

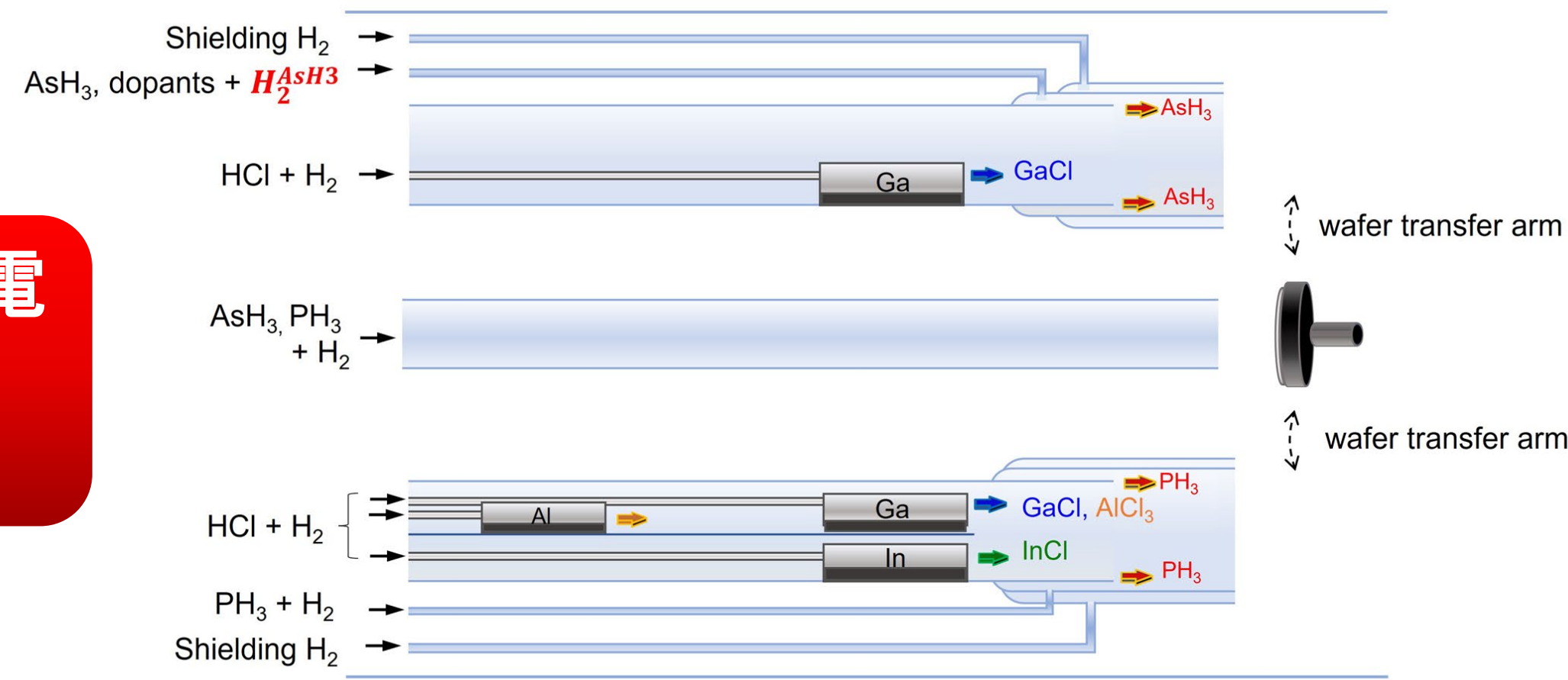
HVPE法によるInGaP太陽電池の超高速成長

研究の目的

ハイドライド気相成長(HVPE法) [1,2]

