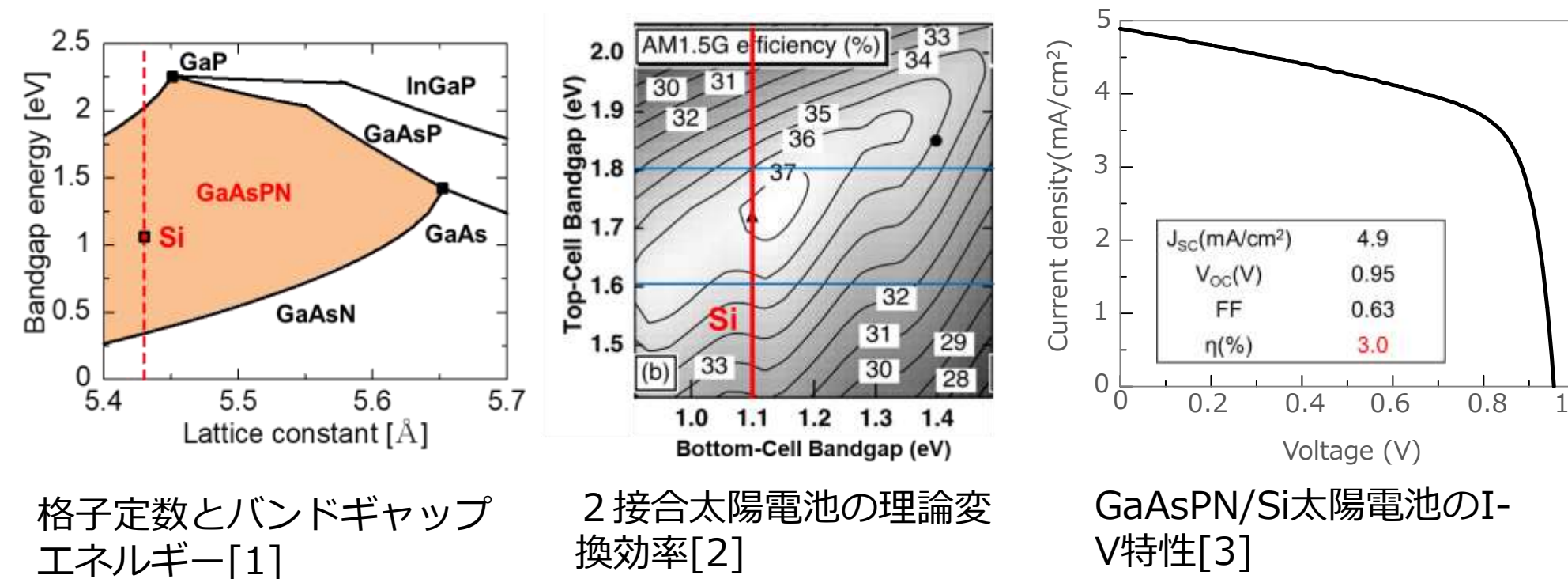


III-V/Si 多接合太陽電池への期待



III-V/Si多接合太陽電池

- 高変換効率
- 大面積化が可能
- 低環境負荷

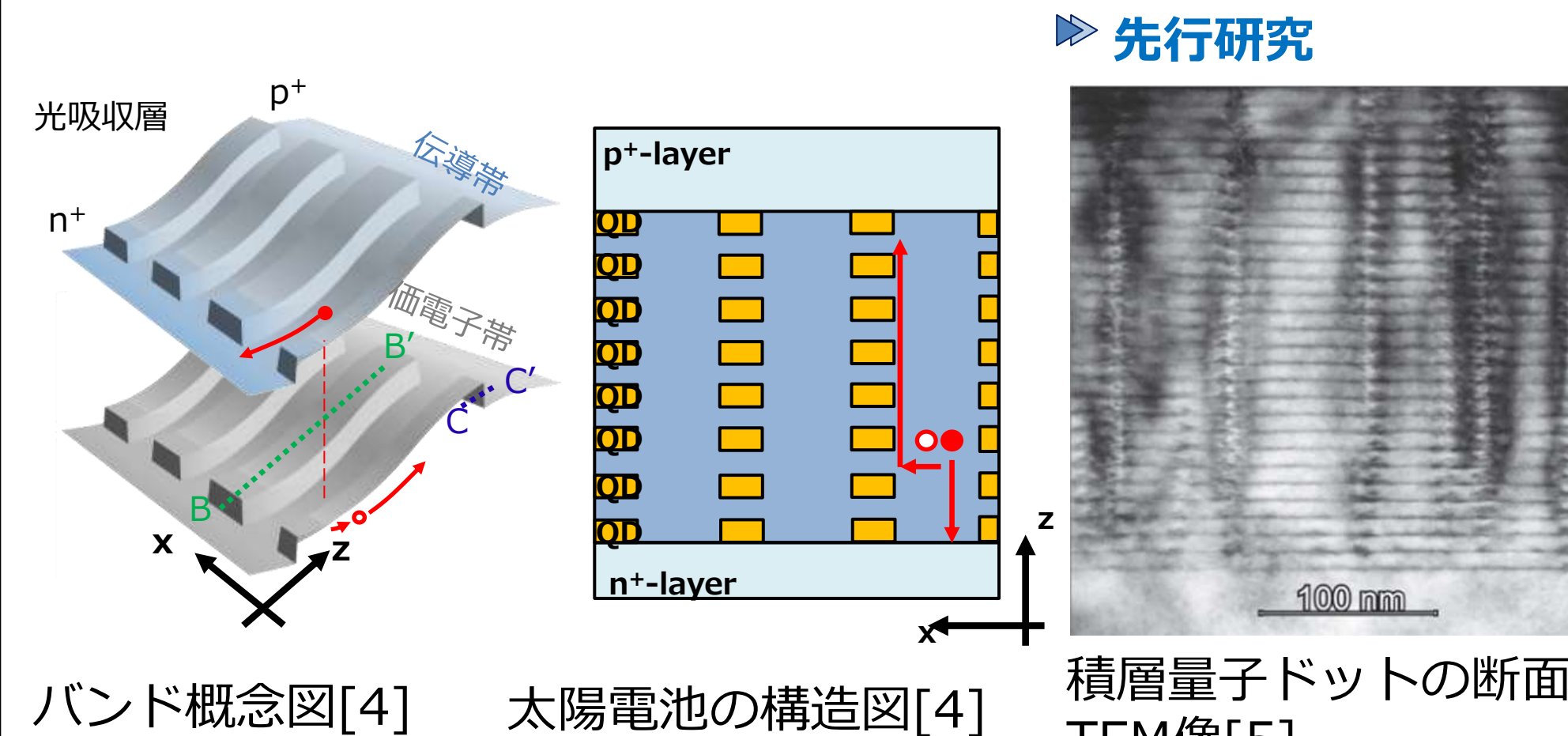
リン系III-V-N混晶

- Si格子整合系
- 自在なバンドエンジニアリング

e.g.
2接合トップセル 1.7eV@GaAsPN
3接合トップセル 2.0eV@GaPN

[1] K.Yamane, N. Urakami, H. Sekiguchi, W. Wakahara, IEEE Photovoltaic Specialist Conference, 2792 – 2796(2014).
