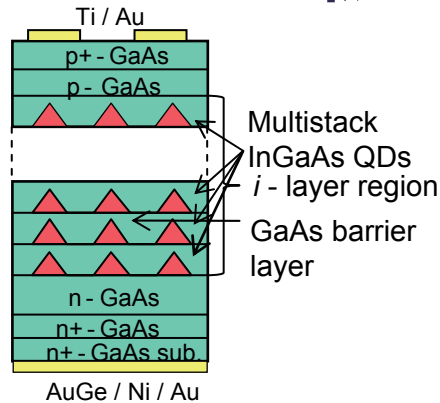


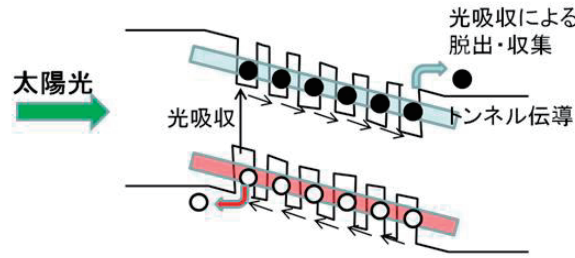
# InGaAs量子ドット太陽電池

化合物薄膜チーム  
菅谷武芳

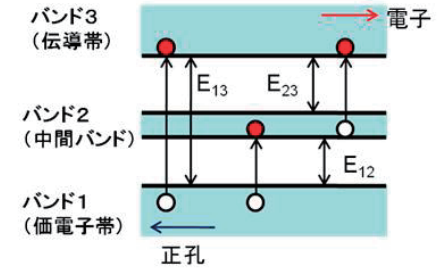
# GaAs基板上InGaAs量子ドット太陽電池



量子ドット太陽電池積層構造



量子ドット太陽電池のエネルギーバンド図



3バンド太陽電池のエネルギーバンド概念図

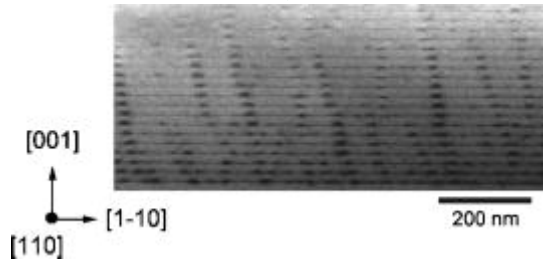
In(Ga)As/GaAs量子ドット: 量子ドットによりGaAsより長波長の太陽光を吸収。

★バリア層はできるだけ薄く(超格子構造)、多層ドットが必要。 → 変換効率60%以上

## 問題点

InAs/GaAs量子ドット: 格子歪により、高品質多層ドットが成長できない。

東大: 格子定数の小さいGaAs層の挿入により格子歪を緩和して多層化(歪補償)



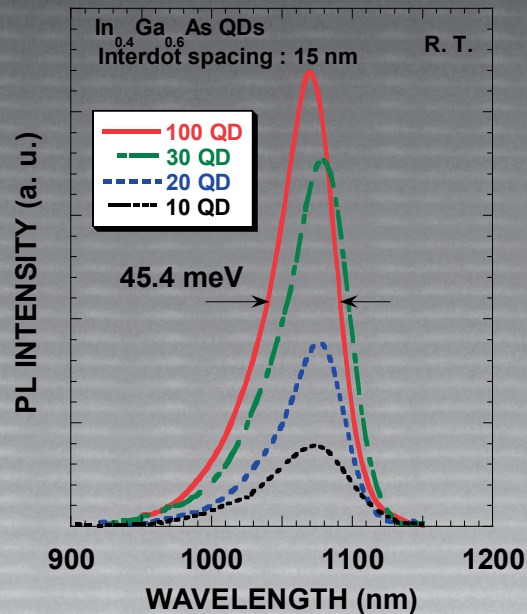
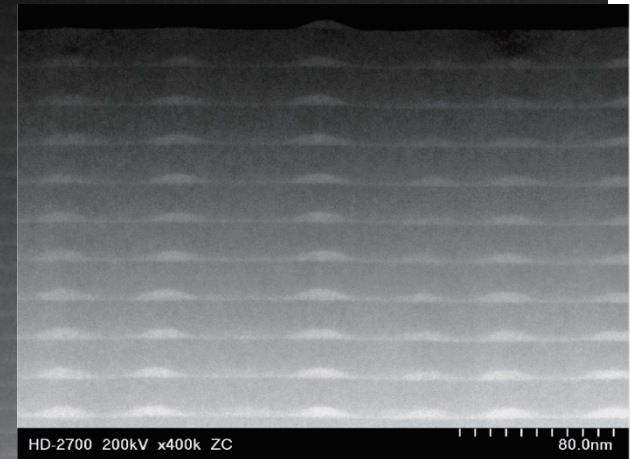
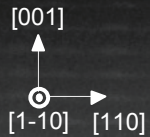
※バリア層の薄膜化に伴ってN組成を増加する必要があり、Vocが減少。JAP 106, 024306 (2009).