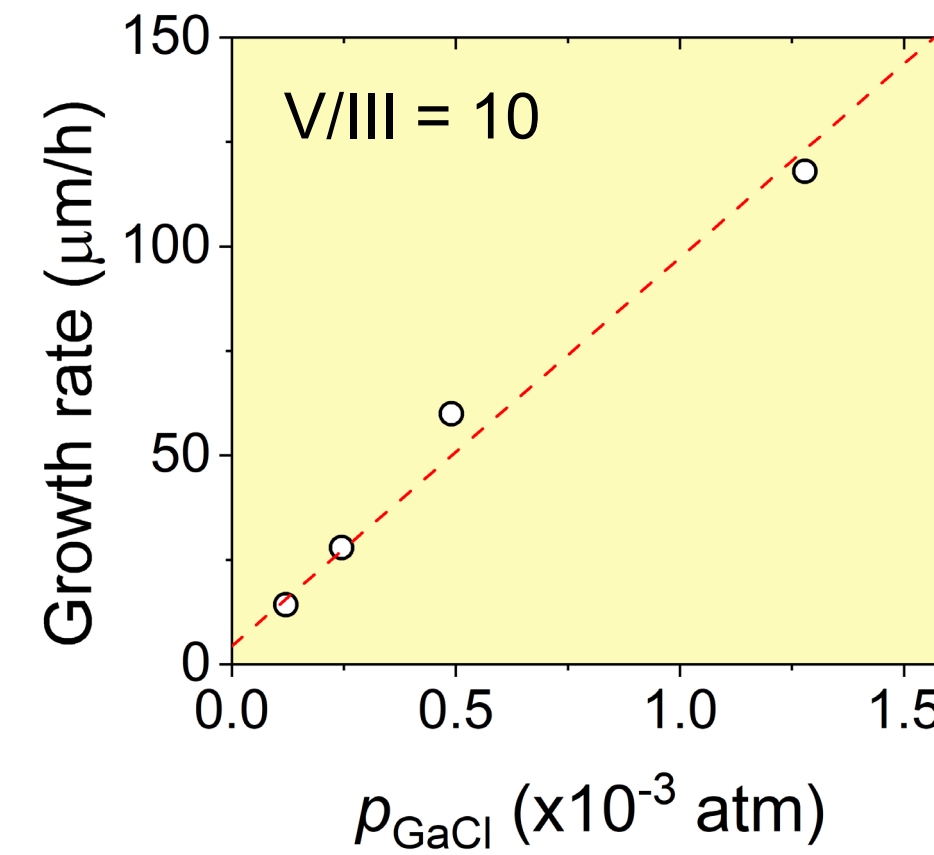
- III族の金属塩化物とV族の水素化物ガスを基板上で反応させることで、結晶成長を成膜する手法
- 従来の「有機金属気相成長(MOVPE)法」と比較して、原料コストの削減や成長の高速化が期待
- GaAs太陽電池では300 $\mu\text{m/h}$ までの高効率・超高速セルを実証[3]

