

墨汁/Si接合型太陽電池の電気特性

島宗 洋介、神保 和夫

長岡工業高等専門学校

Email: shimamune@nagaoka-ct.ac.jp

1. 背景



■半導体製造プロセス開発に従事可能な人材育成が急務
■教育機関の授業や実験実習時間内で、簡単に入手可能な材料を用いて製造・評価可能な半導体デバイス教材が求められている。

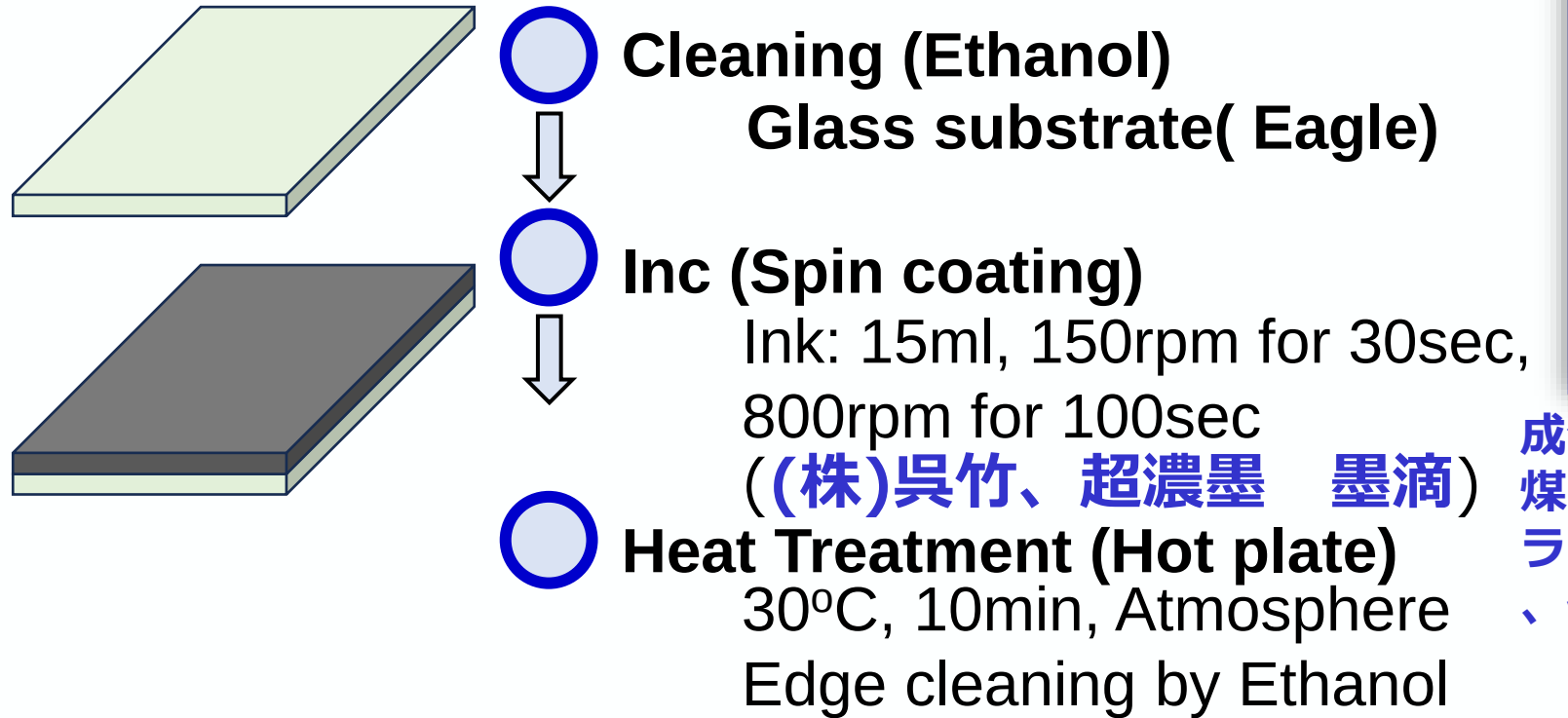
■2024年度長岡高専電気電子システム工学科の学生実験向けに短TAT(最短15min)で作成可能なカーボンブラック系墨汁/Si接合型太陽電池が開発された[1]。【課題】墨汁/Si接合型太陽電池特性の起源の解明や安定した製造プロセスが未確立