★本研究ではGaAsに格子ミスマッチの少ないInGaAs量子ドットに着目

歪補償技術を用いず、As<sub>2</sub>分子線、成長中断法の利用により、量子ドット100層多積層化に成功。

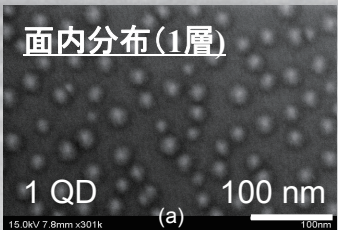
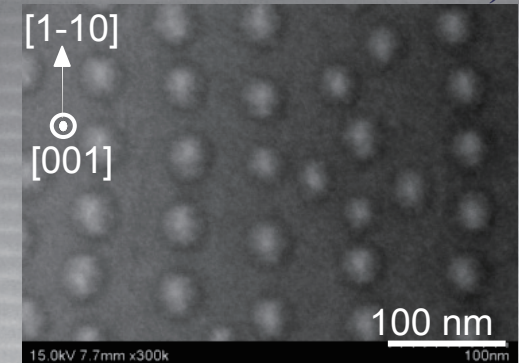
Jpn. J. Appl. Phys., **49**, (2010) 030211, J. Vac. Sci. Technol., **B 28**, (2010) C3C4.

