

室温で共振器ポラリトンを呈するチップサイズ酸化亜鉛微小共振器の実現



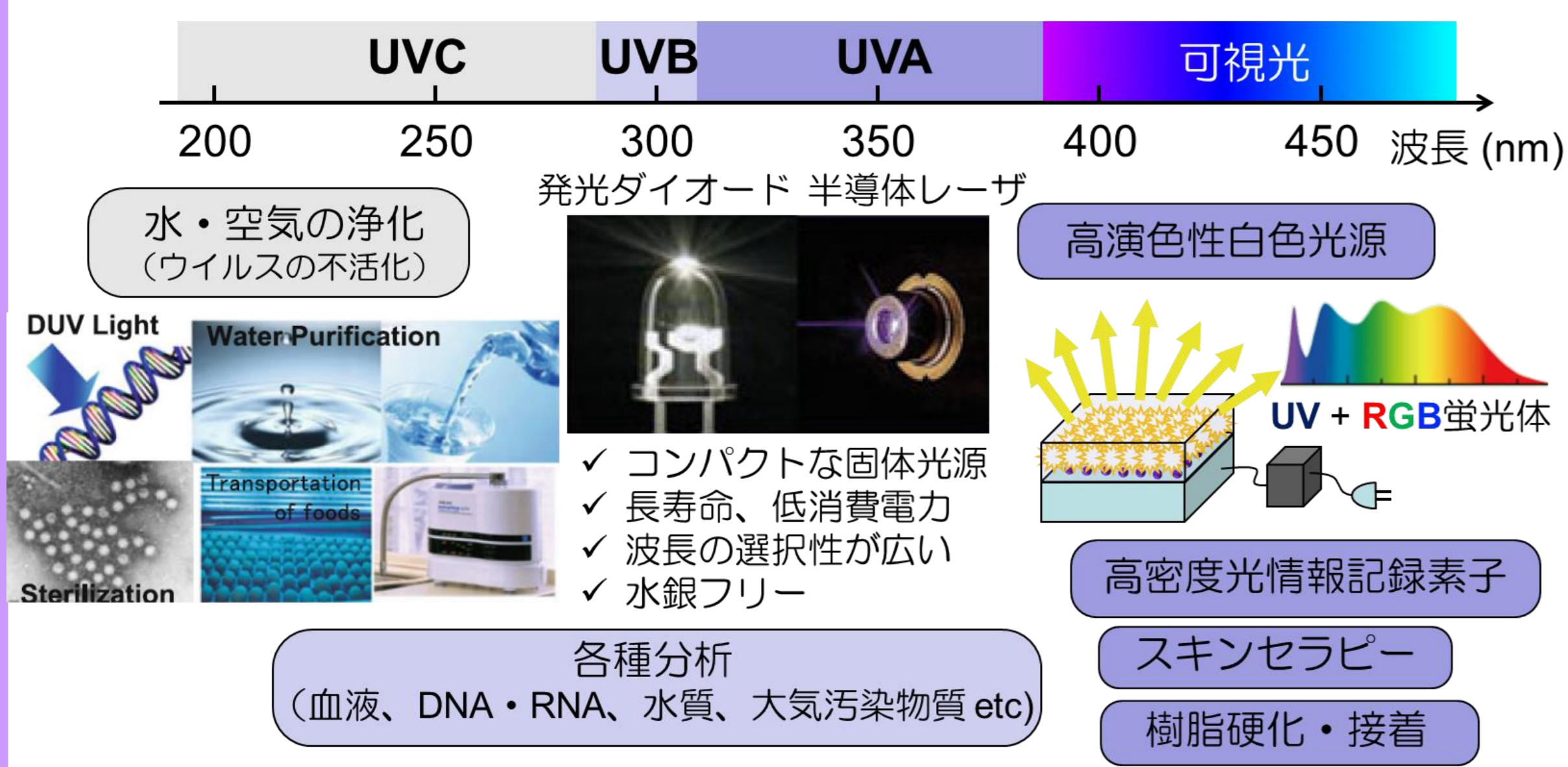
東北大学 多元物質科学研究所

受賞者：嶋紘平 助教

指導教員：秩父重英 教授

【関連論文】 K. Shima, K. Furusawa, and S. F. Chichibu, "Room-temperature cavity-polaritons in planar ZnO microcavities fabricated by a top-down process", *Appl. Phys. Lett.* **117**, 071103 (2020).