2. 目的

「墨汁/Si 接合型構造における太陽電池特性を明らかにし、性能改善の指針を得る」

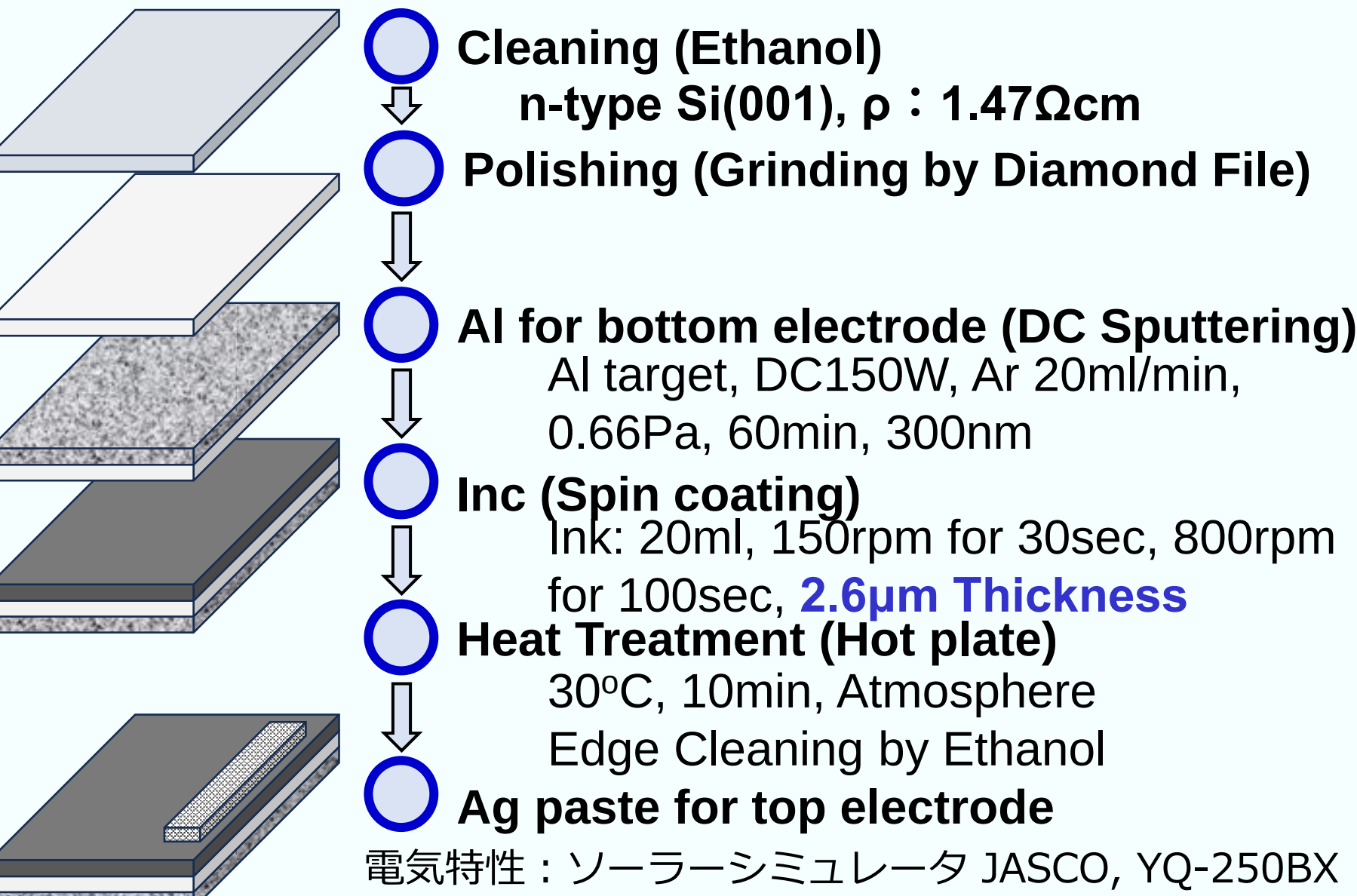
3. 実験方法

①墨汁シートの物性評価

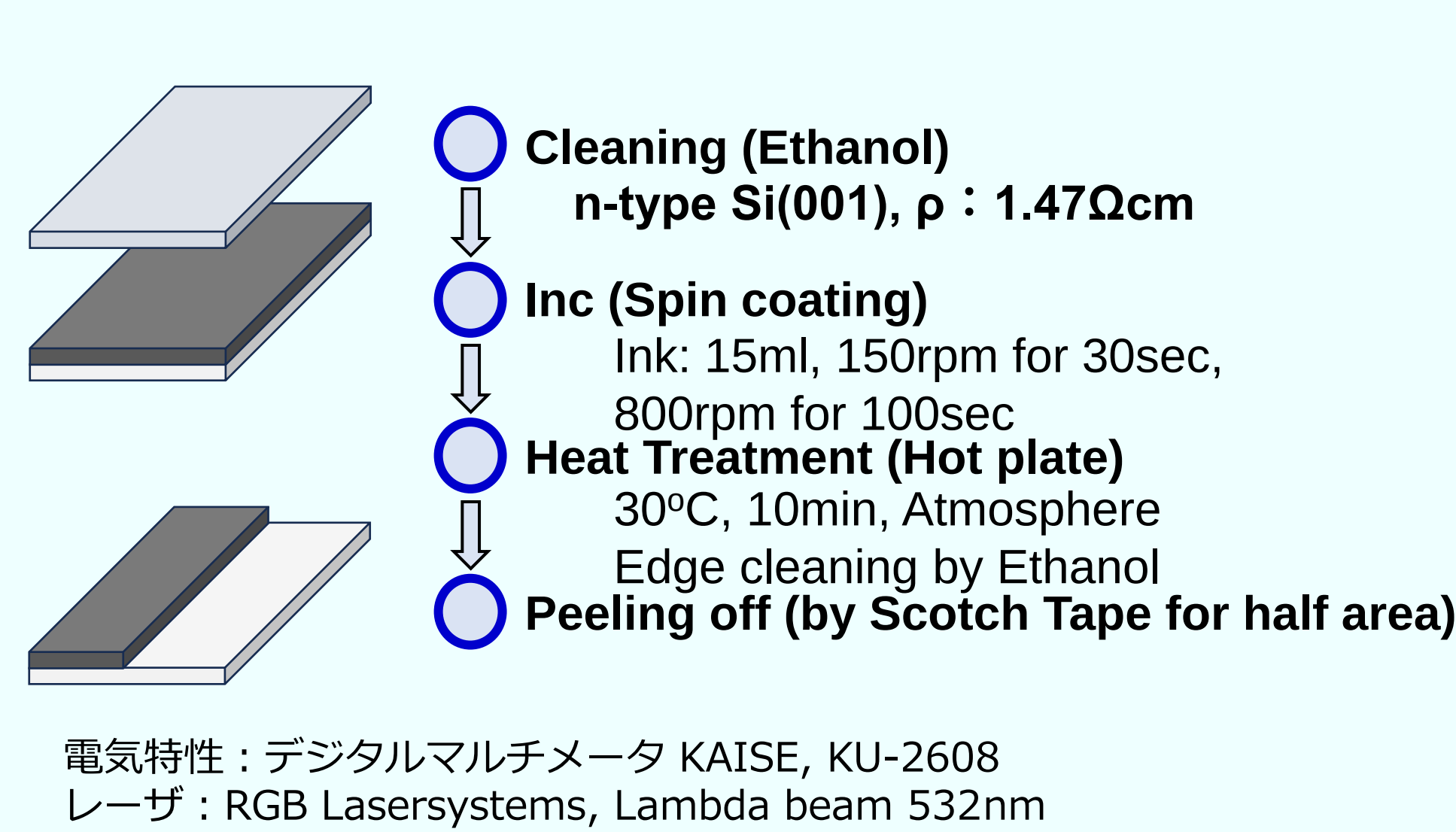


成分: 煤(カーボンブラック)、樹脂、香料
結晶構造評価: X線回折装置、RIGAKU, MiniFlex
光学特性評価: 可視紫外分光光度計 SHIMADZU SOLIDSPEC3700
膜厚評価: 走査型電子顕微鏡、JEOL IT500LA

