

ワイドギャップ半導体 $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ の遷移金属添加効果

Effect of the transition-metal ions on wide-gap semiconductor $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$

光システム学科 山中 明生 (Akio YAMANAKA)

We have studied optical properties of transition-metal doped $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ single-crystals grown by the floating-zone method. The blue photo-luminescence, which is observed as an intense peak at 3.1 eV in nominally pure $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$, is found to be abruptly suppressed by Cr-doping. This suppression demonstrates that a small amount of Cr^{3+} ions acts as non-radiative centers predominantly for donor-acceptor recombination. In contrast, the UV emission peaking at 3.3 eV is still observed in Cr-doped $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$. Therefore, the radiative decay channels for photo-excited electrons partly survive in Cr-doped $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$.

酸化ガリウム ($\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$) はワイドギャップ半導体であり、酸素欠損や 4 価イオンの添加により n 型半導体となる。 $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ は赤外から紫外までの広い波長域で透明なため、透明電極材料として注目されてきた。近年、大型単結晶が育成され、インチサイズの基板材料が供給されはじめたため、深紫外光センサーなどの光デバイス化の研究も盛んになって来ている。一方、 $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ への遷移金属や希土類の添加についても、蛍光体の観点から多くの報告がある。しかし $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ の価電子帯・伝導帯、さらにドナー・アクセプター準位への遷移金属元素の効果など、半導体としての基本的問題は未解明なのが現状である。

我々は、 $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ の遷移金属置換効果を探るため、単結晶試料を浮遊帯域熔融法で作成し、その光学特性を調べている。Fig 1 は Cr を添加した $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ 単結晶の透過スペクトルである。Cr を 0.1% まで添加すると、 Cr^{3+} の d-d 遷移による光吸収 (430 nm 付近と 600 nm 付近) が明確に見られた。また吸収端の直下 (300 nm 付近) には電荷移動型遷移による吸収も見られた。Fig 2 は吸収端直上を光励起したときの蛍光スペクトルで、無添加 $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ に見られる強い青色蛍光が、透過測定では影響が見られなかった Cr (0.01%) 添加でも著しく抑制されることが分かった。 $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ の青色蛍光はドナー・アクセプター対発光によるものであり、Cr 添加によりドナー・アクセプター準位を介した緩和過程が大きな影響を受けることが分かった。一方、短波長側の紫外蛍光成分への影響はそれほど大きくないことも分かった。今後は他の遷移金属元素の添加についても探索していく予定である。

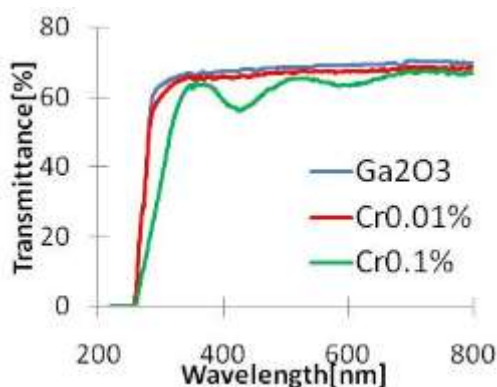


Fig. 1 Transmission spectra of Cr-doped $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$.

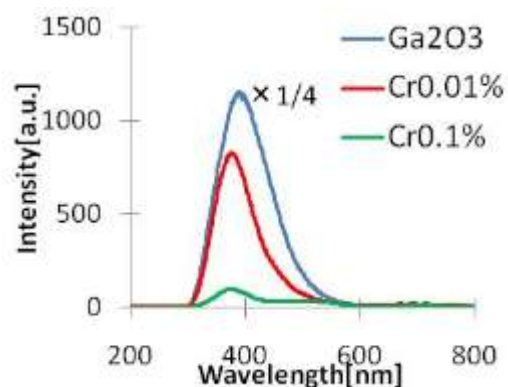


Fig. 2 PL spectra of Cr-doped $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$.