[2] J.F.Geisz et al. In Proc. 31st IEEE Photovoltaic Specialist Conference pp.695-698(2005)
[3] 濱本大輝 et al. JSAP in autumn 2021, 17a-Z35-2

Type-II量子ドット太陽電池

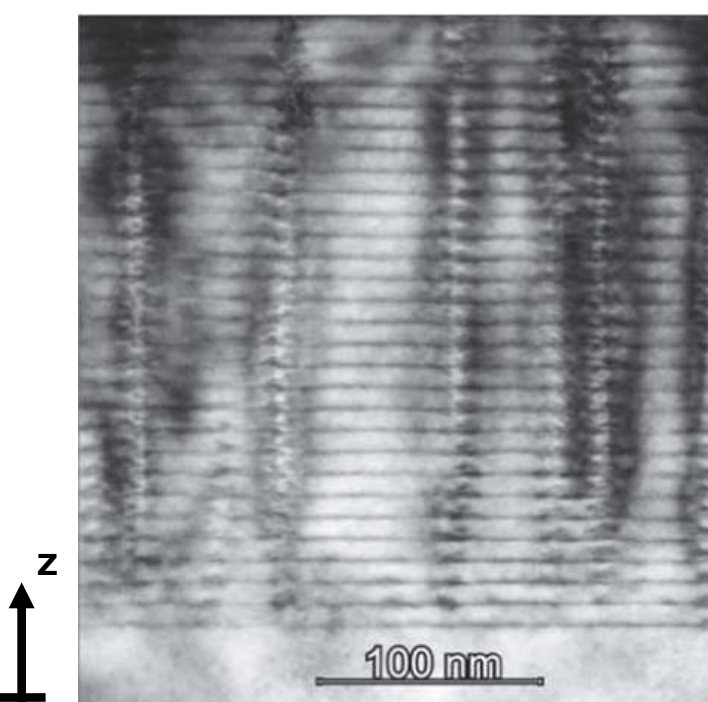


➢ 電子/正孔を空間分離

電子 ⇒ QD外を伝導
正孔 ⇒ QD内を伝導

➡ 再結合損失の低減

➢ 先行研究



積層量子ドットの断面TEM像[5]