# 50層In<sub>0.4</sub>Ga<sub>0.6</sub>As量子ドット多積層構造



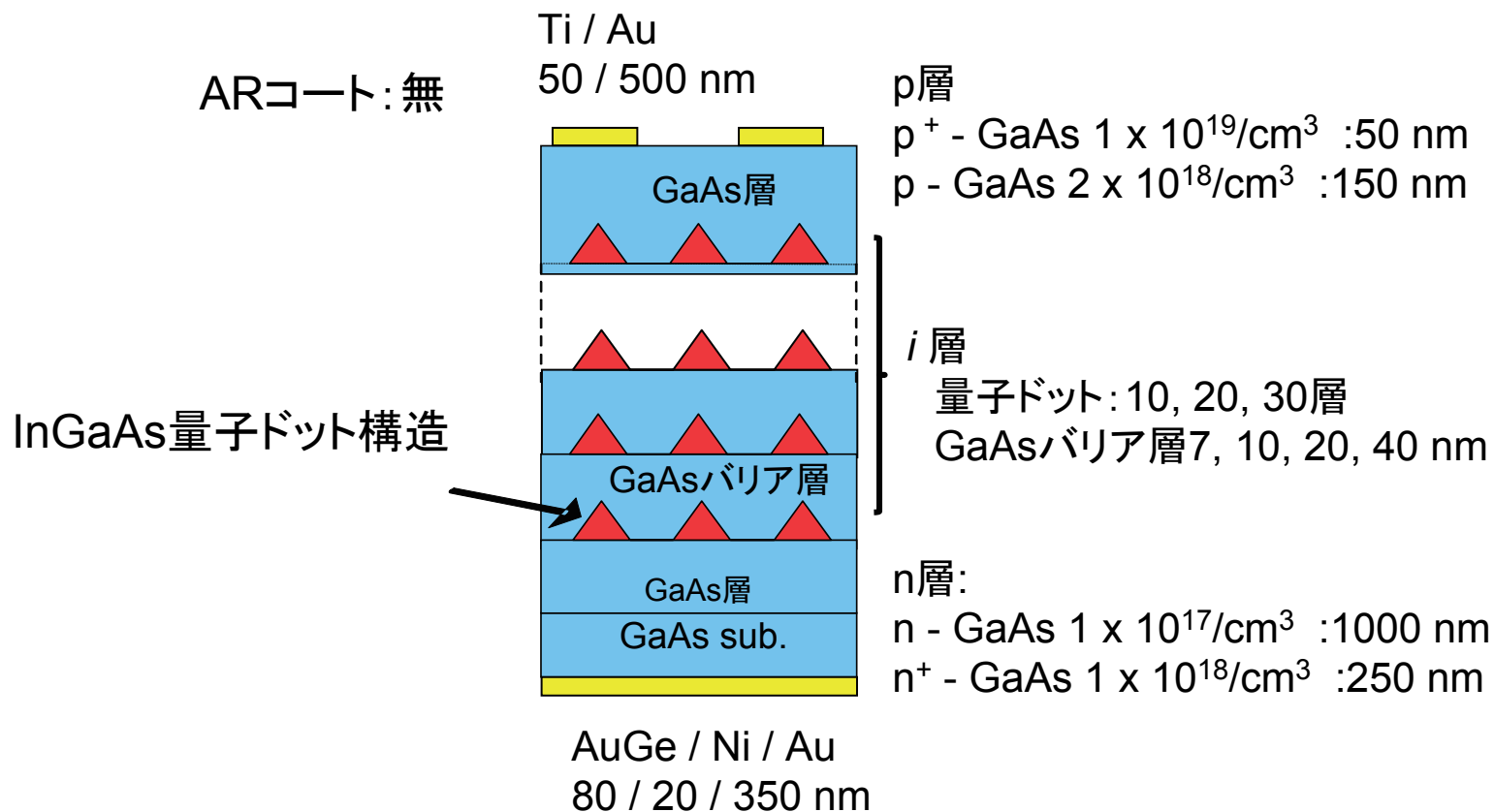
PLスペクトル(100層)

表面SEM 面内分布(50層)



