

# 内田・田尻研究室

情報理工学研究科 情報・ネットワーク工学専攻 電子情報学プログラム 場所:東31号館

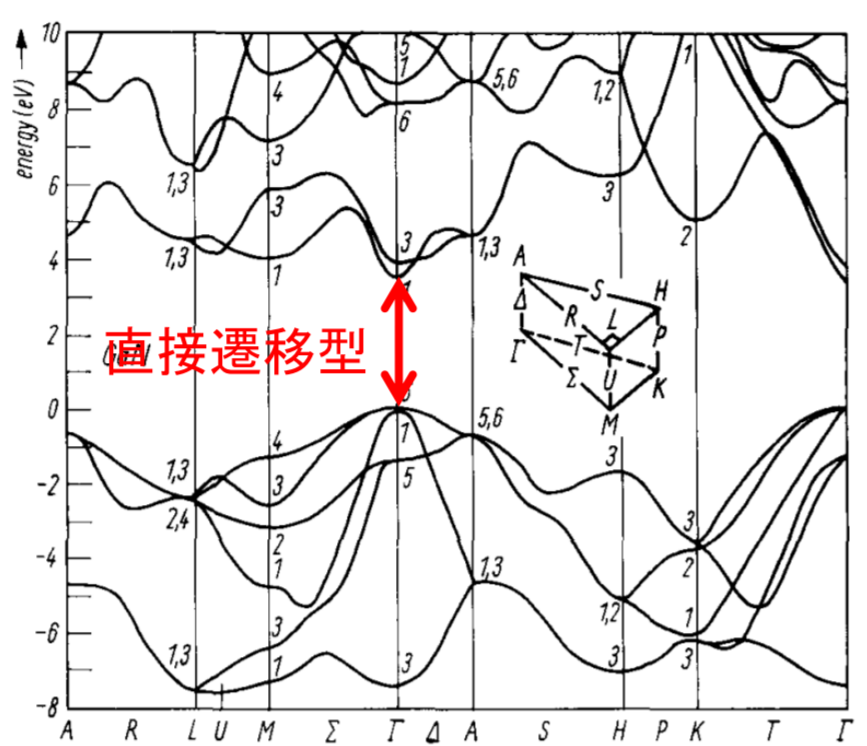
本研究室では、III族窒素化合物半導体を中心とする様々な半導体材料をデバイスへと応用することを目指して、材料特性の探求・改善に関する基礎研究からデバイスの作製・評価に至る応用研究まで幅広い実験テーマに取り組みます。有機金属気相成長法を用いた成膜・不純物ドーピングなどの材料関連技術の開発や、量子井戸やフォトニック結晶などのナノ構造を取り入れた新たなデバイス作製と評価を進めることで、深紫外LED等の新たな発光デバイスや、光集積回路に向けたナノ光デバイスの実現を目指します。

## III族窒素化合物半導体

青色LEDの発光材料として知られる「III族窒素化合物半導体」は、近年の電子・光デバイス研究において重要です。直接遷移型バンド構造に基づく良好な発光特性や、混晶化による近赤外から深紫外に至る発光波長の遷移、不純物ドーピングによる電気特性の制御が可能である等の特徴により、様々な電子・光デバイスへの応用研究が進展しています。

