

Er³⁺発光デバイスに向けてのBi₂O₃ホスト薄膜の可能性

Investigation of Bi₂O₃ thin films as host of emission-active Er³⁺ ions

日本電信電話株式会社 NTTデバイスイノベーションセンタ, ○赤沢方省

NTT Device Innovation Center, NTT Corporation ○Housei Akazawa

E-mail: akazawa.housei@lab.ntt.co.jp

【はじめに】光ファイバーにドープしたEr³⁺イオンの発光は光通信に応用されているが、SiO₂と異なる材料を母体材料とすることで、信号増幅特性を高められる可能性がある。そこで要求される条件は、(1) Er³⁺イオンを共鳴励起した後の発光効率が高いこと、(2) 高濃度まで濃度消光が起きにくいこと、(3) 近赤外域で透明なことである。ビスマス酸化物 (Bi₂O₃) のバンドギャップは2.6 eVで可視域に吸収があるが、近赤外域では透明である。Er³⁺イオンとBi³⁺イオンは共に価数が3価で、かつ重元素でイオン半径が近いことから、ストレスなくEr³⁺がBi³⁺サイトに置換できることが期待される。そこで今回、Er³⁺イオンを収納するホスト薄膜としてのBi₂O₃の特性を調べた。

【実験】Bi₂O₃ターゲットからのECRプラズマスパッタとEr₂O₃ターゲットからのRFマグネトロンスパッタを組み合わせ、O₂ガスを導入しながら4インチSi(100)基板上に成膜を行った。RFマグネトロンパワーと基板上的位置によりEr濃度を変化させた。PLスペクトルは波長532 nmでEr³⁺イオンを直接励起し、⁴I_{13/2} → ⁴I_{15/2}の遷移に伴う近赤外発光をCCD検出器により測定した。

【Bi₂O₃の基本特性】成膜時の酸素流量を10 sccmから段階的に減らした場合、成膜速度は低下したが、酸化物モードからメタルモードへの移り変わりは明瞭ではなかった。屈折率の変化はわずかで、5–10 sccmの流量範囲が成膜ウインドウとして使えることを確認した。左下図に波長633 nmの屈折率の成膜温度依存性を示す。450°C以下では酸素ガス流量に依らず、屈折率は2.1から2.2の範囲にあって、良好な酸化度のBi₂O₃膜が得られているが、450°Cを超えると急激に屈折率が低下した。高温でBiが拡散することはよく知られており、Biが粒界へ凝集したことを示唆している。

【Er導入の影響】Er濃度が2 at.%以下では、Er濃度によらず成膜速度は一定であるが、屈折率はEr濃度を増やすと単調に減少した。2 at.%を超えると、屈折率は1.8以下になり、膜質が悪化した。

【PLスペクトル】Bi₂O₃:Er膜の発光スペクトルを左下図の内部に示す。1537 nmと1541 nmにピークを有するEr³⁺イオンからの発光が観測されている。発光スペクトルには微細構造が見られ、Bi₂O₃結晶の配位子場分裂を反映している。右下図は、Er濃度2 at.%の場合の各酸素流量についてEr³⁺の発光強度の成膜温度依存性である。発光強度は低酸素流量で形成した方が高くなった。これは、ある程度の還元状態において、Bi³⁺サイトへのEr³⁺置換が起こり易いためと解釈できる。また成膜温度が高くなるにつれて発光強度が低下する傾向が見られている。