★歪補償層無しでこれだけ積めるとは誰も思っていなかった。

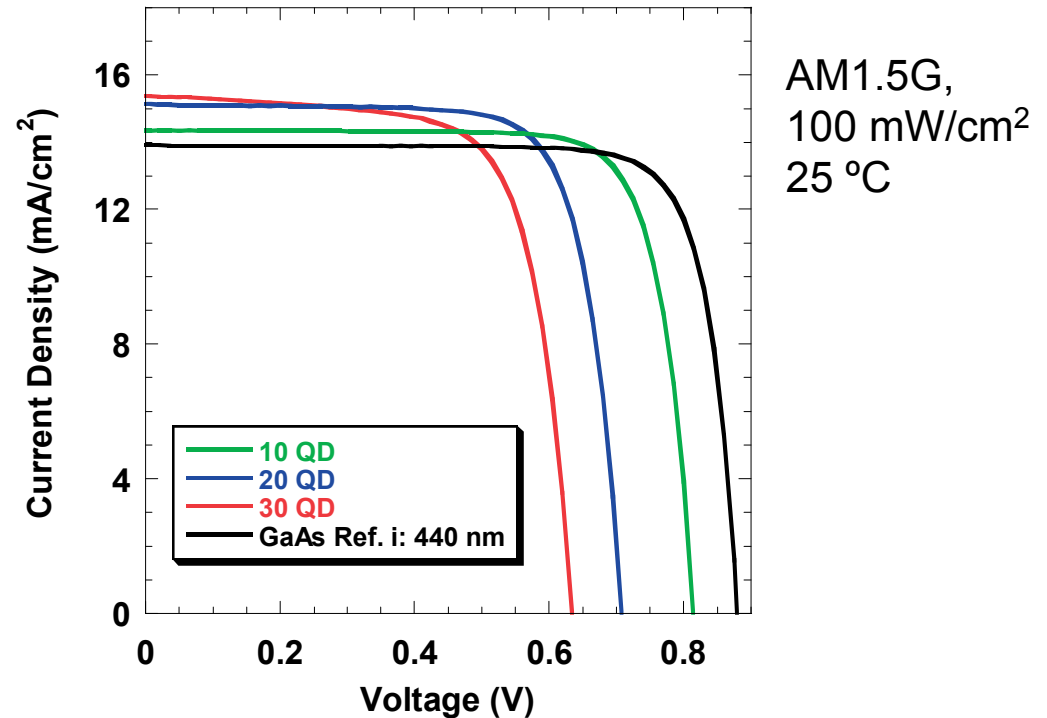
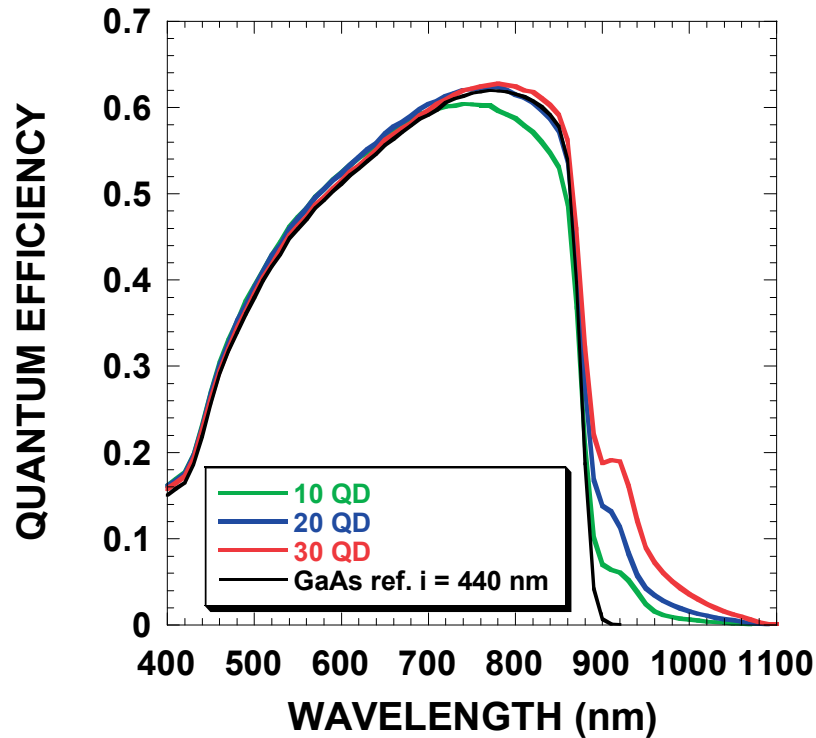
# InGaAs量子ドット太陽電池構造



量子ドット太陽電池積層構造

# InGaAs量子ドット太陽電池

Barrier: 20 nm

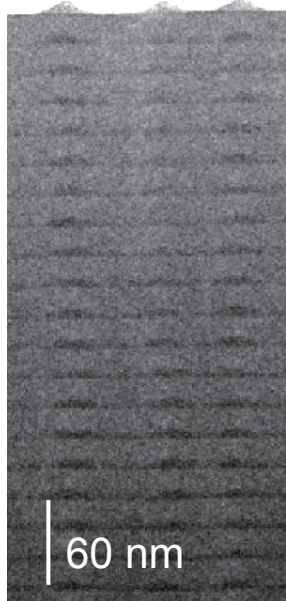


	10 QD	20 QD	30 QD	GaAs ref.
Efficiency (%) (w/o ARC):	<u>9.2</u>	<u>8.1</u>	<u>7.0</u>	9.9
Voc: (V)	<u>0.814</u>	0.709	0.633	0.880
Jsc: (mA/cm <sup>2</sup> )	14.3	15.1	15.3	13.9
FF:	0.792	0.758	0.715	0.805