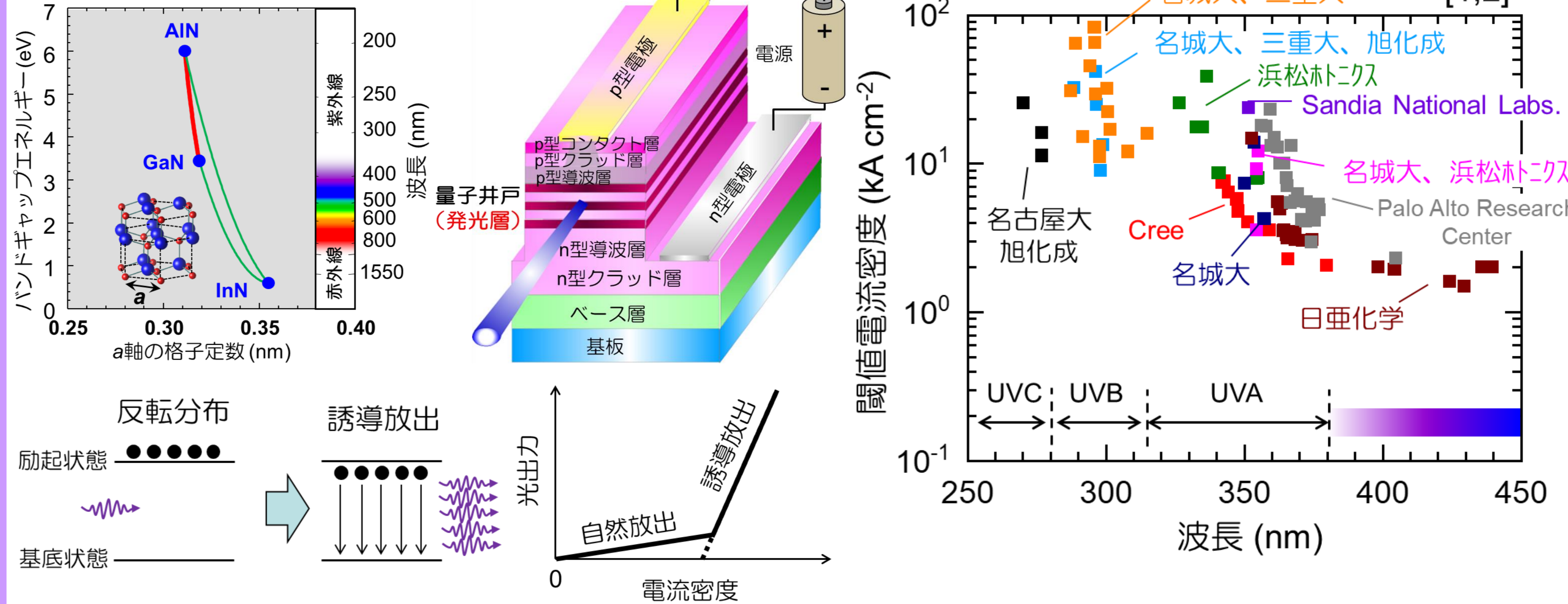
紫外線(UV)発光素子の応用例



UV発光素子は、環境・情報・医療等の分野に広く貢献できる。

[1] After M. Kneissl and J. Rass, *III-Nitride ultraviolet emitters*, Springer (2016).

