp peaks which are expected to be the whispering-gallery modes. Superlinear increasing of emission intensity was also observed when increasing the voltage.

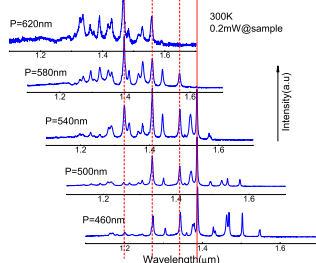


Fig.1 Wavelengths & lattice constant

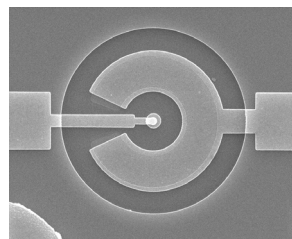


Fig.2 SEM of microdisk EL devices

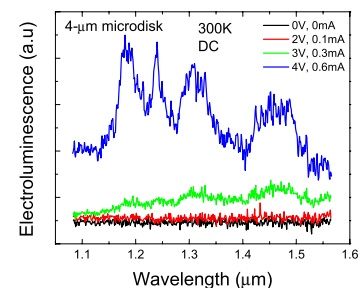


Fig.3 RT EL at different bias

4. まとめ

We successfully fabricated current-injected microdisk with Ge dots, and get obvious room-temperature electroluminescence from the device applied a bias. This result proves the possibility to carry out practicable Si-based light-emitting devices based on Ge dots in optical microcavities.

新規低原子価ウラン錯体の光化学的性質の解明

研究代表者名

金沢大学・理工研究域・中井英隆

研究分担者名

金沢大学・理工研究域・磯辺清

東北大学・金属材料研究所・山村朝雄、佐藤伊佐務、塩川佳伸

1. はじめに

アクチニド元素の錯体化学は、教科書を開いてみてもわかるように学問領域として確立しておらず、膨大な研究例のある遷移金属元素を対象とした錯体化学に比べて、記述も極僅かである。このため、この領域の化学は、基礎的な理論の構築のみならずその応用への可能性も含めて未知でチャレンジングな研究領域として残っている。本研究の目的は、吸光係数の高いアントラセニル基などの縮合多環式芳香族基で化学修飾した「集光配位子」を用いて新規な光機能性ウラン錯体分子を創成することである（図参照）。具体的には、光吸収によって励起された錯体分子からの発光現象「光吸収→エネルギー移動→発光」を配位子の化学修飾とその修飾によるウランの電子状態への摂動によってコントロールすることを目指している。

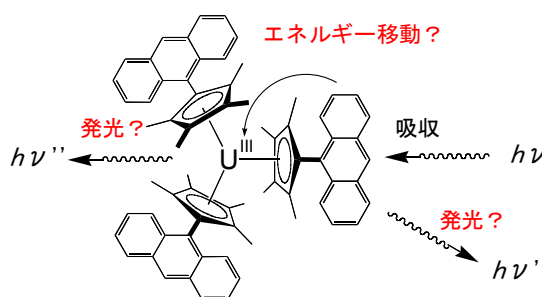


図 ターゲットとする低原子価ウラン錯体と光機能発現

2. 研究経過

本研究は、金属材料研究所の有する特殊な技術・装置を利用した合成・物性測定を基礎とするものであり、サンプルの輸送・調整等が本研究遂行の鍵である。本研究の試料となる低原子価ウラン化合物は、酸素や水に対して不安定な為、その取扱いには特別な注意が必要となる。また、アルファ放射体であるウランを研究対象としていることから、アルファ放射体実験室と綿密な連携をとり、研究環境の整備に努めた。同時に、錯体合成に必要な金属原料や新規配位子の開発を進めた。なお、ナフチル基を有する「集光配位子」に関しては、申請者らのグループによって既に合成に成功している。

3. 研究成果

本年度（平成 20 年度）、アルファ放射体実験室のグローブボックスの利用を中心としたテクニックの開発によって、酸素や水に対して不安定な試料を取扱える共同研究環境を構築することができた。また、目的とするウラン錯体を合成する為の原料として、簡便な電解合成法（塩川グループが最近開発した技術）で調製した塩化ウラン ($U(III)Cl_3$) の利用を検討した。その結果、塩化ウランに残留する微量の水分が、錯体合成の際に障害となることを突き止め、その除去方法を確立した。さらに、ナフチル基を有する集光配位子と UCl_3 との反応を THF 中で行ったところ、反応混合物の色変化や UV-vis スペクトルの結果から目的とする錯体分子の生成が示唆された。今後、合成した化合物の単離・精製とその物性測定が課題となる。

4. まとめ

平成 20 年度の共同研究を通して、研究環境の整備を含めた様々な問題点をクリアーし、酸素や水に対して不安定なウラン錯体の合成や物性測定を本格的に開始するにあたっての道筋をつけることができた。今後、効率的な合成条件の検討や新規配位子を用いた錯体の合成を行う。