

公益財団法人矢崎科学技術振興記念財団
理事長 殿

国際学術会議での研究発表を終えて帰国しましたので、下記の通り報告します。

2025 年 10 月 03 日

氏名 石山隆光
所属 数理物質系
職位 特任助教

1. 発表論文名

Fast and automatic analysis of time-evolution images using machine learning
(日本語訳:機械学習を用いた時間発展画像の高速自動解析)

2. 国際学術会議の名称

23rd International Vacuum Congress (IVC-23)

4. 国際学術会議の開催地(国、地名、会場名など)

オーストラリア、シドニー、Sydney Masonic Centre

5. 渡航期間

2025 年 9 月 15 日 ~ 2025 年 9 月 20 日

6. 国際学術会議発表の要旨

非晶質薄膜や多結晶薄膜の成長過程・構造変化を理解し適切に制御するには、核発生頻度や成長速度、さらには活性化エネルギーや頻度因子などの情報が不可欠となる。これらの情報は通常、真空中での材料形成後に「熱処理→観察→手作業での解析」を繰り返すことで得られてきたが、この方法は膨大な時間と労力を要し、測定者によるバイアスも生じやすい。本研究では、真空環境下での薄膜成長過程における時間発展画像を対象に、深層学習による高速かつ自動化された画像解析手法を提案した。本手法は Ge 薄膜の固相成長解析を例に実証したが、あらゆる真空プロセスや薄膜形成プロセスにおける表面・構造変化の時系列解析への汎用的応用が期待される (Fig. 1)。

本発表は IVC-23 の「Thin Films」セッションにおいて口頭発表として行われ、多くの研究者が聴講した。発表後の質疑応答では、「in situ の SEM 観察を行っているが、この手法を応用したい」といった具体的な応用要望や、「この研究は今の段階まで発展しているのか」といった進展状況に関する質問が寄せられた。

これらの反応から、本研究の汎用性の高さと将来的な発展への期待が示されたといえる。また、AI を活用した解析の自動化という観点から、他材料系への適用やリアルタイム解析への発展を期待する声も多く、今後の国際的な共同研究の可能性を感じさせる有意義な発表となった。

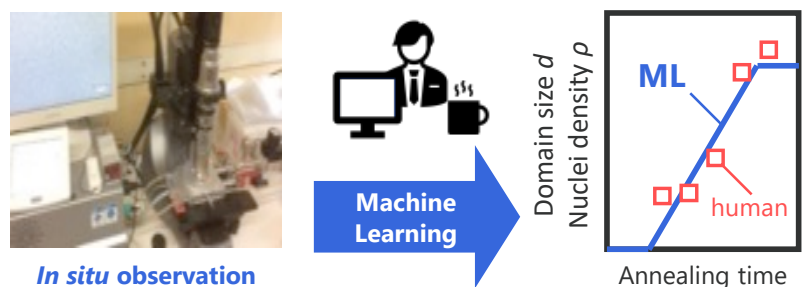


Fig. 1 Schematic of automated domain-recognition system.

7. 国大学術会議の動向

本学会(IVC-23)は、オーストラリア・シドニーにて2025年9月に開催された。COVID-19の影響を経て初めての完全対面形式での実施となり、実に6年ぶりとなる現地集合型の国際会議として注目を集めた。IVCシリーズはこれまで、ヨーロッパやアジア圏を中心に開催されることが多く、参加者数はおおむね1,500~2,500名規模で推移してきた。しかし今回のIVC-23は、南半球での開催であったこと、ならびに米国・欧州からの移動負担の大きさ、さらにはポストパンデミック期における国際渡航コストの高騰なども影響し、参加者はおよそ300名程度にとどまった。会議関係者によれば、招待講演者を含む複数の発表者が直前に渡航を取りやめる事例もあり、セッションごとに午前・午後1件程度の発表キャンセルが散見された。

また、開催地についても当初の予定会場からSydney Masonic Centreへと急遽変更されるなど、準備段階における調整が行われた形跡が見られた。会場は市中心部に位置し、アクセスや設備面は良好であったが、一部セッションでは参加者数に対して会場規模がやや大きく、空席が目立つ場面もあった。もっとも、参加者の多くが活発に質疑応答を行い、聴講者の関心や専門性の高さが感じられた。少人数ながら密度の高い議論が展開された会議であり、形式的な発表よりも実質的な研究交流を重視する雰囲気が形成されていたといえる。

分野別に見ると、Thin Films, Surface Science, Nanostructures, Vacuum Technologyといった従来の中核分野に加え、AI・データサイエンスを活用した解析や自動化・インフォマティクス的アプローチを主題とする発表が増加していた点が印象的であった。発表者間の討論では、「実験装置とAI解析をどのように統合するか」、「リアルタイム解析によってプロセス制御をどこまで自律化できるか」といったトピックが頻繁に取り上げられた。本発表(筆者の登壇)を含むThin Filmsセッションにおいても、「in situ SEM観察への応用を検討したい」といった具体的なフィードバックや、「この手法は今後どの段階に発展しているのか」といった進展状況への質問が寄せられるなど、研究の汎用性と発展性に対する関心が高かった。これらの質疑は、単なる技術的興味に留まらず、参加者が自らの研究環境に手法を導入することを前提とした実践的な対話であり、発表の意義が国際的にも認識されたことを実感した。