AlGaIn系UV半導体レーザの閾値電流密度

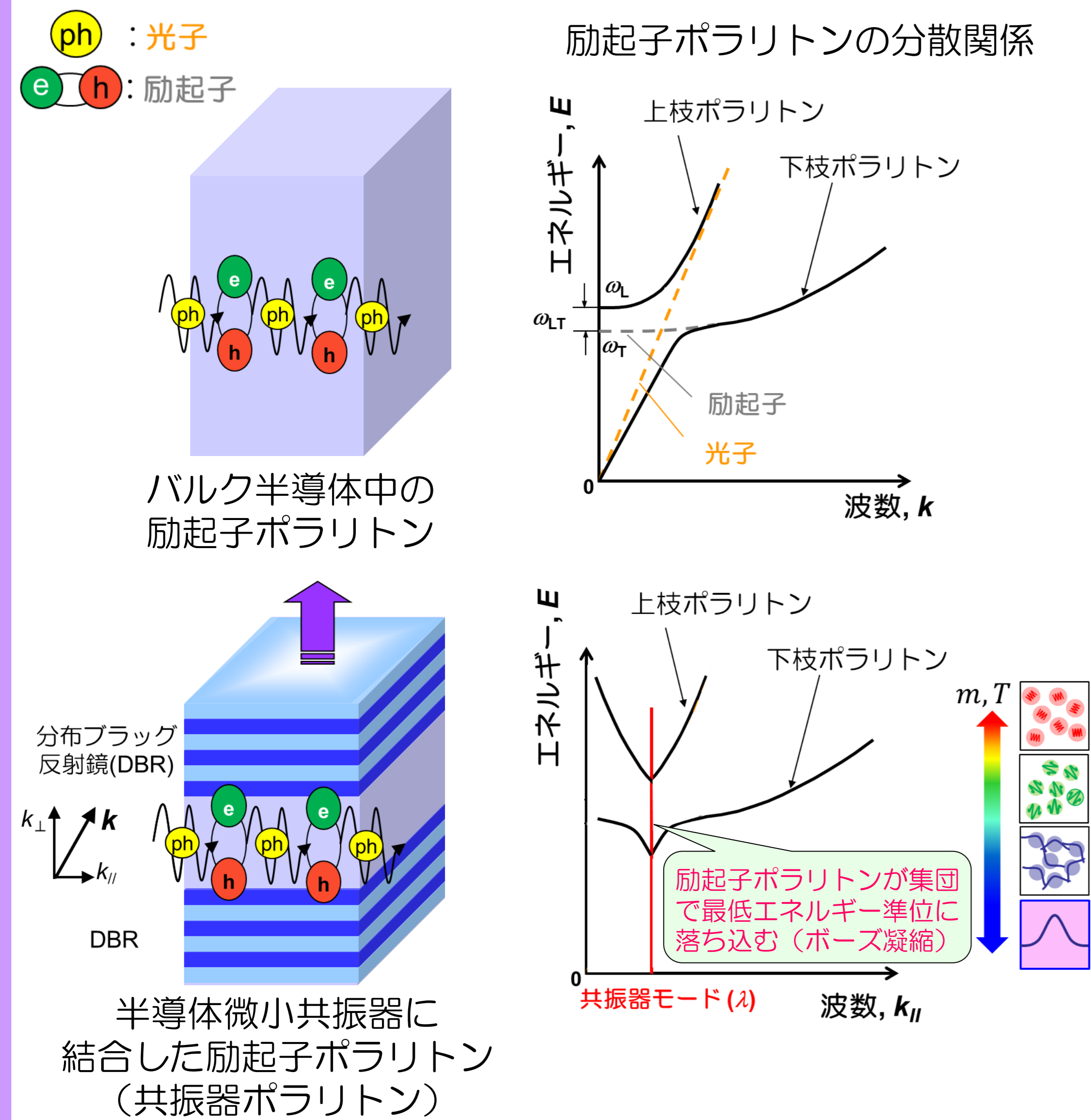


UV半導体レーザの発光層にはAlGaIn混晶半導体が用いられている。

キャリアの反転分布が必要であるため、閾値電流密度は数kA cm⁻²以上と決して低くない。

[2] After M. Iwaya, et al., *Jpn. J. Appl. Phys.* **61**, 040501 (2022).

超低閾値コヒーレント光源としてのポラリトンレーザ



共振器ポラリトンのボーズ凝縮により、キャリアの反転分布なしにコヒーレント光を発することが可能[3]

[3] A. Imamoglu et al., *Phys. Rev. A* **53**, 4250 (1996).