②太陽電池試作評価



③太陽電池特性の光照射位置依存性



4. 結果と考察

①墨汁シートの物性評価

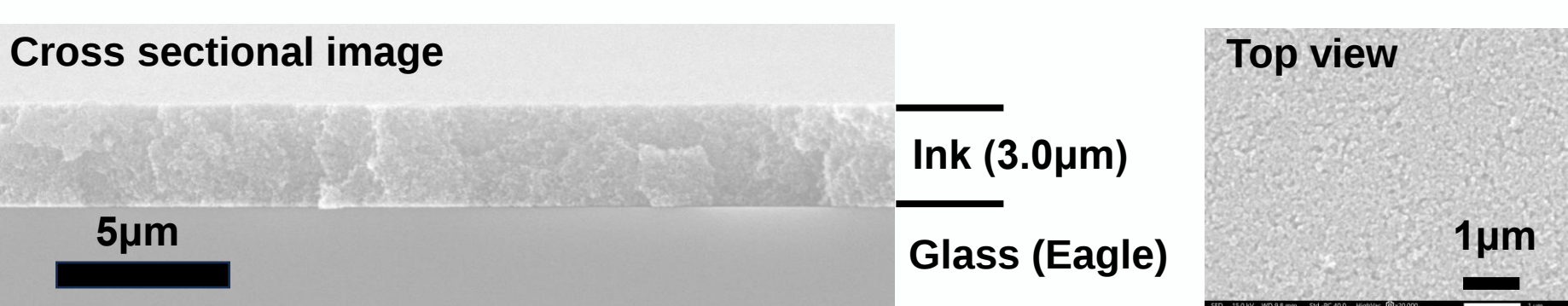


Fig.4:Cross sectional image and top view of ink film/Glass

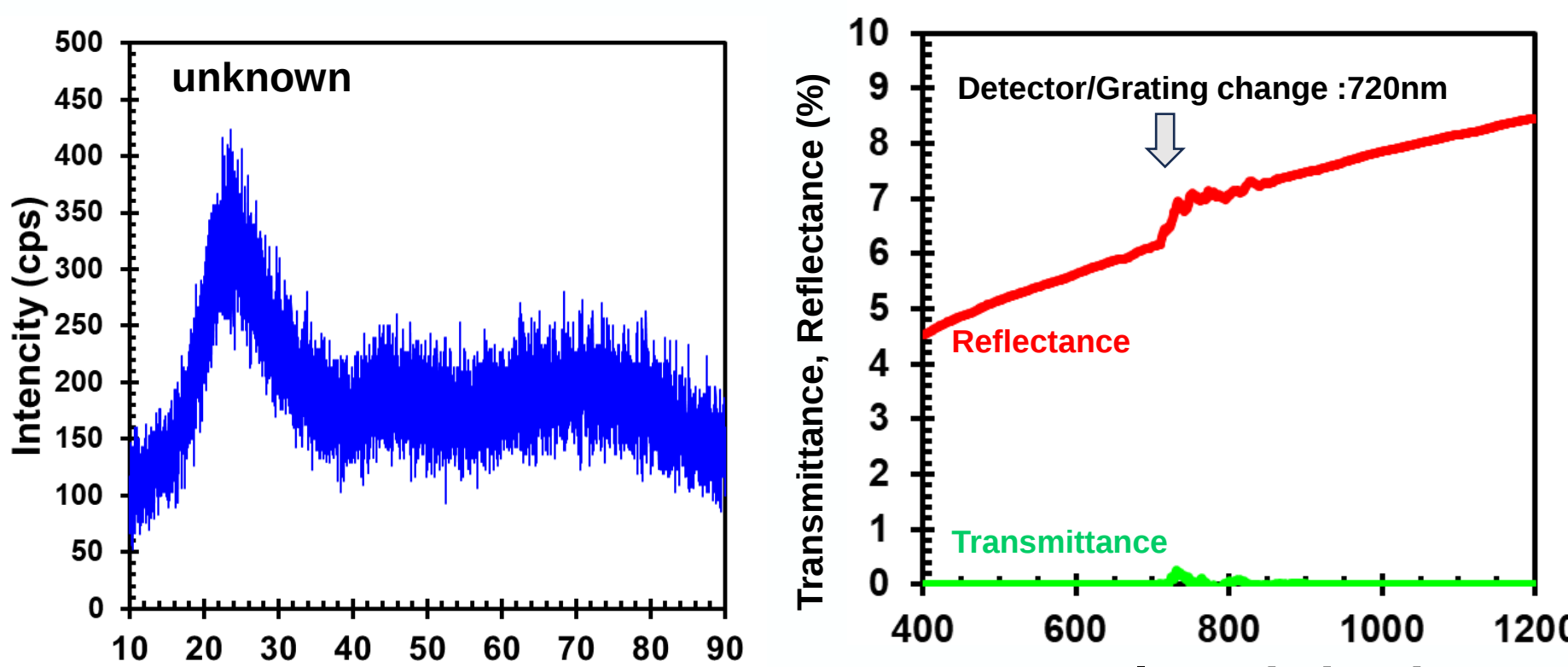


Fig.5:XRD pattern of ink film/Glass

・非常に小さい回折パターンを検出。結晶化の徴候が見られる。
・透過率がほぼ0。

②太陽電池試作評価

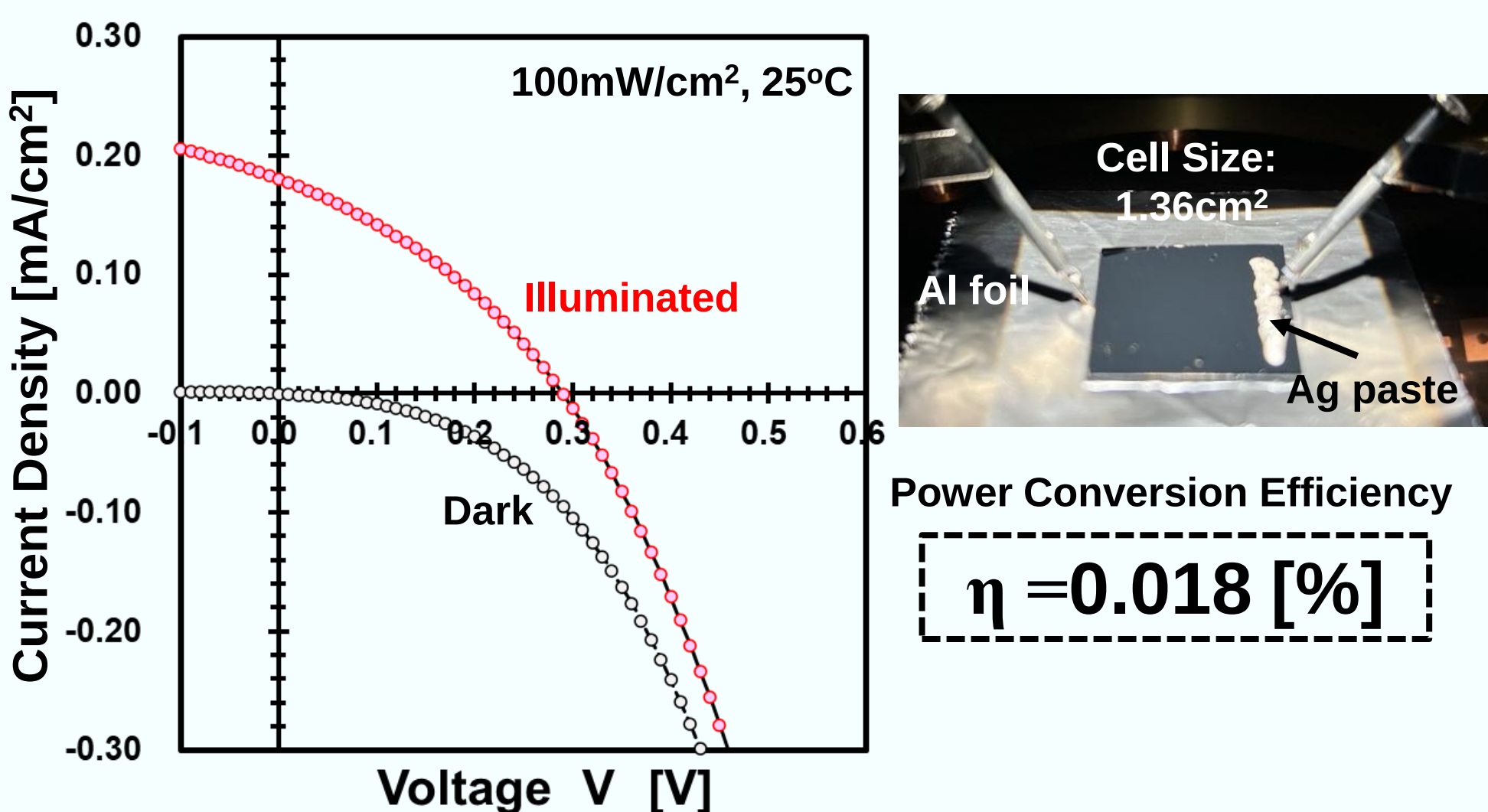


Fig.7:JV characteristics of Al/ink film/n-Si/Al stacked structure solar cell and photo image of the demonstrated solar cell.

Short Circuit Current Density J_{sc} [mA/cm²]	Open Circuit Voltage V_{oc} [mV]	Fil Factor FF [a.u.]	Series Resistance R_s [Ωcm²]	Shunt Resistance R_{sh} [Ωcm²]
0.18	290	0.339	893	3208