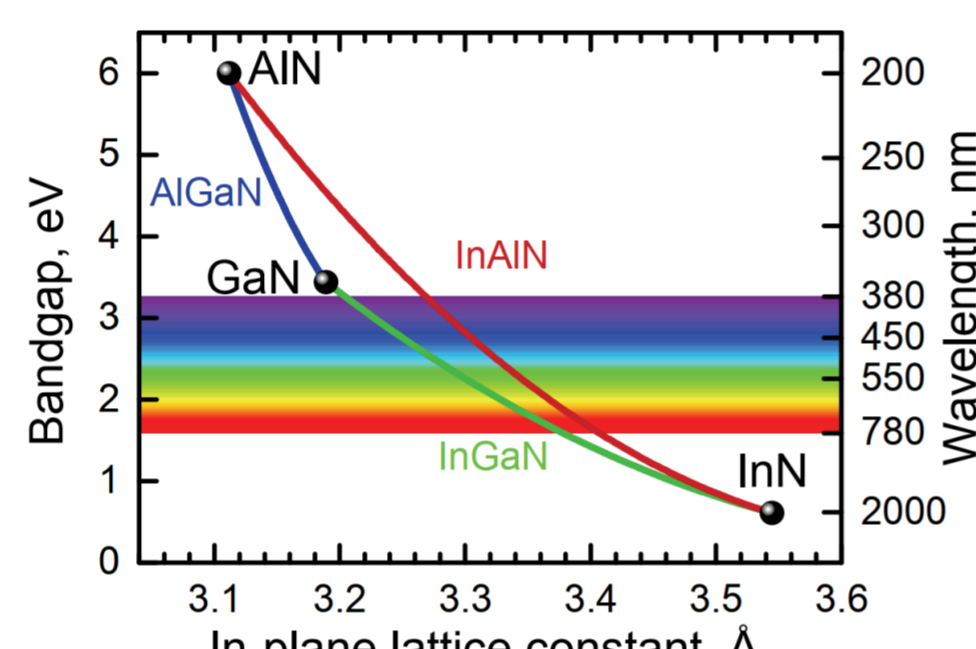
本研究室では、有機金属気相成長法を用いた材料成膜技術や、半導体プロセスを用いた微細加工技術などを開発することで、同半導体を用いた深紫外LEDや、光集積回路に向けた微小光デバイスの実現を目指しています。

窒化ガリウムのバンド構造



S. Bloom, et al, Phys. Stat. Sol.(b) 66, 161 (1974).

III族窒素化合物半導体のバンドギャップ



Phys.: Conf. Ser. 1135 012050 (2018).

## 実験手法の概要

本研究室では、III族窒素化合物半導体を中心とした様々な半導体材料やデバイス開発を進めるために、材料成膜から微細加工、評価まで様々な取り組みを行っています。

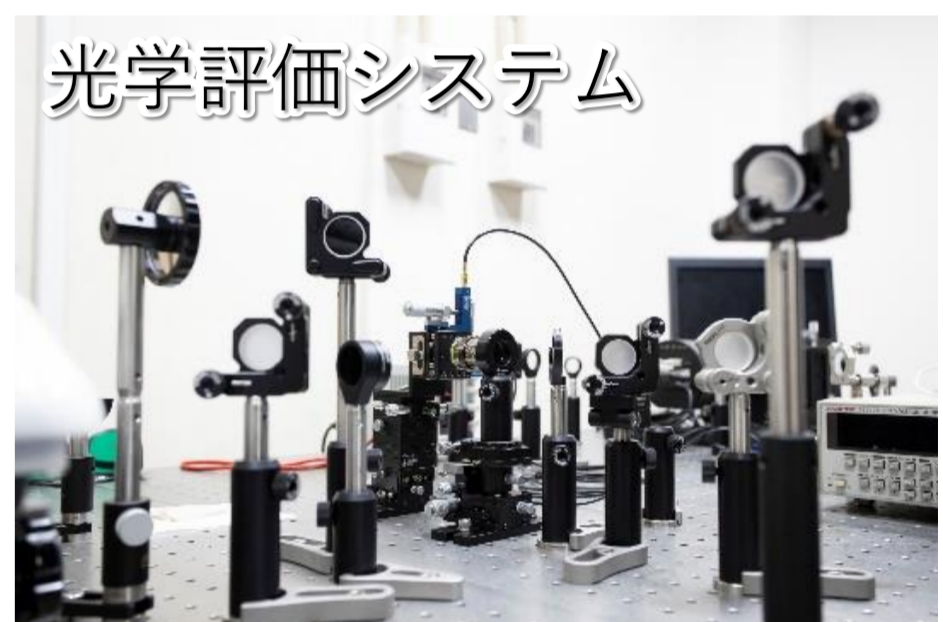
### ● 材料成膜

半導体の成膜には、有機金属やガスを原料とする有機金属気相成長法を用います。混晶組成制御や不純物ドーピングを成膜過程で行うことで、量子井戸構造やpn接合が積層されたウエハの作製が可能です。



### ● 半導体加工

半導体デバイスの作製には、クリーンルームのリソグラフィ装置等を用いた加工を行います。数十 $\mu\text{m}$ ~数百nm程度の微細構造を材料に形成することで、LEDや光デバイスを作製しています。



