

低コストHVPE法により作製した InGaP太陽電池の発光イメージ測定

南雲 大輔^{1,2}, 庄司 靖¹, 太野垣 健¹, 大島 隆治¹, 牧田 紀久夫¹, 岡野 好伸², 菅谷 武芳¹

1 産業技術総合研究所 ゼロエミッション国際共同研究センター,

2 東京都市大学

研究の目的

- III-V族太陽電池の製造コスト低減に向けて、HVPE (hydride vapor phase epitaxy)を用いた高速成膜技術が開発されている[1-3]。しかし、大型ウェファへの適用には、成膜の空間均一性が課題となっている[4]。また、太陽電池用Siウェファの評価には、蛍光(PL)イメージングが広く用いられている[5]。
- 本研究では
 - III-V族太陽電池ウェファにおける空間均一性を非接触で評価する手法として、PLイメージング測定を検討した。
 - EL測定を用いて、開放電圧などの太陽電池性能と電界発光(EL)強度についての関係[6,7]を調べ、これらとPL強度の関係解明を進めた。

先行研究: HVPEにおける空間不均一性[4]

先行研究(K. L. Schulte, W. Metaferia, J. Simon, A. J. Ptak, Sol. Energy Mater. Sol. Cells. **197**, 84 (2019).)において

- HVPEで作製されたGaAs太陽電池(ARCなし)の性能(開放電圧、短絡電流、効率)の2Dマップが評価され、ウェファ内での不均一性が報告されている。
- HVPEで作製された $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{P}$ 膜について、XRDにより評価した組成比 x についてウェファ内での不均一性が報告されている。

結果①: 太陽電池性能と発光特性

測定試料: InGaP太陽電池(ARCなし)
典型値 $J_{sc} = 10 \text{ mA/cm}^2$ 、 $V_{oc} = 1.37 \text{ V}$
FF = 0.86、変換効率 11.9%