今回、InGaP太陽電池[4]の超高速成長に取り組んだ

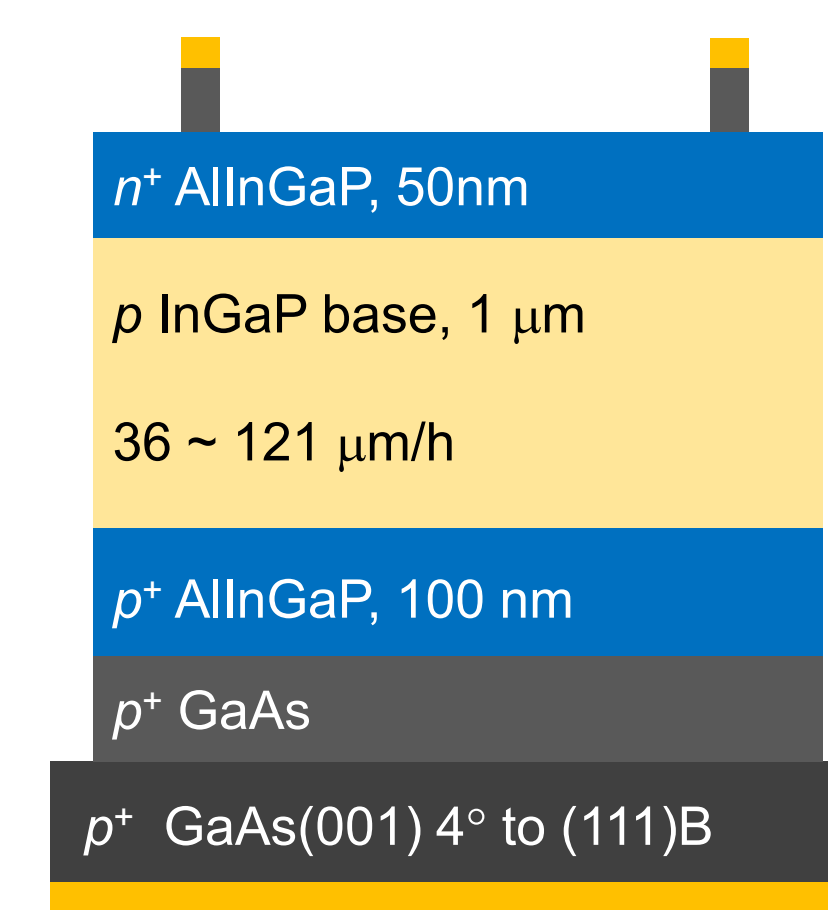


実験

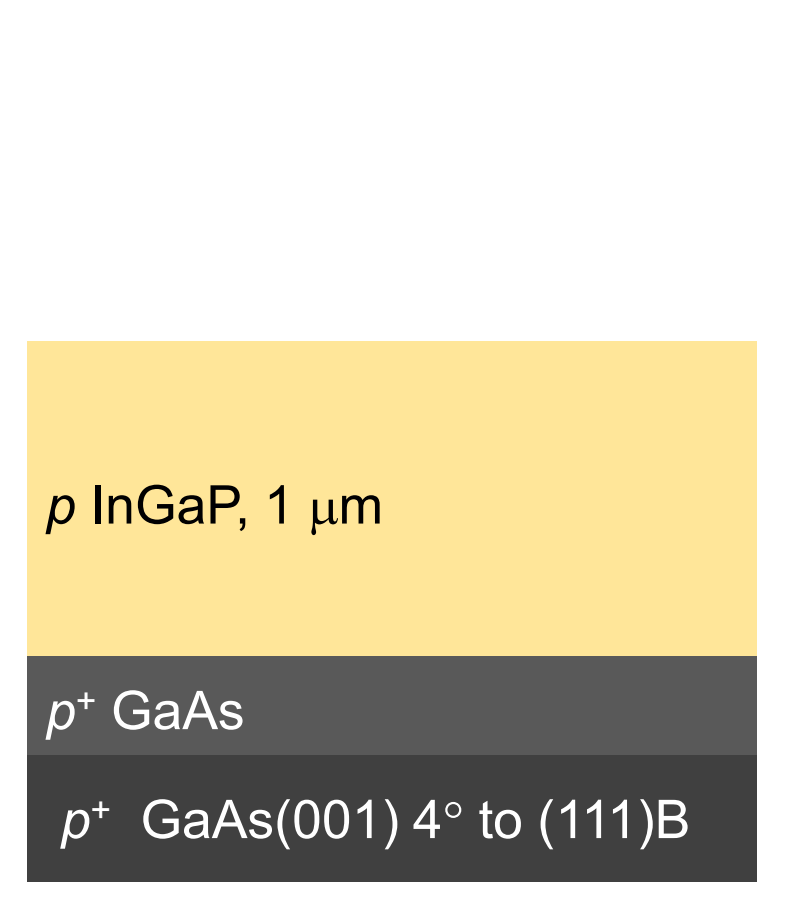
InGaPの成長速度



太陽電池評価用



表面観察用



- 異なる成長速度で作製したInGaP太陽電池の評価を行った。(p-InGaPベース層以外の成長条件は固定)