・墨汁シート/nSi基板積層構造で変換効率0.018%を達成。

③太陽電池特性の光照射位置依存性

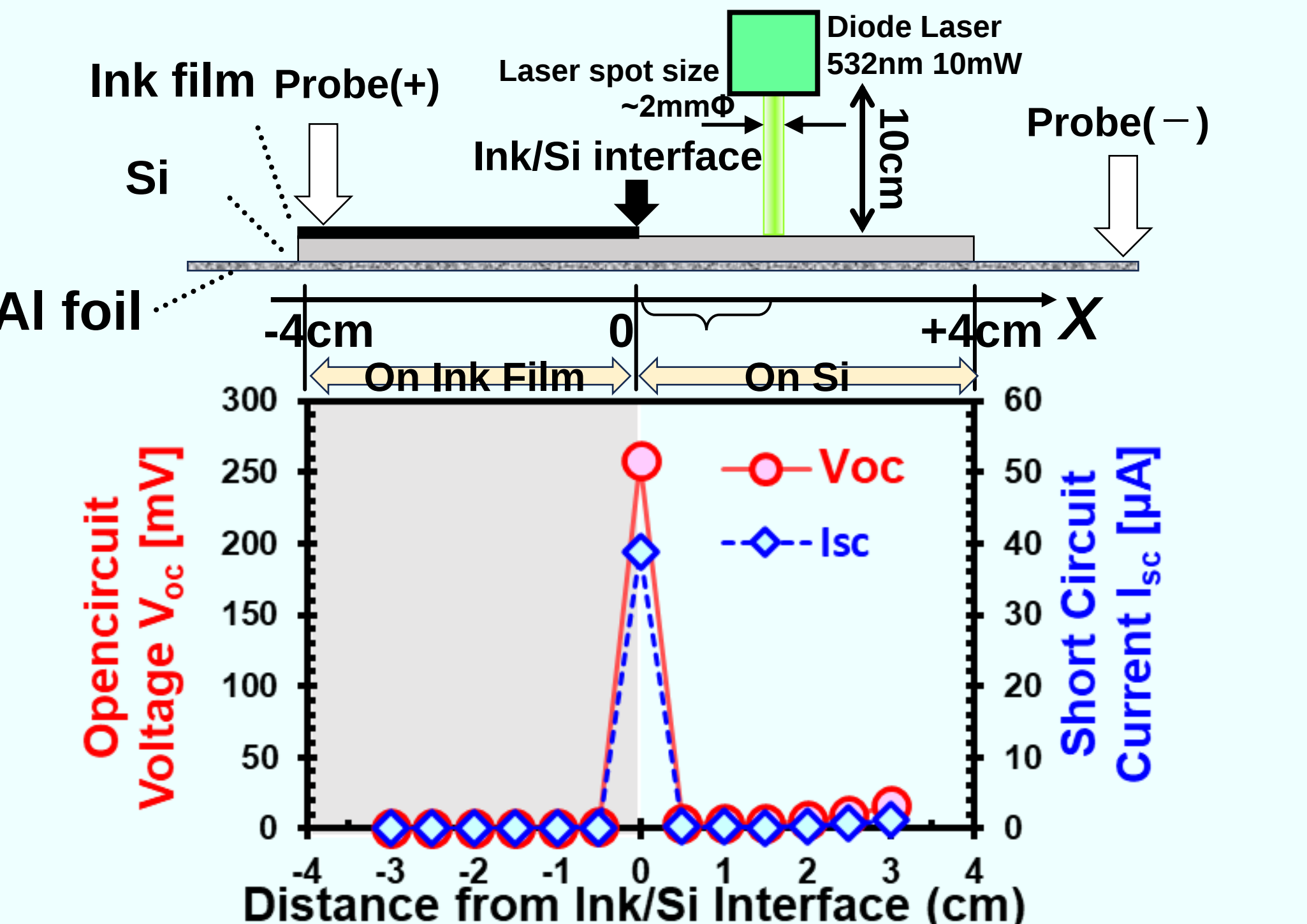


Fig.8: Dependence of open circuit voltage and short circuit current on the laser irradiation position

