

ATRIA

Automated Twin foR semiconductor mAnufacturing

Programm / Ausschreibung	DST 24/26, DST 24/26, Austria-Canada Eureka Call on AI	Status	laufend
Projektstart	01.12.2025	Projektende	30.11.2028
Zeitraum	2025 - 2028	Projektlaufzeit	36 Monate
Projektförderung	€ 994.183		
Keywords	Hybrid AI, Digital Twin, Physics-informed learning, Process optimization, Semiconductor Manufacturing		

Projektbeschreibung

In Halbleiterfabriken werden Hunderte von Fertigungsschritten durchgeführt, um leistungselektronische Bauteile mit verschiedenen Anlagen wie Epitaxie-, Lithografie- und Wärmebehandlungsanlagen herzustellen. Jeder Schritt ist mit einer Reihe von Prozessanweisungen (Unit Process Instructions, UPIs) verbunden, in denen die Parameter der Anlagenkonfiguration, benötigte Materialien und Bedieneraktionen festgelegt sind, um das gewünschte Ergebnis zu erreichen. Eine UPI für die Epitaxie bestimmt z.B. das Wachstum bestimmter kristalliner Schichten auf Wafern. Diese UPIs sind in Prozessabläufe organisiert, die den Herstellungsprozess für bestimmte Galliumnitrid (GaN) oder Siliziumkarbid (SiC) Produkte beschreiben. Die Optimierung der UPIs für bestimmte Produkte und Anlagen und deren Harmonisierung über verschiedene Prozessabläufe hinweg ist wichtig für die Verbesserung der Ausbeute, Verringerung des Energie-/Materialverbrauchs und Abfalls, Erreichen nachhaltiger Fertigungspraktiken und eine schnellere Markteinführung von Leistungselektronik-Anwendungen.

Das ATRIA-Projekt zielt darauf ab, diese Herausforderungen für GaN-Epitaxie-Anlagen mit hybrider KI zu bewältigen, die heuristische Suche und physikalische Modelle mit Deep Learning und Reinforcement Learning-Ansätzen kombiniert. Dieser Ansatz ermöglicht: 1) Methoden zur Erstellung digitaler Zwillinge zu erforschen, die auf der Artikulation und Formalisierung des Domainwissens und Semantik physikalisch informierter Prozesse basieren; 2) neuartige Planungsmethoden zu entwickeln, um bestehende UPIs zu verbessern und neue UPIs zu definieren sowie über Prozessabläufe hinweg zu harmonisieren. Die Ziele von ATRIA sind:

Ziel 1: Entwicklung von digitalen Zwillingen für GaN-Epitaxie-Anlagen, anhand hybride KI-Methoden, einschließlich semantischer Wissensmodelle, die physikalisch informiertes Lernen unterstützen und Domainwissen mit datengesteuerten Modellen kombinieren. Diese ermöglicht virtuelle Experimente/Optimierungen und die präzise Simulation von Fertigungsprozessen, ohne die realen Produktionslinien zu stören

Ziel 2: Optimierung von UPIs für Epitaxie-Analgen durch Kombination von heuristischer Such und Deep Reinforcement Learning. Diese hybride Methode ermöglicht effiziente Erkundung hochdimensionaler Parameterräume und Suche nach optimalen Anlagenkonfigurationen/Prozessparametern, um Ausbeute und Ressourceneffizienz zu erhöhen

Ziel 3: Harmonisierung der Prozessabläufe, um UPIs in verschiedenen Szenarien zu analysieren und standardisieren. Dies umfasst die Integration automatischer Planungsmethoden mit Deep Learning für Prozessflussdesign um Rekonfigurationskosten zu minimieren und Produktionseffizienz zu steigern

Das Ergebnis von ATRIA ist ein Proof-of-Concept-System, das die Machbarkeit hybrider KI für die Optimierung von GaN-Epitaxie-Prozessen demonstriert und zur Weiterentwicklung der Halbleiterproduktion im hart umkämpften Markt beiträgt. Hochentwickelte digitale Zwillinge für virtuelle Experimente werden den Bedarf an kostspieligen physischen Versuchen reduzieren und eine nachhaltige Produktion unterstützen. Das expertenzentrierte Design von Optimierungs- und Planungsalgorithmen wird die Transparenz der erzielten Lösungen durch die Integration von Fachwissen und fortschrittlichen KI-Techniken sichern. Das Projekt stärkt die internationale Vernetzung, durch die Zusammenarbeit zwischen Österreich und Kanada und treibt die KI-Forschung und Wissenstransfer in einem transnationalen Kontext voran.

Abstract

Semiconductor front-end fabs perform hundreds of manufacturing steps to produce power electronic devices using various equipment, such as e.g. epitaxy, lithography, and thermal processing tools. Every step is associated with a set of Unit Process Instructions (UPIs) specifying tool configuration parameters, required materials, and operator actions needed to achieve desired outcomes. For example, an epitaxy UPI determines the growth of specific crystalline layers on a wafer. These UPIs are organized into sequences (process flows) describing the entire manufacturing process for a given gallium nitride (GaN) or silicon carbide (SiC) product. Optimization of UPIs for particular products and tools, and harmonization of UPIs across various process flows, is critical to improving yield, reducing energy/material consumption and waste, achieving sustainable manufacturing practices, and a faster time to market for power electronic applications.

The ATRIA project aims to address these challenges for GaN epitaxy tools with hybrid AI that combine heuristic search and physics models with deep learning and reinforcement learning approaches. The approach will allow the consortium to: (1) research digital twin creation methodologies based on articulating and formalizing domain knowledge and semantics of physics-informed processes; and (2) develop novel planning methods to enhance existing and define new UPIs, as well as to harmonize them across process flows. ATRIA's main goals are:

Goal 1 - Development of Digital Twins for GaN Epitaxy Tools. ATRIA will develop high-fidelity digital twins of epitaxy tools by leveraging hybrid AI methods, including semantically enriched knowledge models that support physics-informed learning and combine domain knowledge with data-driven models. These digital twins will help to research ways to simulate manufacturing processes with high precision, enabling virtual experimentation and optimization without disrupting real-world production lines.

Goal 2 - Optimization of UPIs. The focus is on optimizing UPIs for epitaxy tools by combining heuristic search with deep reinforcement learning. This hybrid methodology will enable the efficient exploration of high-dimensional parameter spaces, guiding the search for optimal tool configurations and process parameters to enhance yield, reduce costs, and improve resource efficiency.

Goal 3 - Harmonization of Process flows. ATRIA targets to harmonize process flows by analyzing and standardizing UPIs across different scenarios. This involves the integration of automatic planning methods with deep learning for the process flow design to minimize reconfiguration costs, improve consistency, and enhance the overall efficiency of manufacturing operations.

The ATRIA outcomes will include a proof-of-concept system demonstrating the feasibility of hybrid AI for optimizing GaN epitaxy processes, thus ultimately contributing to the advancement of semiconductor manufacturing in this highly competitive market. Sophisticated digital twins for virtual experimentation will reduce the need for costly physical trials and

support sustainable manufacturing. The expert-centered design of optimization and planning algorithms will ensure transparency of obtained solutions by integrating domain expertise with advanced AI techniques. The project strengthens international networking by fostering collaboration between Austria and Canada, advancing AI research and knowledge transfer in a transnational context.

Projektkoordinator

- Infineon Technologies Austria AG

Projektpartner

- Universität Klagenfurt
- Research Studios Austria Forschungsgesellschaft mbH