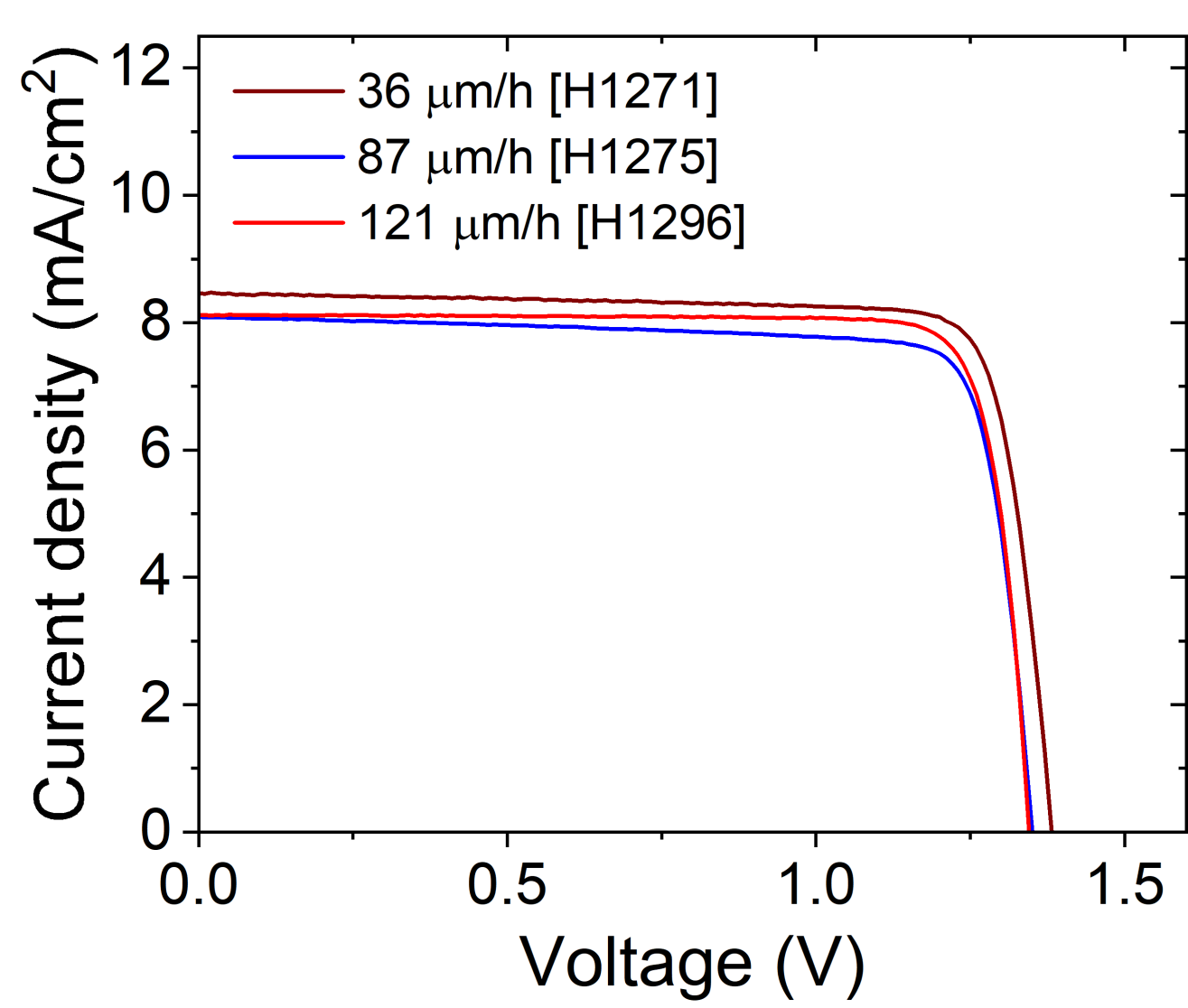
成長速度 ($\mu\text{m/h}$)	ベース層キャリア濃度 (C-V測定) (cm^{-3})
36 [H1271]	5.4×10^{16}
87 [H1275]	2.2×10^{16}
121 [H1296]	1.5×10^{16}

