

## GREEN

Global Reduction of CO2 Emissions by means of Optically Controlled, Highly Efficient Laser Nano Structuring

|                                 |  |                        |            |
|---------------------------------|--|------------------------|------------|
| <b>Programm / Ausschreibung</b> | Produktionstechnologien, Produktionstechnologien, Green Photonics Ausschreibung 2022   | <b>Status</b>          | laufend    |
| <b>Projektstart</b>             | 16.05.2024   | <b>Projektende</b>     | 15.11.2027 |
| <b>Zeitraum</b>                 | 2024 - 2027  | <b>Projektlaufzeit</b> | 43 Monate  |
| <b>Keywords</b>                 | Ultrakurzpulslaser; Oberflächenstrukturierung; Monitoring- und Sensortechnologien; CO2-Reduktion; disruptives Produktionsverfahren; Datenspeicher; Beleuchtung; Photovoltaik |                        |            |

### Projektbeschreibung

Primäres technologisches Ziel des Vorhabens ist die Entwicklung einer photonischen Produktionstechnologie mit integrierter photonischer Sensorik, die es ermöglicht, das volle Potenzial von Hochleistungs-Ultrakurzpulslasern zur großflächigen, hochgenauen und schnellen Oberflächenstrukturierung auszuschöpfen, wodurch viele potentielle Anwendungen, weit über die im Projekt adressierten hinaus, erschlossen werden.

Übergeordnetes Ziel, das auf Basis dieser disruptiven Produktionstechnologie in unseren Anwendungsfällen Datenspeicherung, Beleuchtung und Photovoltaik adressiert wird, ist die globale Reduktion von CO2-Emissionen. Hierzu eröffnen Mikro- und Nanostrukturen auf Oberflächen durch ihre spezifischen Eigenschaften ein CO2-Einsparungspotenzial von 700 Megatonnen pro Jahr (etwa 1,8% der globalen Gesamtemissionen in 2022) in 2030, wenn kostengünstige und energieeffiziente Produktionstechnologien entwickelt und im globalen Maßstab eingesetzt werden. Dieses Einsparungspotential ist vergleichbar mit dem der LEDs gegenüber den früheren Glühbirnen als Lichtquellen, das mit 500 Megatonnen pro Jahr in 2030 bewertet wird.

Zur Ermittlung dieses Potentials hat das Projektkonsortium unter Anleitung der Nachhaltigkeitsexperten Daxner&Merl bereits im Vorfeld der Antragstellung eine breite Palette von Anwendungen der Oberflächenstrukturierung gescreent. Dabei wurde der zu erwartende Einfluss der Strukturierungen auf die CO2-Emissionen einer qualifizierten Abschätzung unterzogen, wobei potenzielle Reboundeffekte (bei Datenspeicherung und Lighting) berücksichtigt und von einer globalen Einführung der jeweiligen Anwendung ausgegangen wurde. Wir erwarten, dass bereits im Jahr 2030 in den im Vorhaben adressierten Anwendungsfeldern Daten, Photovoltaik und Beleuchtung 565 Megatonnen CO2 pro Jahr eingespart werden könnten, entsprechend 1,4% des weltweiten Gesamtausstoßes.

Im vorgeschlagenen Leitprojekt werden die technologisch-wissenschaftlichen Kompetenzen der beteiligten Projektpartner gebündelt:

Zur Beschleunigung der Bearbeitung und um größere Flächen strukturieren zu können, steuert Joanneum Research insbesondere ihre Kompetenzen im Bereich ultraschneller Scannertechnologien bei. Schwerpunkt an der TU Wien ist der Aufbau eines Anlagenprototypen in enger Zusammenarbeit mit CDS. Hier soll eine bestehende DMD-Technologie zum massiv parallelisierten Schreiben mit den genannten ultraschnellen Scannertechnologien kombiniert werden. Zur

Optimierung der Bearbeitung und insbesondere zur Gestaltung eines geeigneten Absaugsystems wird außerdem die Strahl-Stoff-Wechselwirkung an der TU Wien bei der zugrundeliegenden ultrakurz gepulste (UKP)-Laserbearbeitung simulationsbasiert und diagnostisch analysiert.