QD径 15 ~ 20 nm
QD高さ 3 ~ 5 nm
積層数 30

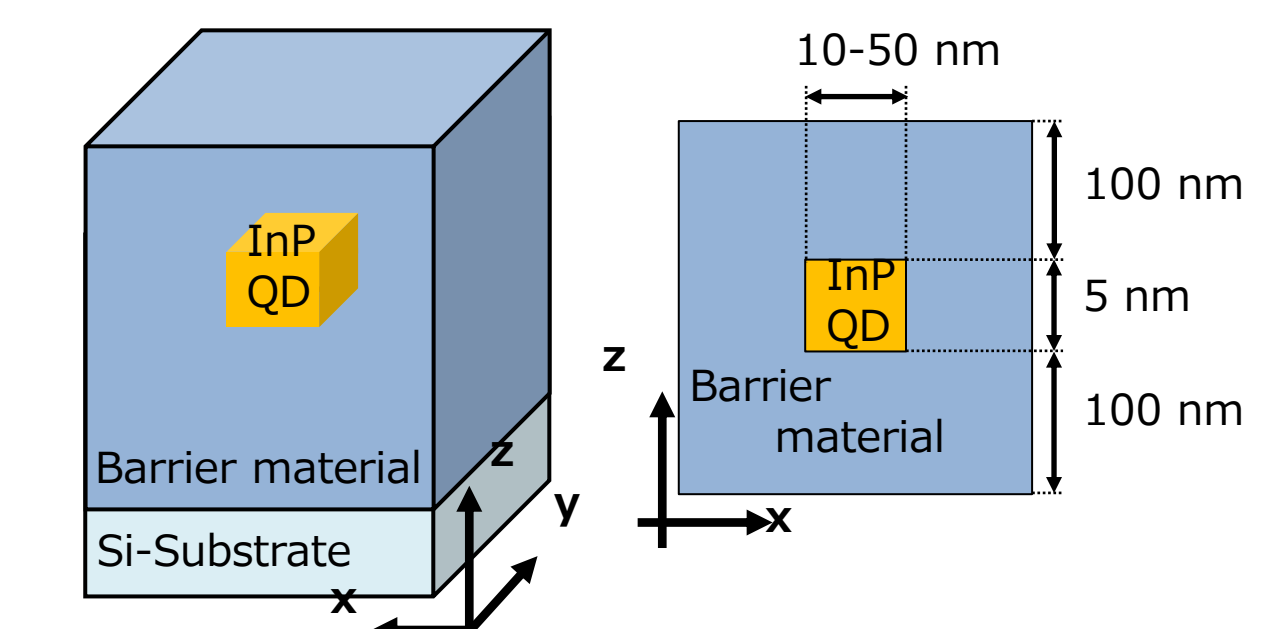
低欠陥密度での基本構造作製に成功

[4] 堀礼人 第3回結晶工学×ISYSE合同研究会 (2020) [5] J.A. Piedra-Lorenzana, K. Ymane, A. Hori, A. Wakahara, Jpn. J. Appl. Phys. JJAP-103222

目的

InP/GaP系type-II量子ドット太陽電池の実現に向け、伝導帯オフセット(CBO)・価電子帯オフセット (VBO) とともに100 meV 以上を持つ InP ドットサイズを導出する。
条件として、二接合型のトップセルを想定した1.7 eVのGaAsPN混晶、三接合型のトップセルを想定した2.0 eVのGaAsPN混晶をバリア層とする (いずれもSi格子整合条件)。