・光起電力は主に墨汁/Si境界部が寄与していると考えられる。

考察

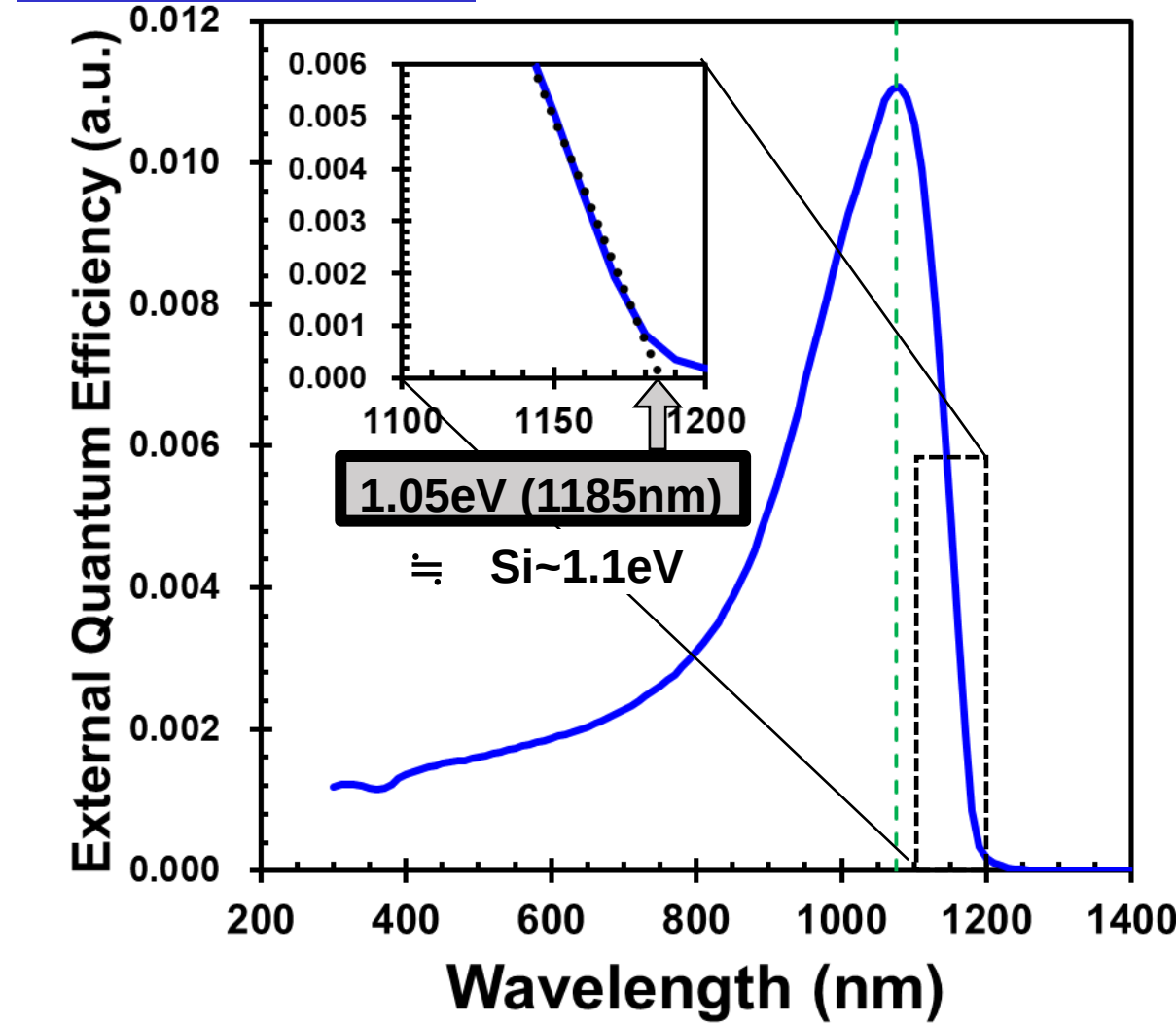


Fig.9: External Quantum Efficiency of ink film/n Si solar cell

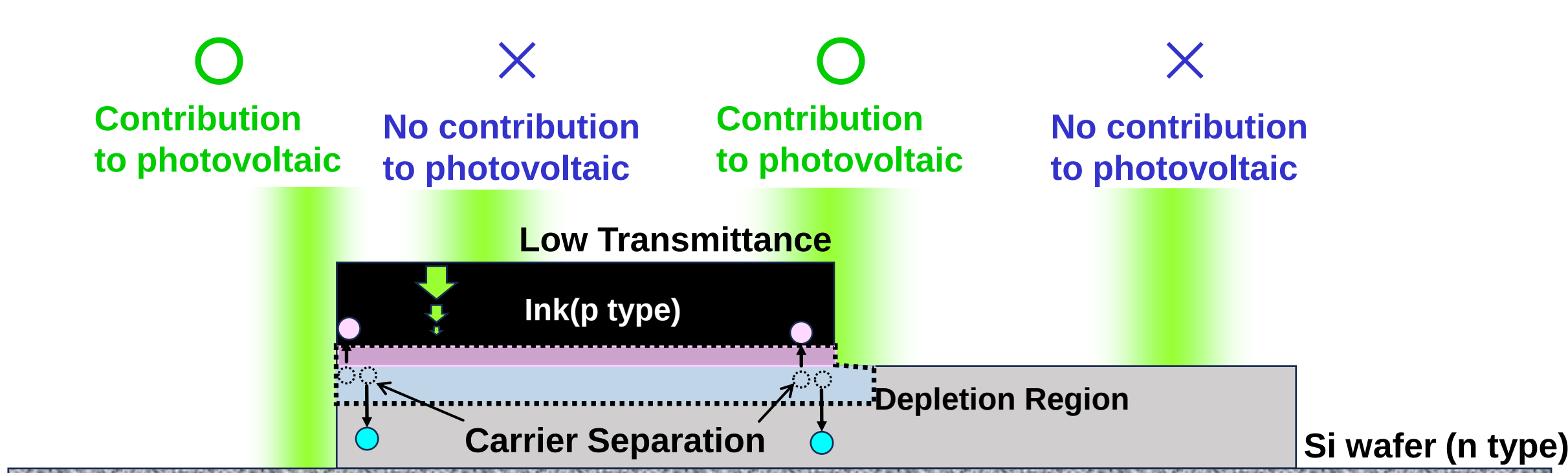


Fig.10: Suspected model of ink film/n Si substrate stacked structure solar cell.