過去のIVCと比較すると、今回のIVC-23は参加者数こそ小規模であったが、その分、各セッションでの議論はより濃密で、発表者・聴講者間の距離が近いことが特徴であった。学会運営も効率的かつ柔軟であり、各分野のセッションチェアが自発的に進行を工夫するなど、アットホームな運営体制が見られた。特にオセアニア地域の研究者が積極的に発表・討論を行っており、地域的にはアジア・太平洋圏を中心としたネットワーク形成の一助となったと考えられる。また、世界的に真空科学の応用領域が多様化する中、IVC-23では従来の真空・薄膜技術を核としつつも、AI、データ駆動型材料研究、表面構造解析などとの連携が顕著であった。これは、コロナ禍を経た研究スタイルの変化を反映したものであり、計測の自動化やデータ解析の効率化を通じて、研究開発サイクルを加速させる試みが世界的に進展していることを示唆している。

総じて、IVC-23は参加者規模の縮小という課題を抱えながらも、内容面では非常に充実した会議であり、薄膜分野におけるデータ駆動型研究の重要性を再確認する機会となった。物理的距離の制約を超えた議論の質の高さや、AI・インフォマティクスを活用した新しい真空科学の方向性が提示された点は、次回以降のIVC及び関連分野の発展に向けて大きな意義を持つといえる。

以上

Fast and Automatic Analysis of Time-Evolution Images using Machine Learning

Takamitsu Ishiyama¹

Takashi Suemasu¹ and Kaoru Toko¹

¹ University of Tsukuba

Body of the Abstract

To address the question of how to grow high-quality thin films, numerical research has been conducted to understand and control various crystal growth techniques. Solid-phase crystallization (SPC) is the oldest and most representative synthesis method in which crystallization is induced by annealing an amorphous thin film. Recently, SPC has been in the spotlight because it provides extremely high carrier mobility of Ge-based materials even with low-temperature annealing, leading candidates for replacing Si. To understand and discuss the SPC of a system, it is important to observe the phase transition from amorphous to crystalline, determine the lateral growth velocity and nucleation frequency of the crystalline domains, and determine the activation energies and frequency factors. These physical properties have been obtained by repeating annealing of samples and conducting *ex-situ* observations and manual analyses. However, this process is time-consuming, labor-intensive, and inevitably subject to systematic errors among measurers. Materials informatics is an interdisciplinary field of machine learning (ML) and materials engineering and is a new approach based on experiments, theory, and computation. Although the need for fast analysis and subjective removal is high, the application of ML to micrograph recognition is still limited. The main reason for this is that collection of micrographs, which serves as training data, requires an enormous amount of effort. In this study, an automated analysis technique was developed for SPC properties using fake micrographs automatically generated within a few minutes as ML training data and an *in-situ* annealing observation system (Figure). Using the recognition of the SPC process of high-carrier-mobility Ge as an example, we demonstrated that ML can recognize crystal domains in *in-situ* micrographs through learning of fake micrographs. The proposed technique not only reduces the time and human effort required to derive SPC properties, it also enhances accuracy by eliminating human subjectivity.

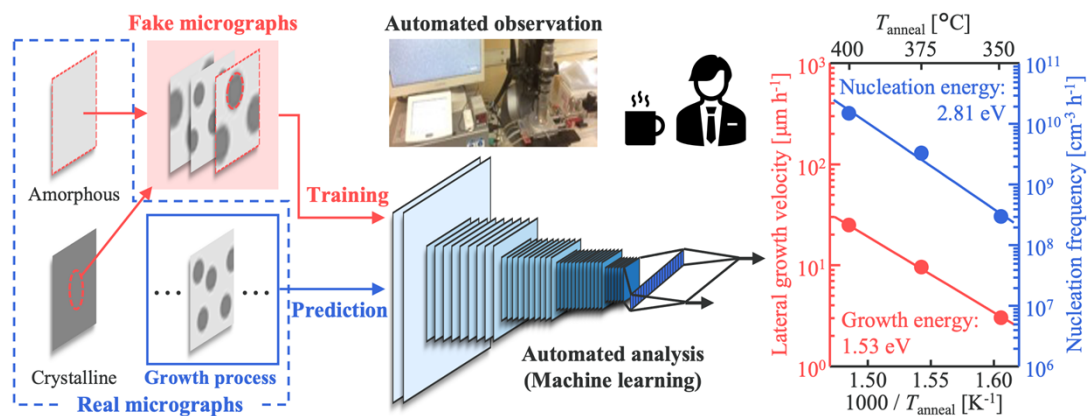


Figure 1. Schematic of the workflow for deriving physical properties of solid-phase crystallization.