量子ドット太陽電池の設計



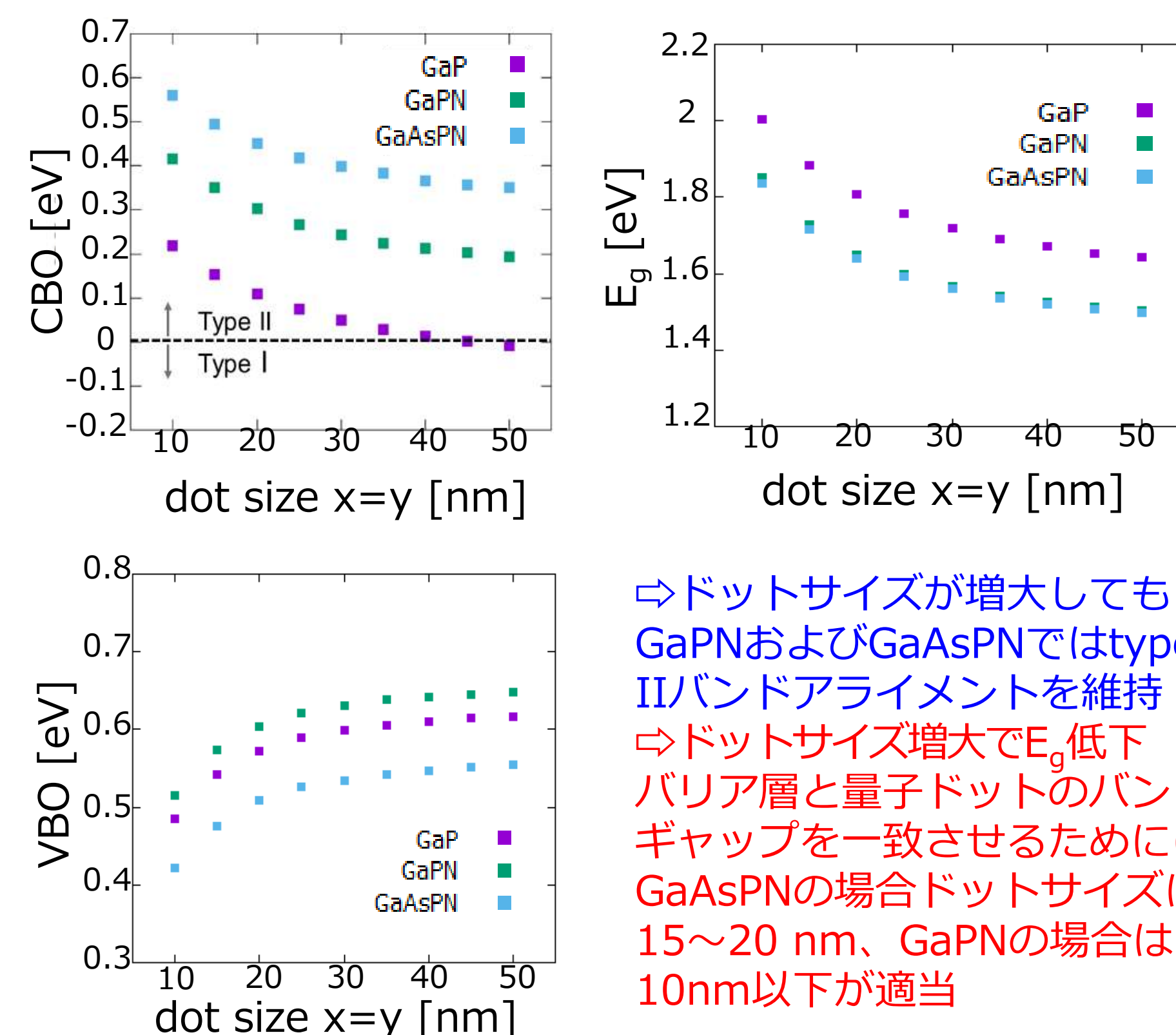
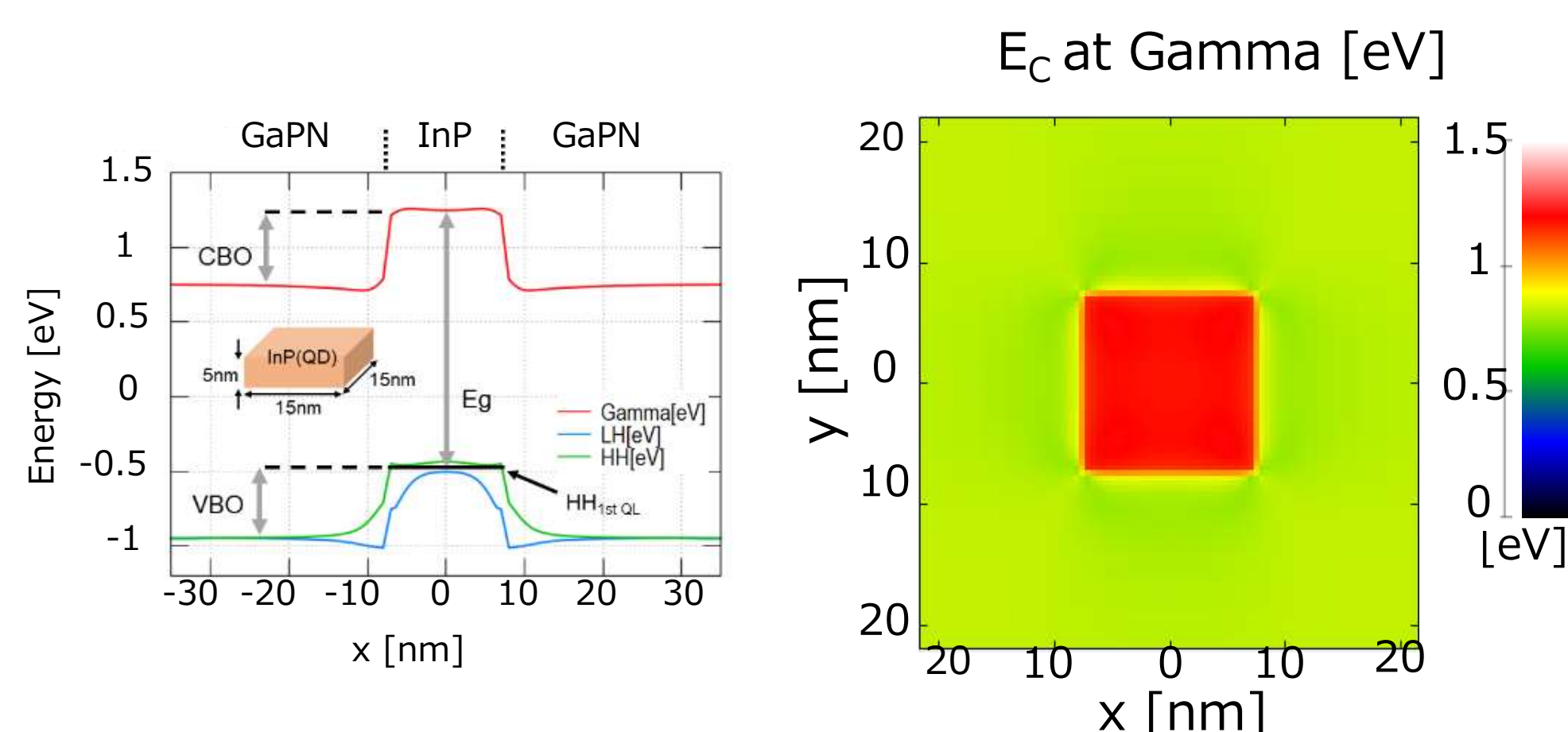
➢ 計算条件