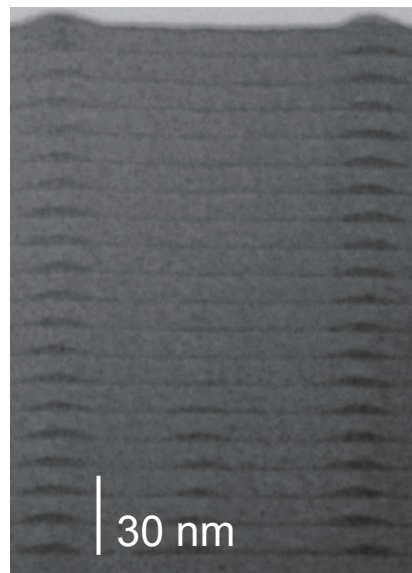
SOLMAT in press.

# InGaAs量子ドット超格子 —ミニバンドの形成—

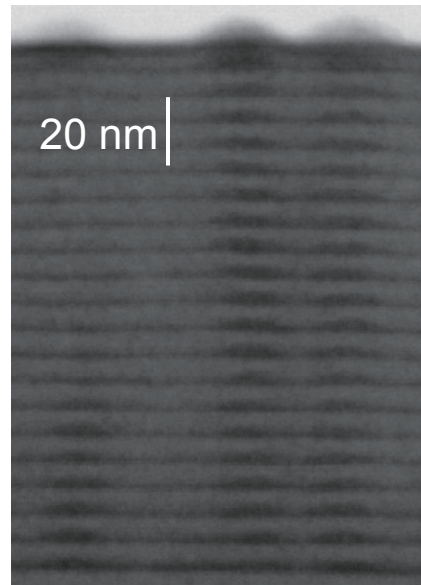
## 20層積層量子ドット超格子



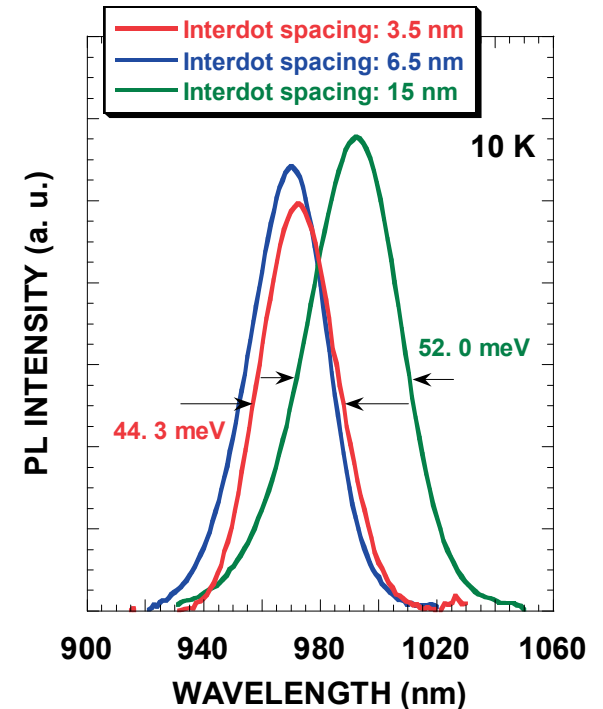
(a)  
20 nm  
15 nm



(b) 10 nm GaAsバリア層  
6.5 nm ドット間距離



(c) 7 nm  
3.5 nm

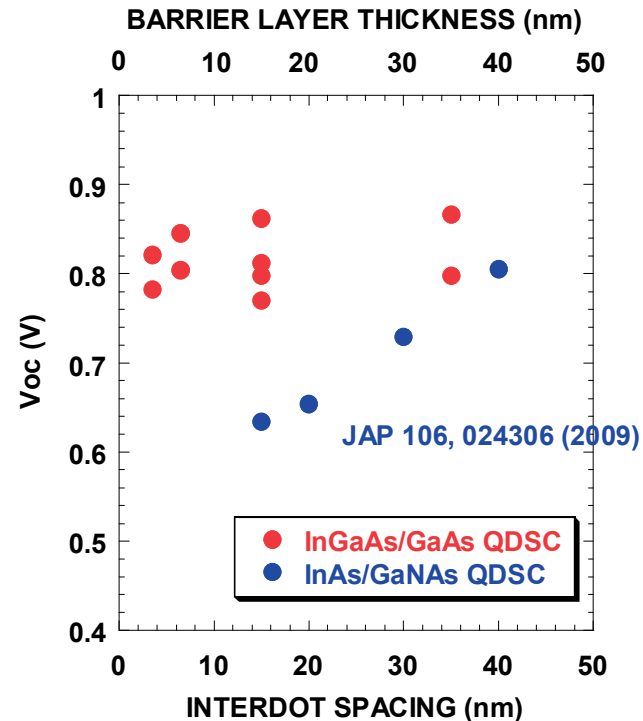
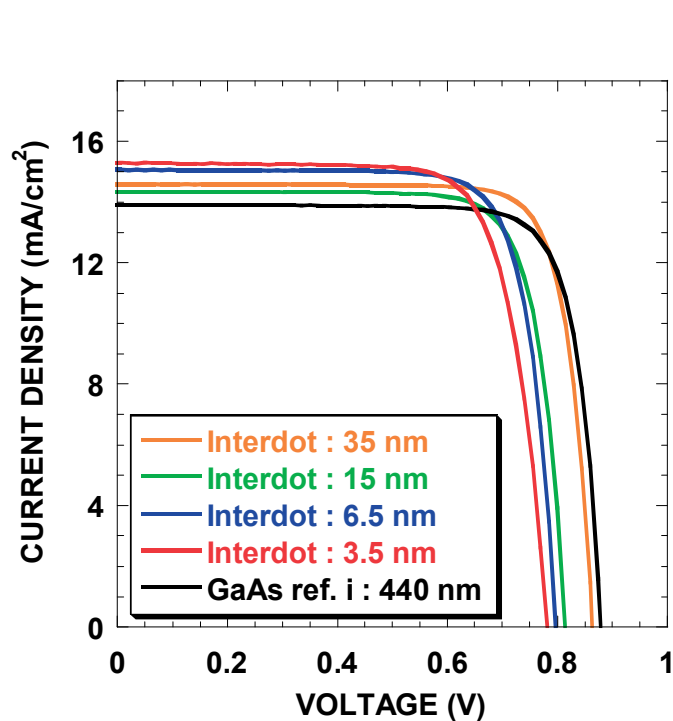


ドット間⇒小、半値幅⇒小

量子ドット超格子ミニバンドの形成

高品質量子ドット超格子

# InGaAs量子ドット超格子太陽電池



Interdot Spacing (nm)	35	15	<b>6.5</b>	<b>3.5</b>	GaAs ref.
Efficiency (%) (w/o ARC):	<u>10.3</u>	<u>10.0</u>	<u>9.5</u>	<u>9.0</u>	9.9
Voc: (V)	<u>0.866</u>	<u>0.862</u>	<u>0.804</u>	<u>0.782</u>	0.880
Jsc: (mA/cm <sup>2</sup> )	14.6	14.4	<u>15.1</u>	<u>15.3</u>	13.9
FF:	0.812	0.805	0.785	0.754	0.805

**High  $V_{oc}$  and  $J_{sc}$  even though interdot spacing is reduced to 3.5 nm.**

## まとめ

- (1) 歪補償技術を用いることなく、成長方向に整列した**100層以上のInGaAs量子ドットの多積層化**に成功し、太陽電池構造に応用した。
- (2) **20層多積層化したドット間 ~3.5 nmのInGaAs量子ドット超格子の作製**に成功し、**ミニバンド(中間バンド)の形成を確認**した。
- (3) **量子ドット超格子太陽電池は高いVoc、Jsc特性を示した。**