銅イオンをドナーとする NaCl 結晶を用いた透明半導体の作製と評価

Fablication and evaluation of the transparent semiconductor using the NaCl crystal using a copper ion

電機大 °姚 昌平、寺田 利樹、川添 忠、田所 貴志

TDU °S. You, R. Terada, T. Kawazoe, T. Tadokoro
E-mail: 18kmh17@ms.dendai.ac.jp

現在、波長 300nm より長波長で発光する半導体 EL 素子は様々な材料の組み合わせにより存在し、市販され広い分野で活躍している。これらの材料には IV 族、II-VI 族、III-V 族材料が用いられている。一方で I-VII 族材料はイオン性が強く、絶縁材料しか得られないためいまだ実現していない。しかしながら、大きなバンドギャップを持ち実現できれば真空紫外(<200nm)光源となりうる。我々は真空紫外領域における EL 素子実現を目標に I-VII 族電気伝導材料の開発を行っており、本発表ではその現状を報告する。

I-VII 族半導体の材料として NaCl 結晶を選択した。この主な理由は良質な結晶が容易に成長出来る事、バンドギャップが 8.5eV であり、真空紫外に相当する波長での発光が期待できること、安価、安全であることである。

まず、NaCl と固溶体を成し2価のイオンになりうることからドナーとして働く事が期待される Cu をドーパントとして加えた NaCl/CuCl 結晶をブリッジマン法[1]により作製した。CuCl は固溶体限界を超えると析出し、波長 350nm～380nm に特徴的な吸収帯を生じる。実際に作製した NaCl/CuCl 結晶の吸収スペクトルを Fig.1 に示す。360nm 付近に CuCl の励起子吸収に起因するピークが現れており、NaCl 結晶には Cu が固溶限界まで分散していることが確認された。なお、可視帯域にはほぼ吸収がなく、肉眼における観察では計測した基板は無色透明であった。

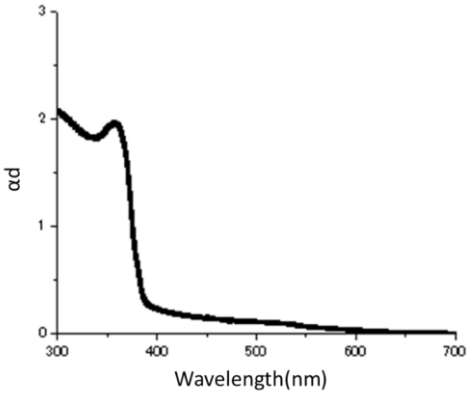

Fig.1. Absorption spectra of NaCl crystal containing CuCl

次に、電気伝導性を調べた。Cu の濃度がゼロに近い結晶では計測限界以下の伝導性しか持たずほぼ完全な絶縁体であった。一方、Cu を含む NaCl 結晶は電気伝導性を示し、Cu が電気伝導のためのドナーとして機能した事が確認された。次にこのドナー準位を計測するため、電気伝導率の温度依存性を計測した。Fig2 に測定結果のアレニウスプロットを示す。実験は Cu の濃度は異なるが固溶限界に達している三種類の試料を用いた。計測温度は 118℃～316℃である。温度上昇とともに試料の電気伝導率は上昇した。アレニウスプロットから求めたドナーレベルそれぞれ、141meV、132meV、161meV であった。これらの値はイオン電導として報告されている結果[2]より1桁小さく、実験で計測された電気伝導はイオン電導ではなく、キャリア伝導により生じた根拠となる。また、固溶限界をこえたこれら3つの基板でその値は濃度に依存しなかった。この理由はいずれも固溶限界に達しておりドナーとして働く、Cu の濃度が同じであるためだと考えている。

今後、ホール計測やその他のドーパントを用いた計測結果についても行う予定である。

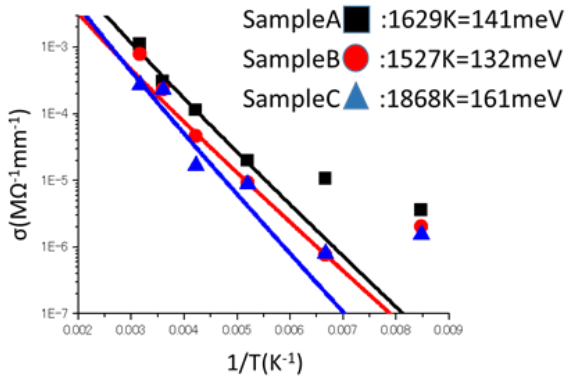

Fig.2. Arrhenius plot of electric conductivity

[1]河東田隆,「電子・情報工学講座 12 デバイス・プロセス」培風館, 35-37,(1993)
[2] R. W. Drefus and A. S. Nowick., Phys. Rev., **126**, 1367-1376,(1962).