

HiPerCycle

High performance polymers for recyclable analytical chips

Programm / Ausschreibung	Produktion der Zukunft, PdZ - 2021 Nationale Projekte	Status	abgeschlossen
Projektstart	01.05.2022	Projektende	30.09.2025
Zeitraum	2022 - 2025	Projektlaufzeit	41 Monate
Keywords	vitrimers, microfluidics, recycling, UV imprinting and multilayer lamination, R2R manufacturing		

Projektbeschreibung

High performance polymer materials for recyclable analytical chips - HiPerCycle

Analytische Chips haben ein breites Anwendungsspektrum z.B. in der chemischen, medizinischen und Umwelt-Analytik und ermöglichen eine Miniaturisierung und Vereinfachung der Messverfahren. Sie werden im Forschungsgebiet der Mikrofluidik intensiv untersucht -nicht zuletzt aufgrund der aktuellen Nachfrage nach Schnelltests im Zuge der Covid-19-Krise. HiPerCycle befasst sich primär mit dem Bedarf für neue nachhaltige Hochleistungsmaterialien, wobei der Schwerpunkt auf funktionellen UV-härtbaren Materialien und deren Verarbeitung auf Folienträgern liegt.

Grundidee von HiPerCycle ist die Erforschung einer neuen Klasse von UV-prägbaren Polymermaterialien und deren Weiterentwicklung zu Basismaterialien für die hoch-effiziente Rolle-zu-Rolle-Verarbeitung. Die Materialien der Wahl sind so genannte Vitrimere, die thermoaktivierte Bindungsaustauschreaktionen eingehen. Dieses Merkmal verleiht Vitrimern einzigartige Eigenschaften: (i) sie lassen sich z. B. durch UV-Prägung strukturieren und ermöglichen eine höhere chemische Stabilität als Thermoplaste, (ii) sie sind kompatibel mit thermischen Nachbearbeitungsschritten, z. B. zur Selbstheilung und zum Verbinden von Materialien (im Gegensatz zu konventionellen vernetzten Polymeren) und (iii) sie ermöglichen eine verlustarme Zerlegung von Verbundwerkstoffen und somit die Rückgewinnung der Basismaterialien -die Grundlage für ein effizientes Recycling von Multimaterialprodukten. Um die Effizienz des Verarbeitungsprozesses zu verbessern und den Anforderungen einer Rolle-zu-Rolle-Strukturierung gerecht zu werden, wird das lithographische Mehrschicht-Mastering mikrofluidischer Strukturen auf Größen von bis zu 14 Zoll skaliert. Auf der Materialseite konzentrieren sich die Forschungsaktivitäten darauf, qualitativ hochwertige UV-NIL-Replikation, thermische Laminierung und Zersetzung sowie die Kompatibilität mit chipbasierten analytischen Anwendungen zu erreichen. Die Leistungsfähigkeit des Ansatzes wird anhand folien-basierter mikrofluidischer Chips gezeigt, ein Fallbeispiel von hoher Relevanz, da analytische Chips oft aus verschiedenen Materialien bestehen (hier Trägerfolie, UV-härtbare Vitrimere, Silberelektroden) und als Verbrauchsmaterialien meist nach wenigen Messungen entsorgt werden. Einfache Vitrimer-basierte Zerlegungsverfahren werden hier das Recycling und die Rückgewinnung der Ausgangsstoffe für eine Kreislaufwirtschaft fördern. Die Vorteile von Vitrimern und Herstellungsmethoden werden mittels Lebenszyklusanalyse bewertet, die sich auf die Treibhausgasemissionen im Vergleich zu etablierten Materialien und Methoden fokussiert.

Die erwarteten Ergebnisse des kollaborativen Projekts sind: (i) neuartige Hochleistungsmaterialien auf Vitrimer-Basis, (ii)

entsprechende effiziente und skalierbare Strukturierungs- und (iii) Laminierungsmethoden, (iv) eine detaillierte Ökobilanz mit Fokus auf die Umweltauswirkungen der neuen Materialien und Herstellungstechnologien und (v) die Demonstration der Anwendbarkeit der Materialien und Methoden zur Herstellung von Fluidikchips auf flexiblen Folien. Damit adressiert das Projekt die effiziente Nutzung von Ressourcen und effiziente Produktionstechnologien und hat das Potenzial, den Ressourcen- und Rohstoffeinsatz sowie die Emission von CO₂ bei der Produktion von Sachgütern zukünftig deutlich zu reduzieren.

Abstract

High performance polymer materials for recyclable analytical chips - HiPerCycle

Analytical chips have a wide range of applications, e.g. in chemical, medical and environmental analysis, and enable miniaturization and simplification of measurement procedures. They are being intensively studied in the research field of microfluidics - not least because of the current demand for rapid tests in the wake of the Covid 19 crisis. HiPerCycle primarily addresses the need for new sustainable high-performance materials, focusing on functional UV-curable materials and their processing on foil substrates.

The basic idea of HiPerCycle is to research a new class of UV-curable polymer materials and their advancement into functional materials for highly efficient roll-to-roll processing. The materials of choice are so-called vitrimers, which undergo thermo-activated bond exchange reactions. This feature gives vitrimers unique properties: (i) they can be patterned, e.g., by UV embossing, and enable higher chemical stability than thermoplastics, (ii) they are compatible with thermal post-processing steps, e.g., for self-healing and material joining (in contrast to conventional cross-linked polymers), and (iii) they enable low-loss disassembly of composites and thus recovery of the base materials - the basis for efficient recycling of multi-material products. To improve the efficiency of the processing and to meet the requirements of roll-to-roll patterning, lithographic multilayer mastering of microfluidic structures is scaled up to sizes of 14 inches. On the materials side, research activities are focused on achieving high-quality UV-NIL replication, thermal lamination and compatibility with chip-based analytical applications, as well as decomposition after use. The performance of the approach is demonstrated using foil-based microfluidic chips a case study of high relevance - since analytical chips often consist of different materials (here carrier foil, UV-curable vitrimers, silver electrodes) and, as consumable materials, are usually discarded after a few measurements. Simple vitrimer-based decomposition processes will promote recycling and recovery of base materials for a circular economy. The benefits of vitrimers and manufacturing methods will be evaluated using life cycle assessment focused on greenhouse gas emissions compared to established materials and methods.

The expected outcomes of the collaborative project are: i) novel high-performance vitrimer-based materials, ii) corresponding efficient and scalable patterning and iii) lamination methods, iv) a detailed life cycle assessment focusing on the environmental impact of the new materials and manufacturing technologies, and v) demonstration of the applicability of the materials and methods for the production of fluidic chips on flexible foils. Thus, the project addresses the efficient use of resources and efficient production technologies and has the potential to significantly reduce the use of resources and raw materials as well as the emission of CO₂ in the production of material goods in the future.

Projektkoordinator

- JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH

Projektpartner

- Genspeed Biotech GmbH

- Pessl Instruments GmbH
- Polymer Competence Center Leoben GmbH
- temicon GmbH