・長波長側の吸収端が1185nm~1.05eVであり、Siのバンドギャップにほぼ等しい。
・1180nm~1.15eVよりも短い波長で外部量子効率が急激に減少する。
→墨汁シートが1075nm~1.15eV程度に吸収端を持ち、それよりも短波長側の光を吸収するが、キャリアとして出力できていないと推察。墨汁シート/Si接合界面においてSi側で収集する電子が光起電力の生成に寄与していると考えられる。

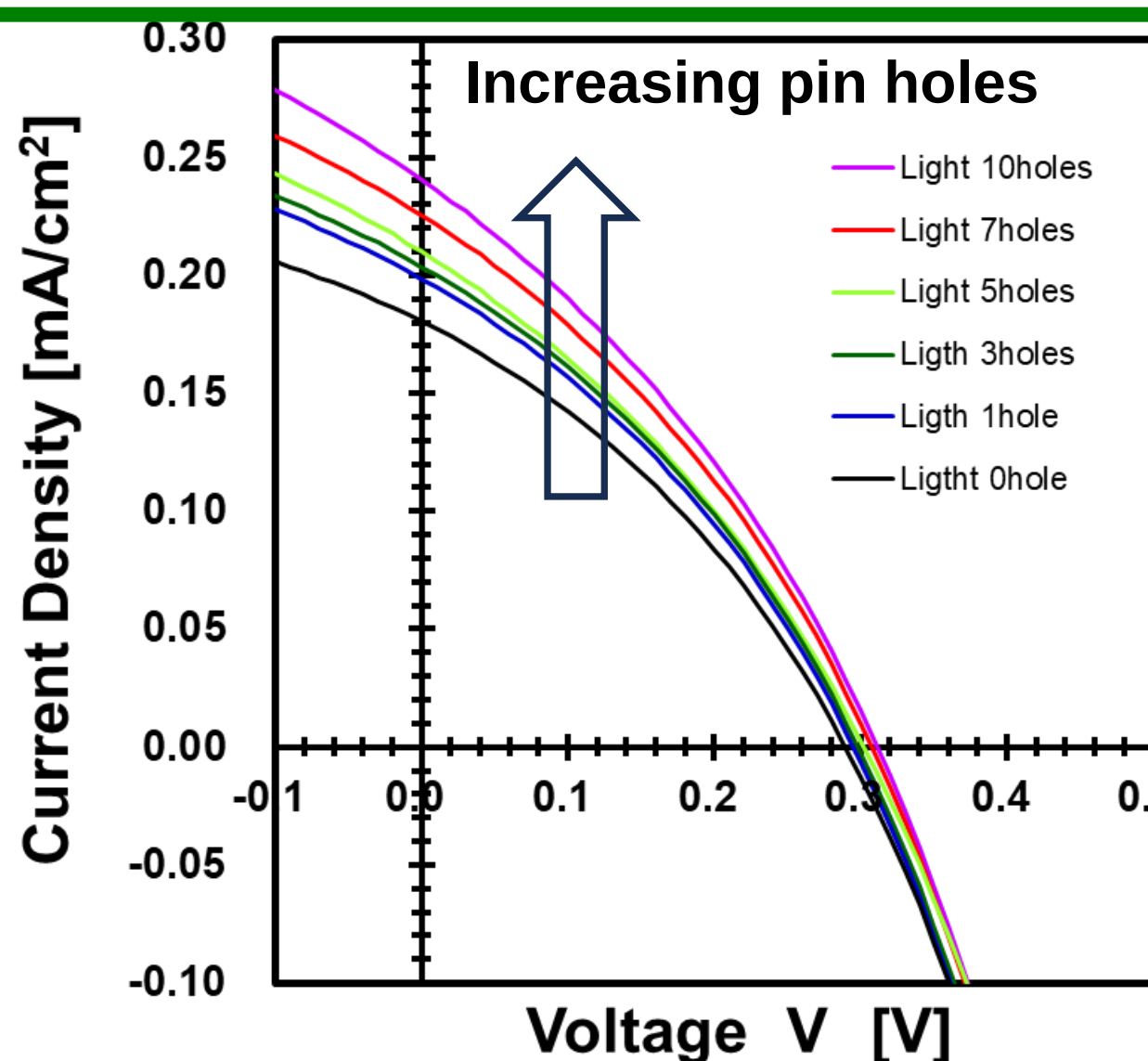


Fig.11: Dependency of the Pin hole number on the solar cell performance.

・墨汁表面上にピンセットでピンホール(<φ1mm)を開孔、Si露出箇所を増大。
・ピンホール開口数の増大に伴い電流が増加する。

5. まとめ

市販のカーボンブラック系墨汁とn型Si基板の積層構造において、変換効率0.018%を達成した。
墨汁表面へ入射する光は、光起電力に寄与せず、墨汁/Si界面への光照射によって光起電力が生成されることを明らかにした。

6. 参考文献

[1] 阿部葵、令和6年度電気学会高校生みらい創造コンテスト、令和7年2月5日、
(https://www.iee.jp/pes/award-student_r6/)

7. 謝辞

本研究は、一般財団法人佐々木環境技術振興財団の助成を受けて行いました。また、本研究の一部は、公益財団法人 内田エネルギー科学振興財団の助成を受けて行いました。本研究の分析評価の一部は、長岡工業高等専門学校 オープンソリューションセンターにおいて行われました。