使用ソフト	nextnano++	バリア層	GaP, GaPN, GaAsPN
QD材料	InP	結晶温度	300 K
QD形状	直方体(高さ5nm)	境界条件	x = y = periodic z = not periodic
ΔEv	0.33eV (GaP/InP) [6]		

[6] I.Vurgaftman, J.R.Meyer, L.R.Ram-Mohan, J. Appl. Phys. 89 (2001) 5815

計算結果

e.g. InP量子ドットをGaPNバリア層で埋め込んだ場合



⇒ドットサイズが増大してもGaPNおよびGaAsPNではtype-IIバンドアライメントを維持
⇒ドットサイズ増大で E_g 低下
バリア層と量子ドットのバンドギャップを一致させるためには、GaAsPNの場合ドットサイズは15~20 nm、GaPNの場合は10nm以下が適当

総括

InP/GaP系type-II量子ドット太陽電池の実現に向け、伝導帯オフセット(CBO)・価電子帯オフセット (VBO) とともに100 meV 以上を持つ InP ドットサイズを導出した。

作製実績のある量子ドット高さ (5 nm) を基準として、ドットサイズを変更してバンドアライメントを見積もった結果以下のことが分かった。

- ドットサイズが増大してもGaPNおよびGaAsPNではtype-IIバンドアライメントを維持
- バリア層と量子ドットのバンドギャップを一致させるためには、GaAsPNの場合ドットサイズは15~20 nm、GaPNの場合は10nm以下が適当

➢ 今後の課題

- 量子ドットの臨界膜厚(高さ)の実験的見積もり
- GaPNまたはGaAsPNバリア層を用いた積層構造の作製

謝辞：本研究は八洲環境技術振興財団の助成を受けて行われた。結晶成長およびデバイス作製プロセスは、それぞれ本学VBLおよびEIRIS共同利用施設を利用して行われた。断面TEM観察は本学教育研究基盤センターの共用装置を利用した。