

環境低負荷型ナノ粒子：発光色をサイズで可変可能

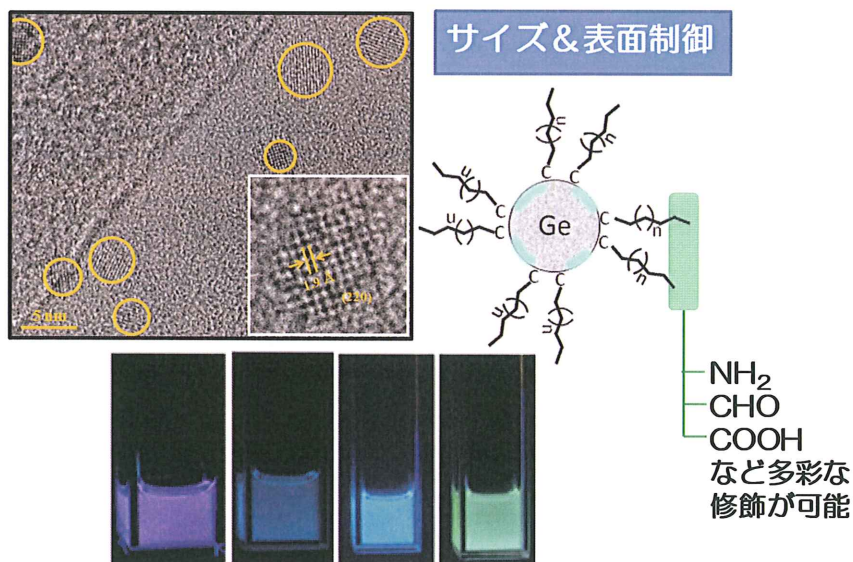
レーザー化学合成法による高輝度 Ge ナノ粒子の調製

(物材機構 WPI-MANA, JST さきがけ) ○白幡直人、(物材機構, 筑波大院) 平川大悟、(物材機構, 筑波大院) 目 義雄

[2G11R]

(Tel: 029-859-2743)

独立行政法人 物質・材料研究機構 国際ナノアーキテクトニクス研究拠点の白幡直人独立研究者 (JST さきがけ研究者兼任)、筑波大大学院生の平川大悟、目 義雄教授は、環境低負荷型半導体の1つであるゲルマニウム (Germanium, Ge) を巧妙にナノ粒子化することで、従来の3倍を超える非常に効率の良い発光を導くことに成功した。さらに、近紫外～可視域(～緑)という非常に広い波長域において、発光色を容易に可変できることを見出した。現在市販の(環境・人体毒性が知られる)化合物半導体を凌駕する本研究で発見の発光特性は、代替の枠組みを超えた応用につながると期待できる。

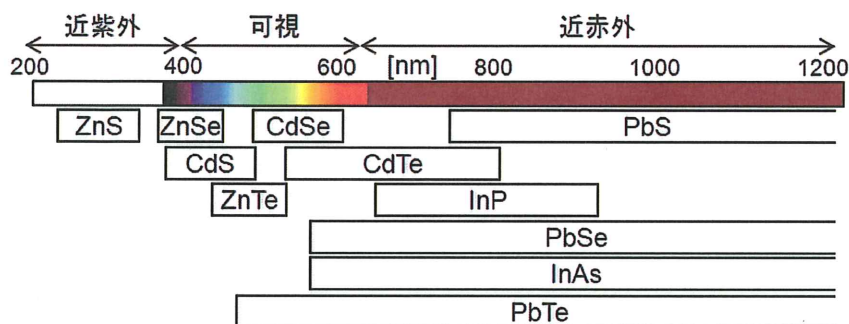


発光色を自在に可変できるナノ粒子

『サイズ-表面』効果により、単一励起光($\lambda_{ex}=365\text{nm}$)下で多色発光を実現!

光の世紀と言われる今世紀、エネルギーとしての光、伝達や記録手段としての光、映像を創り出す光、加工のための光など、多くの産業分野で多様な発光技術が活躍している。とくに、近紫外～近赤外に至る広い波長域は、我々の社会生活に密接に関わる。CdS、CdSe、

PbS に代表される化合物半導体は、有機色素にない耐退色性を示し、蛍光寿命が短いため輝度が飽和しやすい希土類とは違い高輝度な発光を導くことができる。そして最大の特徴は、化学組成は全く同じであってもその粒子のサイズに依存して物理化学特性が大きく変化することにある。これは量子サイズ効果により離散化したエネルギー準位構造の変化による。化合物半導体ナノ結晶が『人工原子』と呼ばれる所以である。下図にはサイズで発光波長を可変できる化合物半導体ナノ粒子を示す。



発光色をサイズで可変可能な化合物半導体

適当な物質を選ぶことで発光色を粒子のサイズで可変できる。それゆえさまざまな産業分野での使用に向け、研究開発が推進されている。ところが、化合物半導体を構成する元素の多く (Cd, As, Pb, Se, S) は環境・生体毒性が強く、将来にわたる継続的な使用には適さない。

本研究で着目した Ge は、バルクでは 0.7 eV のバンドギャップをもつ間接遷移型半導体であり、環境や生体毒性が知られていない素材である。ここ 20 年長足の進歩を遂げた発光半導体研究において、Ge もナノ粒子化することで可視-近赤外の領域において発光することが知られるが、その発光効率は数%以下と低く、サイズと発光色の相関も明らかにされていない未開拓分野であった。本研究では、サイズと発光色の相関を調べる際に、新しいパラメーターとして『表面』を加えることで、再現性良く紫外-可視(～緑)発光を可変することに成功した。図示されるように、単一励起光照射下において、『サイズ-表面』効果に基づき、各々、特定の波長帯から輝度の高い発光を導くことができた。紫外-緑の波長域でサイズ効果が知られる CdS の市販品と発光効率を比較したところ、本研究で開発の Ge ナノ粒子は全ての波長帯において CdS よりも効率の良い発光特性を示した。なかでも青系の発光輝度は高く、従来知られる論文値の 3 倍超の発光効率を示す現在の最高値である。

[適用分野]

蛍光タグ、ラベル材、LED、レーザー、EL 素子、太陽電池、化粧品