### ● デバイス評価

半導体デバイスの評価には、様々な装置を独自に構築して活用しています。微小光デバイスからのフォトルミネッセンス測定が可能な顕微発光分光測定装置などがあります。

## 電子・発光デバイス

III族窒素化合物半導体の窒化アルミニウムガリウム(AlGaIn)は、深紫外領域において小型・低消費電力・長寿命なLED光源が作製可能な材料として注目されています。水銀ランプなど従来の深紫外光源の置き換えが期待される他、高密度光情報記録用のレーザーや殺菌・洗浄、樹脂硬化などへの応用も可能になります。しかしながら、AlGaIn LEDは発光領域の短波長化に伴う光取り出し出力の低下やp型層の高抵抗による発熱の増大・注入電流の減少といった課題があります。

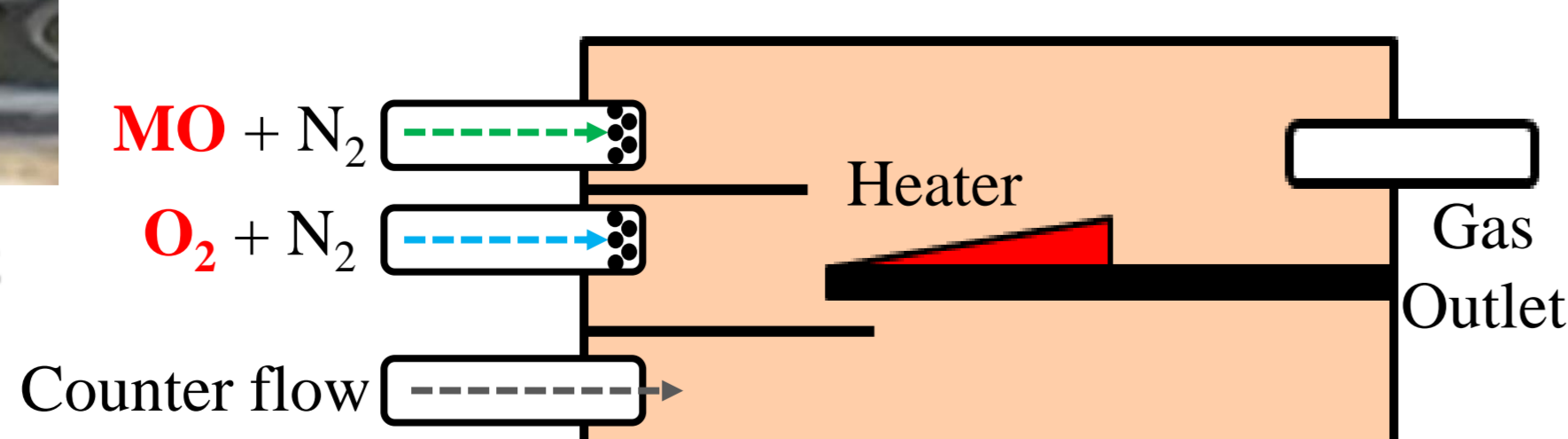
本研究室では、AlGaIn LED上に低抵抗なトンネル接合を導入することで電流注入特性を向上する手法に着目し、透明導電膜として用いられるn型酸化亜鉛や酸化ガリウムの成膜、およびそれらをトンネル接合に用いたAlGaIn LEDの作製と評価に取り組んでいます。