評価

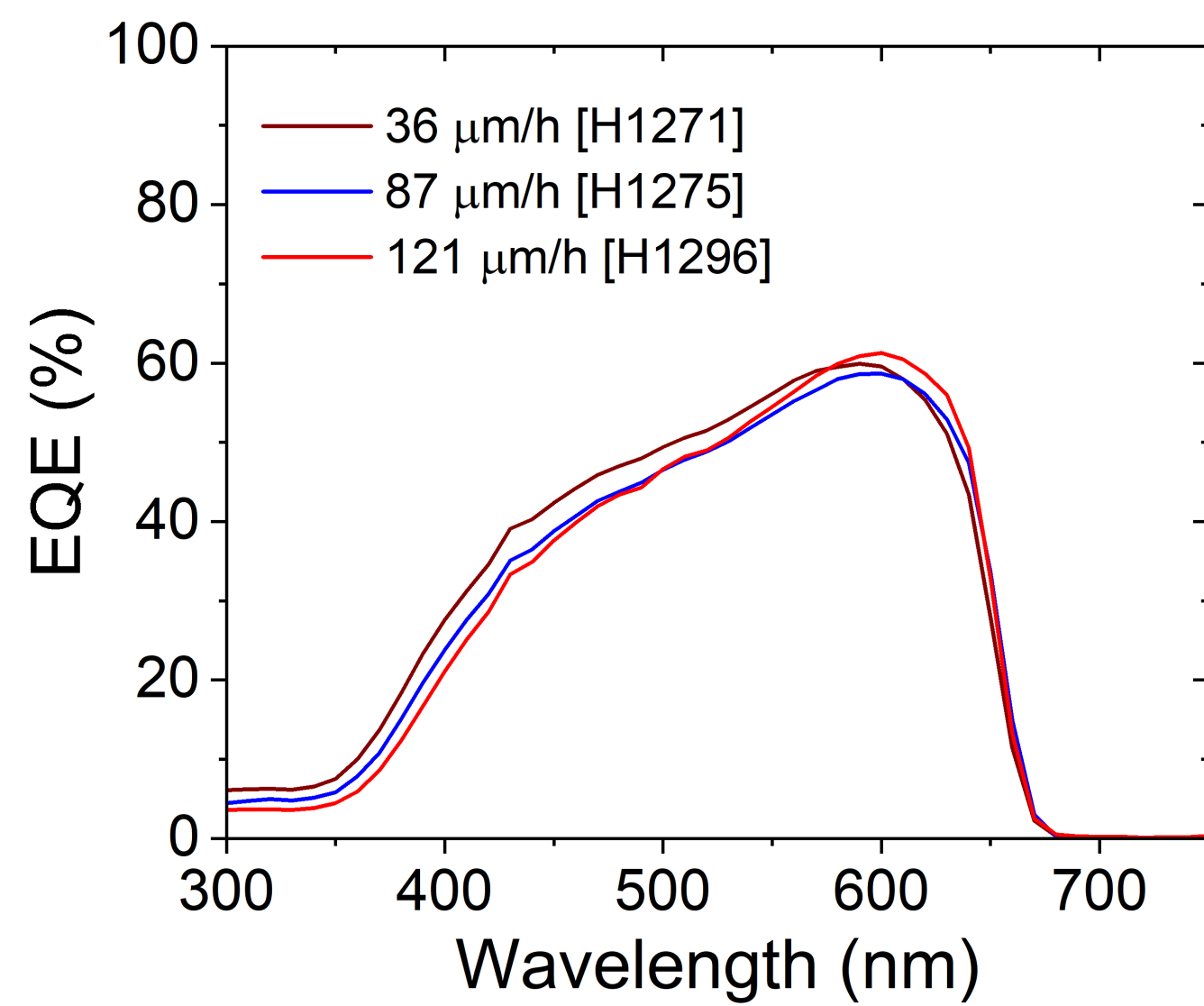
- I-V測定
- 外部量子効率測定(EQE)
- 原子間力顕微鏡(AFM)
- 室温フォトルミネッセンス(PL)

結果① 太陽電池特性

J-V (AM1.5G, 1sun)