研究目的 室温動作ZnO系UVポラリトンレーザの実現に向けて、高品位なZnO微小共振器を作製

- 独自性① 励起子の長寿命化
単結晶バルクZnO基板を研磨[5]により薄膜化し、欠陥が少ない活性層をチップサイズで形成
- 独自性② 光子の長寿命化
反応性ヘリコン波励起プラズマスパッタ法[6]により誘電体DBRを形成し、反射特性を向上

水熱合成ZnO[7]



[5] F. Li et al., *Appl. Phys. Lett.* **102**, 191118 (2013).

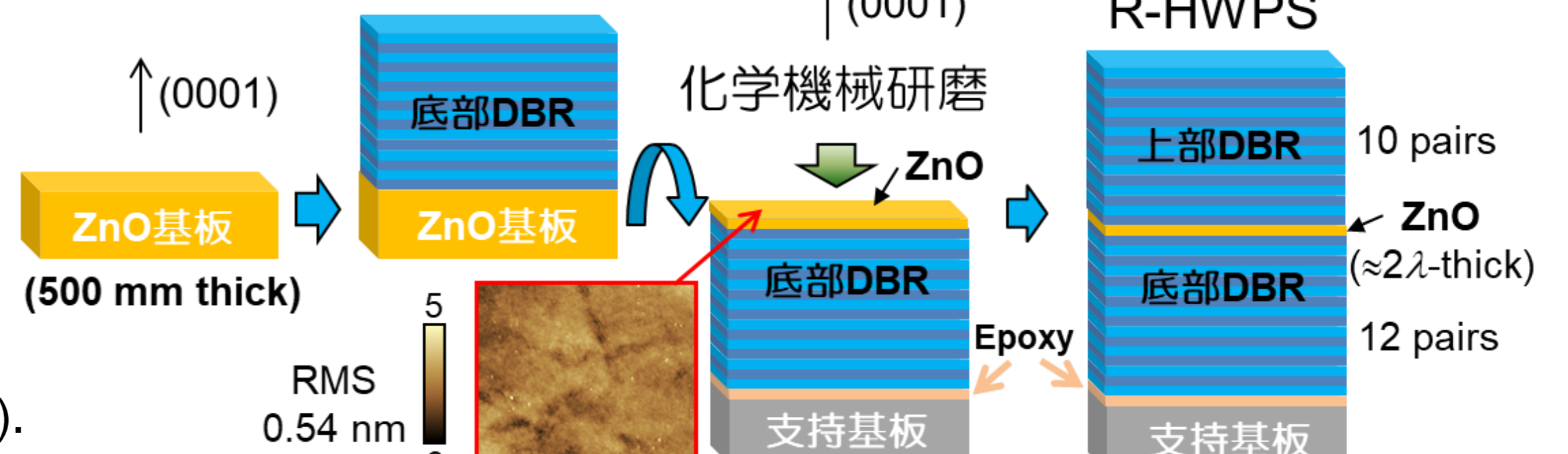
[6] S. F. Chichibu et al., *Appl. Phys. Lett.* **88**, 161914 (2006).

[7] K. Maeda et al., *Semicond. Sci. Technol.* **20**, S49 (2005).

[8] K. Shima, K. Furusawa, and S. F. Chichibu, *Appl. Phys. Lett.* **117**, 071103 (2020).

トップダウンプロセス[8]

反応性ヘリコン波励起プラズマスパッタ(R-HWPS)法



実験結果 [8]