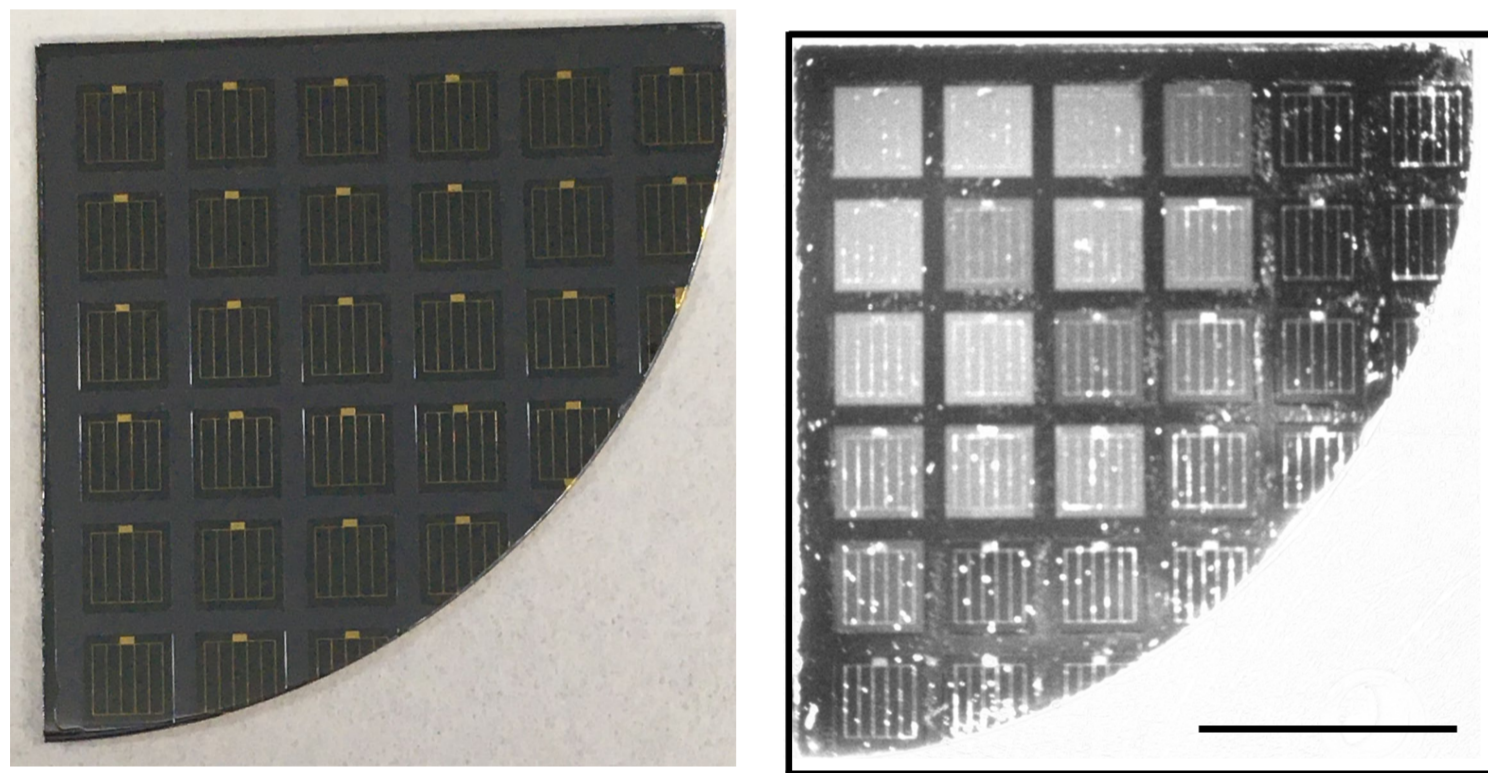


図1 InGaP太陽電池(左)とPLイメージ(右)。

青色光照射(白色LED+光学フィルタ)し、InGaPからの赤色発光をCMOSカメラで検出。

太陽電池性能とEL強度

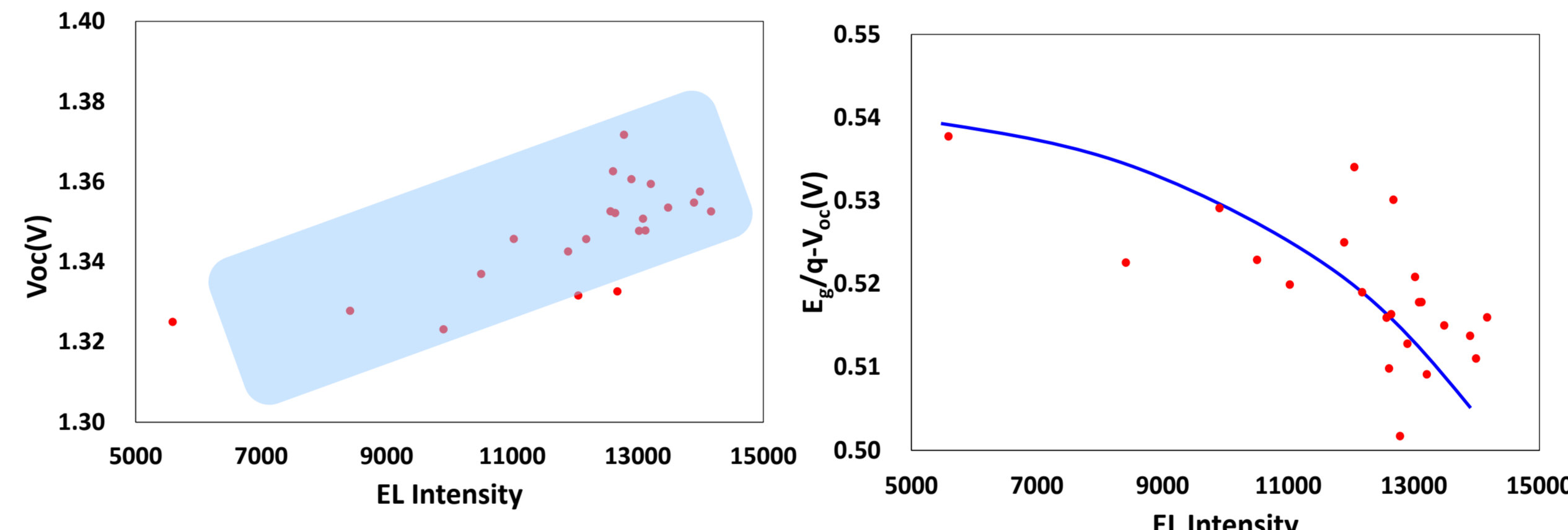


図2 開放電圧とEL強度(左)と電圧損失($E_g/q-V_{oc}$)とEL強度。

- EL強度が高いほど高い開放電圧を示す傾向が見られた。
- バンドギャップ(組成)の均一性を考慮しても、EL強度が高いセルにおいて、電圧損失が低減している傾向が見られた。