EQE

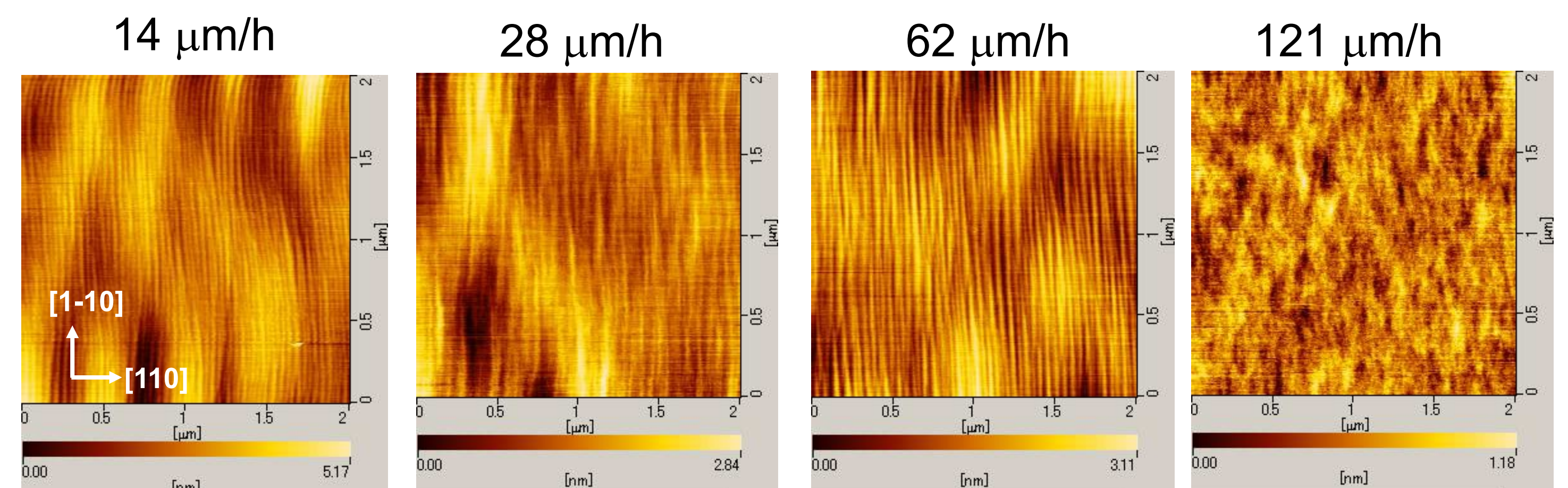


成長速度 ($\mu\text{m/h}$)	J_{sc} (mA/cm^2)	V_{oc} (V)	FF	η (%)
36 [H1271]	8.46	1.38	0.834	9.76
87 [H1275]	8.38	1.35	0.829	9.38
121 [H1296]	8.11	1.34	0.855	9.29

- 36 ~ 121 $\mu\text{m/h}$ の成長速度でほぼ同等のEQE特性
- 一方で、高速成長に従って、 J_{sc} 、 V_{oc} が若干低下する傾向