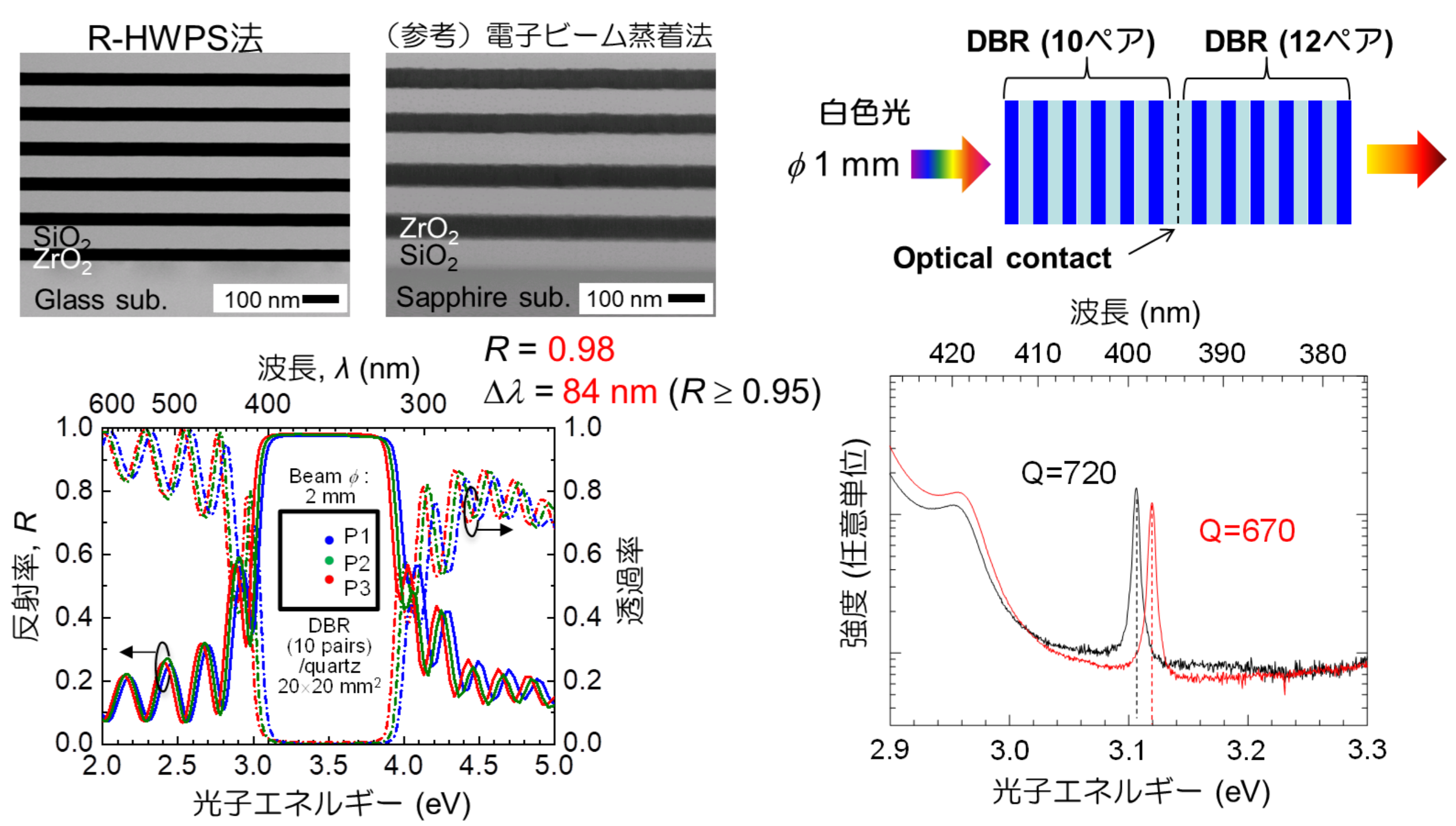
優れた反射特性を有する誘電体DBRをR-HWPS法により形成した。

ZnO微小共振器の発光エネルギーが角度依存性を示した(光励起)。

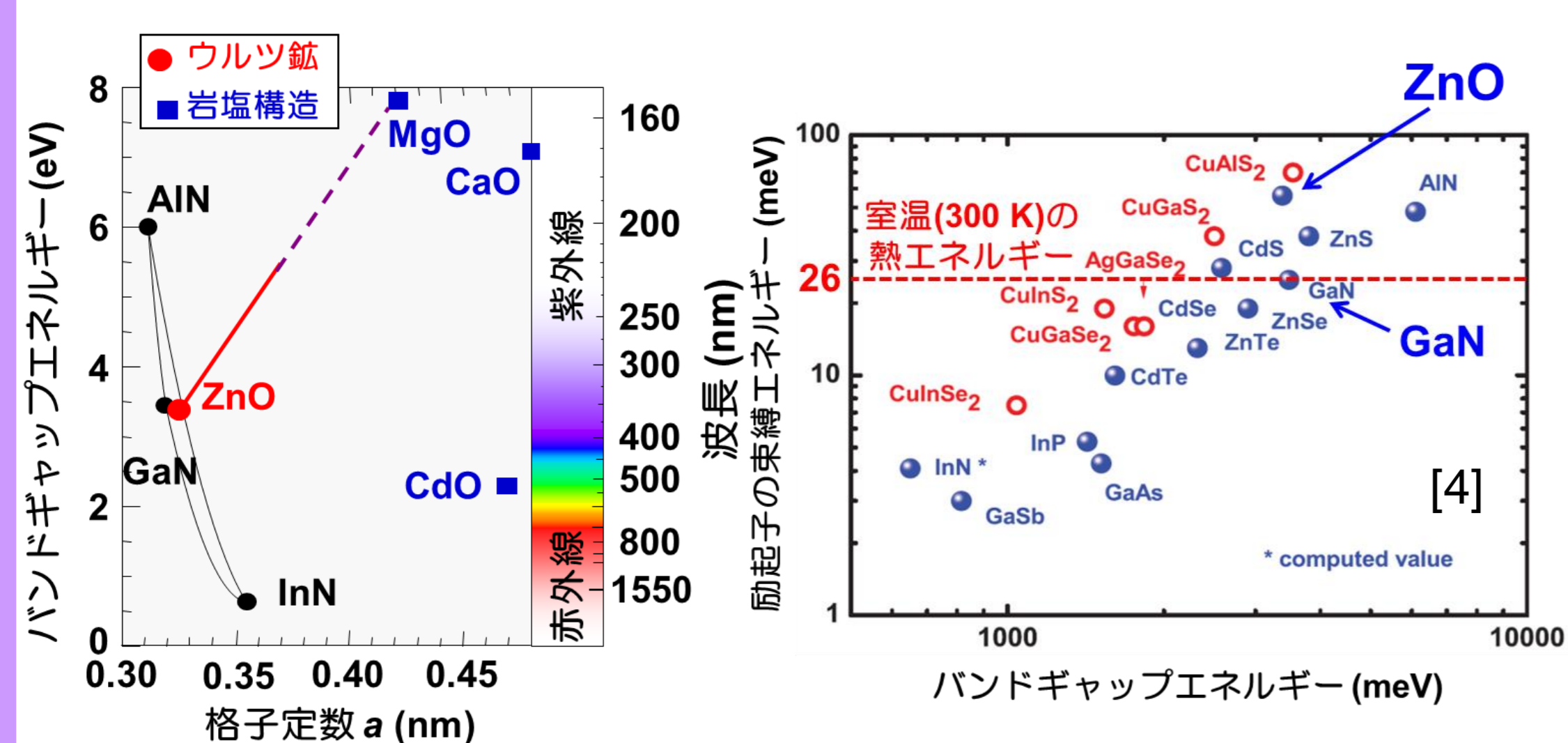
共振器ポラリトンの下枝エネルギーの分散の計算値[9]と一致した。

→室温で共振器ポラリトンを観測!

[9] After S. F. Chichibu et al., *Semicond. Sci. Technol.* **20**, S67 (2005).



室温動作が期待できるZnO系UVポラリトンレーザ



ZnO

- バンドギャップエネルギー：3.36 eV
- 励起子の束縛エネルギー：59 meV (室温で安定)
- MgOとの混晶であるMg_xZn_{1-x}Oを形成可能
- 原料が安価

[4] B. Gil, D. Felbacq, and S. F. Chichibu, *Phys. Rev. B* **85**, 075205 (2012).

研究成果

- 単結晶バルクZnOを薄膜化し、欠陥が少ないZnO活性層をチップサイズで形成
- 反応性ヘリコン波励起プラズマスパッタ法により反射特性に優れた誘電体DBRを形成
- 室温で光励起により共振器ポラリトンの発光を観測

今後の展望

励起子ポラリトンのボーズ凝縮、pn接合による電流注入発振の実証

産業上の利用可能性

省エネルギーなUV発光素子(高演色性白色光源の励起光源等)