酸化亜鉛をトンネル接合に用いた AlGaIn LEDの発光



成長中の試料



酸化物半導体MOCVD装置

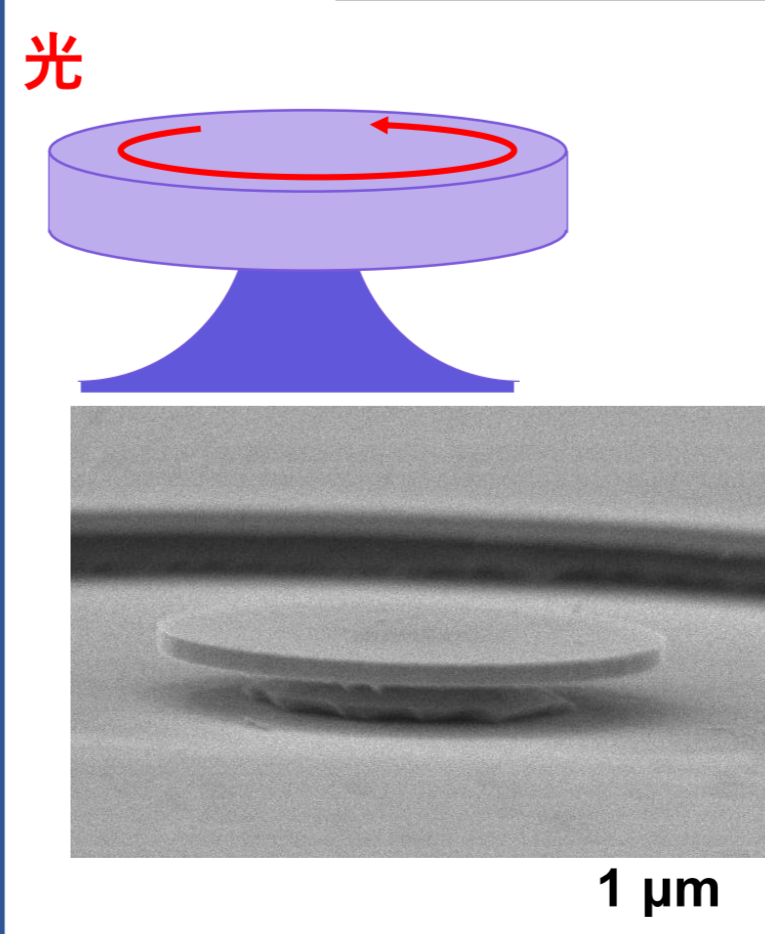
S. Ukita, et al, Ext. Abst. of the 2021 Int. Conf. on SSDM, pp. 293-294 (2021).