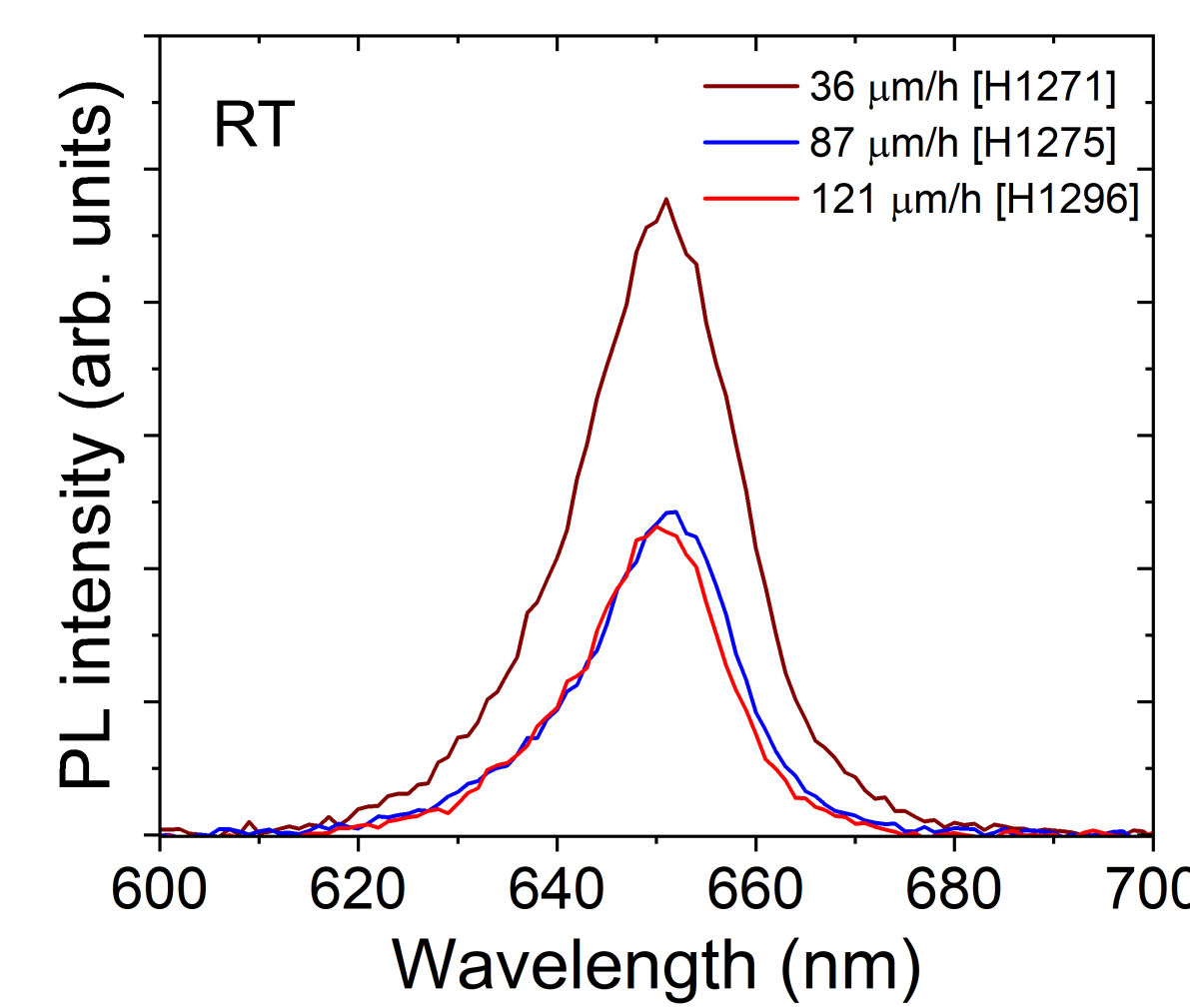
結果② 表面構造、発光特性

AFM(2 $\mu\text{m} \times 2 \mu\text{m}$)



- 最も高速な121 $\mu\text{m/h}$ では表面ステップが消失したが、高速成長による異常成長は見られない

室温PL



成長速度 ($\mu\text{m/h}$)	ピーク波長 (nm)	Bandgap (eV)	FWHM (meV)	Intensity ratio
36 [H1271]	651.0	1.892	44.34	1
87 [H1275]	652.0	1.889	42.07	0.489
121 [H1296]	650.0	1.895	41.48	0.465

- 全てのセルでバンドギャップ、半値幅に顕著な差はなかった。
- 一方で高速成長ほど発光強度が減少しており、結晶性が低下している可能性が考えられる

結論

HVPE法を用いたInGaP太陽電池の超高速成長技術を開発

- InGaPセルの報告として最も高速な121 $\mu\text{m/h}$ までの超高速成長を実現
- 表面構造解析からは高速化に伴う異常成長は見られないが、 J_{sc} 、 V_{oc} 、PL発光強度が低下しており、結晶性が低下している可能性が考えられる。
- 今後は、成長条件の更なる最適化による性能向上と結晶性が低下する要因について考察を深める。

参考文献

- R. Oshima, et al., *Jpn. J. Appl. Phys.* **57** 08RD06 (2018).
- 大島隆治, 他, *応用物理* **89**, 333 (2020).
- R. Oshima, et al., *Crystals* **13** 370 (2023).
- Y. Shoji, et al., *Solar RRL* **6**, 2100948 (2022).

謝辞

本成果は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の委託業務(JPNP20015)の結果得られたものである。