太陽電池性能とPL強度

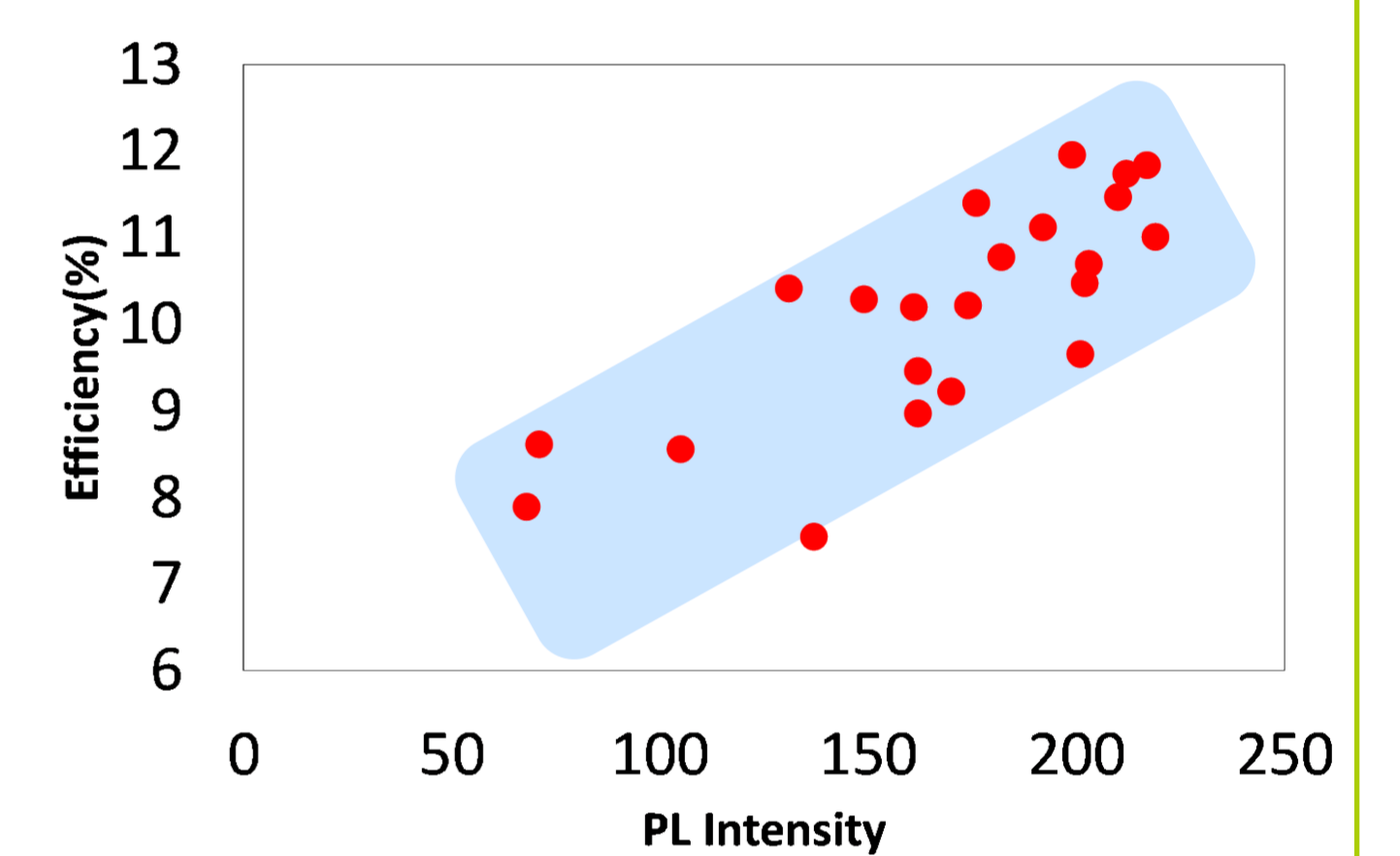


図3 太陽電池性能(変換効率)とPL強度。

PL強度が高い太陽電池ほど高い変換効率を示している傾向が見られた。

結果②: 空間均一性の検討

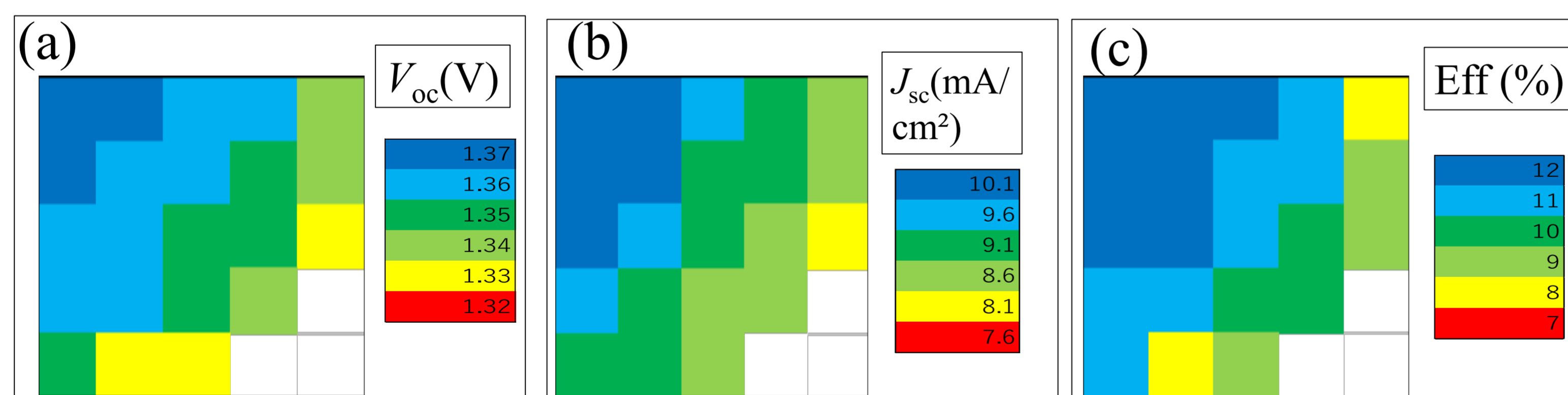
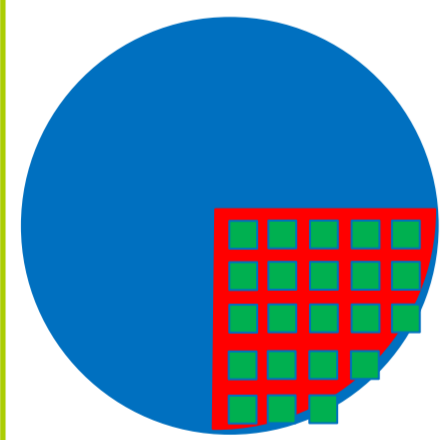