## ナノ光デバイス

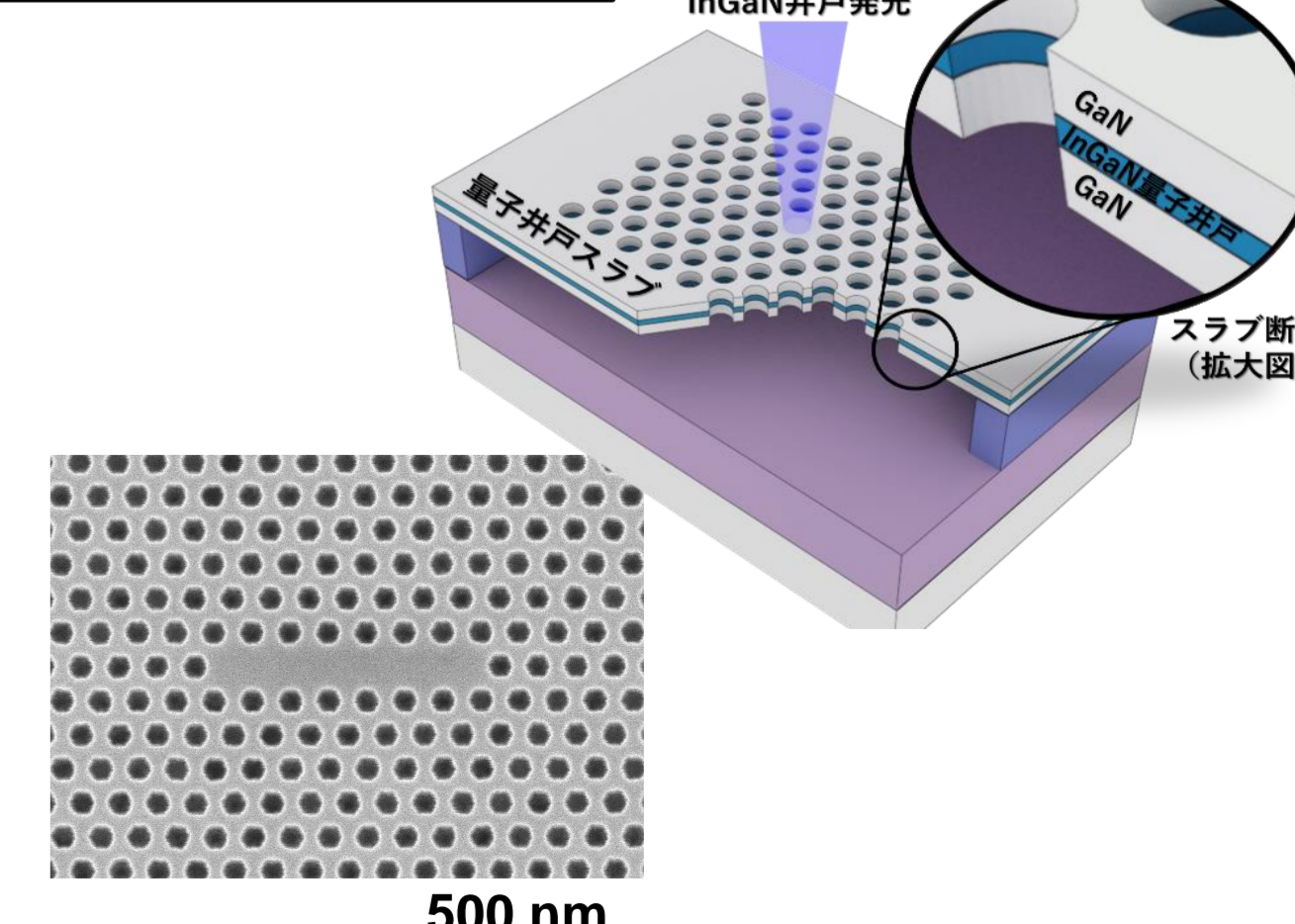
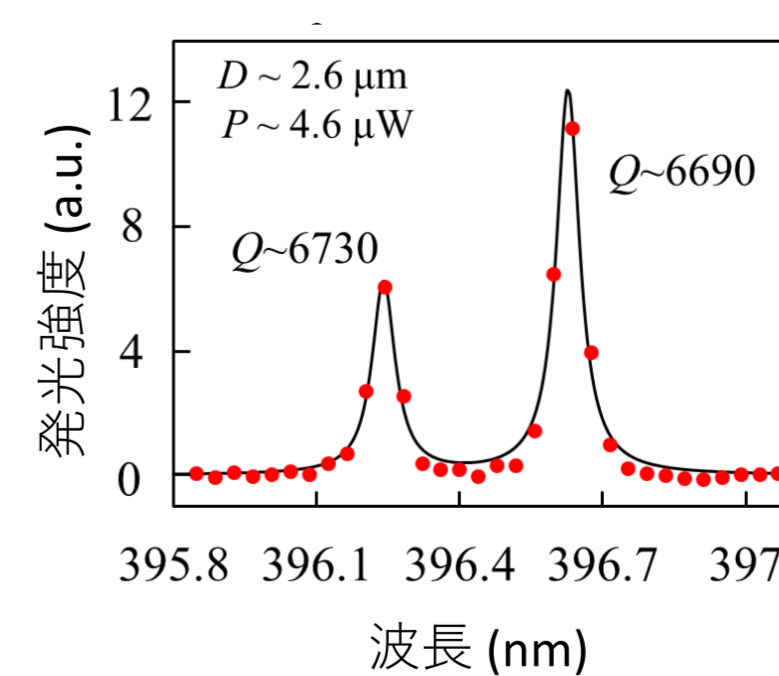
集積光回路は、半導体の微細加工技術の応用の一つとして近年重要となっています。サブミクロン程度の寸法の細線導波路構造を始めとする様々なナノフォトニック構造を集積した小型光システムは、短距離光通信分野などで実用化されています。近年では、新たな表示デバイスや光量子デバイスなどの様々な光システムの小型化を目指して、光回路の低損失化や広帯域化などが進展しています。その中でも、可視光帯で優れた発光特性を示すIII族窒素化合物半導体を用いたナノフォトニック構造は、光回路の可視光源としての活用が期待されています。

本研究室では、III族窒素化合物半導体を用いたナノ光源の開発を目指して、デバイス作製技術の研究を進めています。特に、レーザ光を用いた光電気化学エッチングを用いることで、高品質なマイクロディスク共振器や、フォトニック結晶共振器などの作製に成功しています。

マイクロディスク共振器



フォトニック結晶共振器



T. Tajiri, et al, Jpn. J. Appl. Phys. 62, SC1069 (2023).

T. Tajiri, et al, Jpn. J. Appl. Phys. 62, SG1019 (2023).

