

RPTScheduler

RPTScheduler: A Scheduling Algorithm for Semiconductor Reliability Testing Labs

Programm / Ausschreibung	FORPA, Forschungspartnerschaften NATS/Ö-Fonds, InDiss FZOE 2022	Status	laufend
Projektstart	01.03.2023	Projektende	28.02.2026
Zeitraum	2023 - 2026	Projektlaufzeit	36 Monate
Keywords	Scheduling, Partial Rescheduling, Disruptive Events, Mathematical Optimization, Multi-Objective Function, Power Semiconductors, Reliability Testing		

Projektbeschreibung

In der Halbleiterindustrie führen die sogenannten Reliability Product Testing (RPT)-Labore Produktqualifizierungstests, Produktüberwachungstests und Tests zur Technologieentwicklung durch. Für all diese Tests werden Hightech-Geräte und speziell ausgebildetes Personal benötigt. Derzeit wird die komplexe Zuordnung der erforderlichen Tests zu den jeweiligen Geräten und deren Bedienern manuell geplant. Es wird erwartet, dass die Halbleiterindustrie in den nächsten Jahren weiter an Volumen und Vielfalt zunehmen wird, so dass der Ansatz der manuellen Planung kaum in der Lage sein wird, den erhöhten Testaufwand und die Komplexität zu bewältigen, was zu einem hohen Risiko von Engpässen, längeren Leerlaufzeiten und verpassten Terminen führt. Kurz gesagt: Mit dem derzeitigen Planungsansatz kann die effiziente Nutzung der vorhandenen Ressourcen nicht garantiert werden.

Die voraussichtlichen Herausforderungen bei der Ablaufplanung in RPT-Laboren können mit Mathematik und Daten bewältigt werden. Eine Machbarkeitsstudie mit einem reduzierten Datensatz bestätigte, dass eine Variante des Multi-Ressourcen Job Shop Scheduling Problems (MRJSSP), die auf dem makespan als Zielfunktion basiert, ein guter Ausgangspunkt für die Lösung des vorgestellten Problems ist. Der in der Machbarkeitsstudie untersuchte optimale Ablaufplan ist statisch, aber in der Realität muss sich ein Ablaufplan dynamisch an störende Ereignisse in einem Labor anpassen, z. B. begrenzte Ressourcenverfügbarkeit, Maschinenausfälle, Krankheitsausfälle usw.

Im theoretischen Teil dieser Doktorarbeit werden partielle Umplanungsansätze untersucht, die in der Lage sind, mit störenden Ereignissen umzugehen und die Stabilität der Arbeitsabläufe zu gewährleisten. Außerdem werden verschiedene Zielfunktionen und Mehrzielfunktionen erforscht, denn die bekannte Zeitspannenoptimierung für JSSPs reicht nicht aus, da auch Anforderungen wie die Minimierung von Verspätungen oder die Maximierung der Maschinenauslastung berücksichtigt werden müssen.

Der praktische Teil der Doktorarbeit konzentriert sich auf die Anwendung der theoretischen Lösungen und des Know-hows in den RPT-Laboren von Infineon Technologies. Dieser Teil umfasst die Analyse und Vorverarbeitung der realen Labordaten, die Implementierung einer datengesteuerten Planungsroutine, die die Komplexität in den RPT-Laboren abdeckt (der "RPT-Scheduler"), und die Entwicklung eines digitalen Zwillings zur Simulation und Bewertung der Leistung des „RPT-Schedulers“ in Bezug auf verschiedene dynamische Ereignisse und stochastiche Störungen.

Durch die Entwicklung einer mathematikbasierten optimalen Planungsroutine für die Ablaufplanung können die RPT-Labore

alle Vorteile der datengesteuerten Planung nutzen. Sie können dynamisch auf störende Ereignisse reagieren, Ressourcen nachhaltig nutzen und so mit der steigenden Nachfrage und Produktvielfalt der Halbleiterindustrie fertig werden.

Abstract

In the semiconductor industry, Reliability Product Testing (RPT) laboratories conduct product qualification tests, product monitoring tests and tests accompanying technology development. All of these tests require high-tech equipment and specially trained operators. Currently, the complex allocation of required tests to the respective equipment and operators is scheduled by domain experts in a manual way. In the next years, the semiconductor industry is expected to continue its growth in volume and diversity and thus, manual scheduling will hardly be capable to deal with the increased testing effort and complexity, leading to a high risk of creating bottlenecks, longer idle times and missed deadlines. In a nutshell, with the current scheduling approach, the efficient use of given resources cannot be guaranteed.

The foreseen scheduling challenges in RPT labs can be tackled with mathematics and data. A feasibility study on a reduced set of data confirmed that a variant of the multi-resource job-shop scheduling problem (MRJSSP) based on the makespan as objective function is a good starting point to solve the presented problem. The optimal schedule investigated in the feasibility study is static, but in reality, a schedule needs to dynamically adapt to disruptive events in a lab, e.g. limited resource availability, machine breakdown, sick leaves, etc.

In the theoretical part of this PhD, partial-rescheduling approaches, which are capable to deal with disruptive events and ensure stability regarding workflows, will be investigated. Additionally, different objective functions and multi-objective functions are researched, because the well-known makespan optimization for JSSPs is not sufficient since requirements like the minimization of job tardiness or the maximization of machine utilization need to be considered as well.

The practical part of the PhD focuses on the application of the theoretical solutions and know-how in the RPT labs from Infineon Technologies. This part includes the analysis and pre-processing of the real lab data, the implementation of a data-driven scheduling routine covering the complexity in the RPT labs (the "RPT Scheduler") and the development of a digital twin to simulate and evaluate the performance of the RPT scheduler with regard to different dynamic events and stochastic disruptions.

By developing a mathematics-based optimal scheduling routine for the test planning, RPT labs can take advantage of all the benefits of the data-driven planning. They can react dynamically to disruptive events, utilize resources sustainably, and thus cope with the increase in demand and product diversity of the semiconductor industry.

Projektpartner

- KAI Kompetenzzentrum Automobil- und Industrieelektronik GmbH