図4 InGaP太陽電池性能の2Dマップ (a)開放電圧、(b)短絡電流、(c)変換効率。

- PLイメージ(図1)に見られるように、ウェファが中心部から端に向かって、太陽電池性能の低下が見られた。

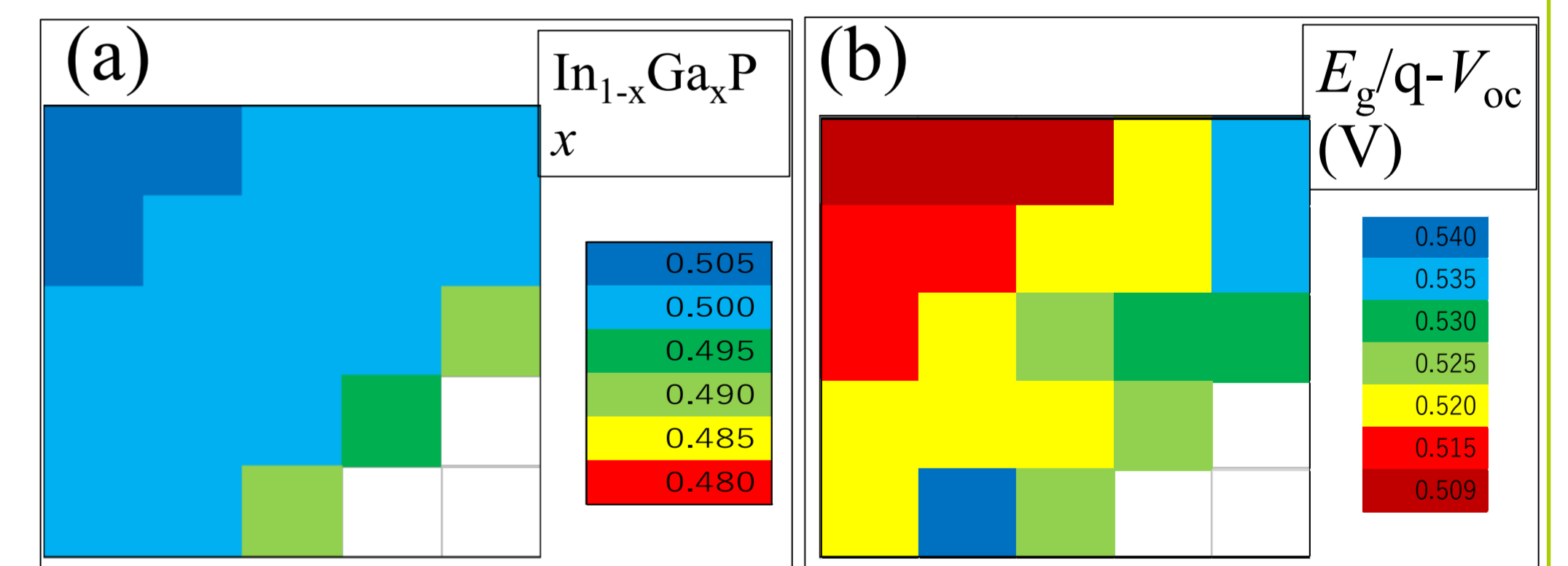


図5 (a) InGaP太陽電池の組成 x の2Dマップ(発光波長による評価)。(b) 電圧損失の2Dマップ。

$$\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{P} @ 300\text{K}: E_g = 1.351 + 0.643x + 0.786x^2$$

- ウェファ端側で電圧損失が大きくなった。

結論

- HVPEを用いて作製した太陽電池について、PL測定とEL測定を用いて太陽電池性能と発光測定との関係を調べ、PL強度・EL強度が大きい太陽電池ほど高い変換効率を示す傾向を見出した。
- PLマッピング測定を行い、太陽電池性能と発光特性の空間均一性に相関があることを見出した。ウェファ中心部から動径方向に向かって、性能が空間分布している傾向を見出した。

本研究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)によって得られた成果である。

参考文献

- W. Metaferia, K. L. Schulte, J. Simon, S. Johnston, and A. J. Ptak, Nat. Commun. **10**, 3361 (2019).
- Y. Shoji, R. Oshima, K. Makita, A. Ubukata, and T. Sugaya, Appl. Phys. Express **12**, 052004 (2019).
- R. Oshima, Y. Shoji, K. Makita, A. Ubukata, and T. Sugaya, IEEE J. Photovoltaics. **10**, 749 (2020).
- K. L. Schulte, W. Metaferia, J. Simon, A. J. Ptak, Sol. Energy Mater. Sol. Cells. **197**, 84 (2019).
- T. Trupke and P. Würfel., Appl. Phys. Lett. **89**, 044107 (2006).
- M. Yamaguchi, K.-H. Lee, H. Yamada, Y. Katsumata, Prog. Photovolt. Res. Appl. **26**, 543 (2018).
- U. Rau, Phys. Rev. B **76**, 085303 (2007).