RECENDT und AIT entwickeln maßgeschneiderte, photonische Monitoring- und Sensortechnologien, die ebenfalls in den Anlagenprototyp integriert werden. Hierzu ist es notwendig, bekannte Sensortechnologien (z.B. picoSIM, ICI) bezüglich der erreichbarer Auflösung sowie des Messvolumens an der Grenze des physikalisch und technisch Machbaren erheblich zu verbessern.

Joanneum Research entwickelt zudem die Technologie der UV-Nanoimprint-Lithographie (NIL), insbesondere die entsprechenden Masteringtechnologien weiter, mit deren Hilfe die abzuformenden Oberflächenstrukturen schneller und genauer hergestellt und nachfolgend im großen Maßstab mittels eines Rolle-zu-Rolle-Verfahrens vervielfältigt werden können.

Die Anwendungspartner liefern Anforderungsprofile (z.B. EcoCan im Bereich Allgemeinbeleuchtung, CrystalSol für Photovoltaik, CDS für Langzeitdatenspeicher) und erproben bzw. bewerten die mittels der neuen Produktionstechnologie erzeugten Bauteile hinsichtlich ihrer Funktion zunächst in kontrollierter Umgebung, und anschließend im Einsatz.

Das Projektvorhaben spiegelt die in der Ausschreibung gewünschten Inhalte vollumfänglich wieder. Durch die Kombination eines neuartigen photonischen Fertigungsverfahrens mit photonischer High-End-Messtechnik entsteht im Projekt eine disruptive, photonische Produktionstechnologie, die, wie bereits erläutert, ganz erheblich zur Erreichung der Klimaziele beitragen kann.

Die dem Projekt zugrunde liegende Basistechnologie auf dem Gebiet der Datenspeicherung hat bereits intensives Interesse von national (z.B. Sony DADC) und international führenden HighTech-Firmen (z.B. Amazon, Google, Microsoft, ...) ausgelöst. Wir leuchten also bereits jetzt weit über die österreichischen Grenzen hinaus und sind uns sicher, dass das Projektkonsortium mit gebündelter Expertise die Strahlkraft dieses Leuchtturms mit Standort in Österreich noch erheblich verbessern wird.

Der Nutzen für die Projektbeteiligten ist offensichtlich. Die Forschungseinrichtungen profitieren durch mögliche Patente sowie projektbezogene Veröffentlichungen in hochrenommierten Journals. Gelingt es, die neuartige Produktionstechnologie zu entwickeln, sind viele weitere Anwendungen in angrenzenden Märkten absehbar, die Grundlage für öffentlich geförderte und industriell finanzierte Folgeprojekte sein werden. Die Anwendungspartner profitieren von der Möglichkeit, Technologievorreiter bei der Reduktion von CO<sub>2</sub>-Emissionen zu sein mit entsprechenden Auswirkungen auf deren Sichtbarkeit und einer damit einhergehenden Erhöhung der Chancen auf einem Markt mit enormen Potential.

Die finale Zielgruppe des Projektes ist im Grund genommen die gesamte Menschheit. Die angestrebte Reduktion der globalen CO<sub>2</sub>-Emissionen ist essentiell und zwingend notwendig, um die Klimawende zu erreichen. Das Projektkonsortium hat den Anspruch und das Ziel, hierfür einen entscheidenden Beitrag zu leisten.

## **Abstract**

The primary technological goal of the project is the development of a photonic production technology with integrated photonic sensor technology that makes it possible to exploit the full potential of high-power ultrashort pulse lasers for large-area, high-precision and fast surface structuring, thereby opening up many potential applications far beyond those addressed in the project.

The overarching goal, which is addressed on the basis of this disruptive production technology in our use cases of data storage, lighting and photovoltaics, is the global reduction of CO<sub>2</sub> emissions. Thanks to their specific properties, micro- and nanostructures on surfaces open up a CO<sub>2</sub> savings potential of 700 megatons per year (around 1.8% of total global

emissions in 2022) in 2030 if cost-effective and energy-efficient production technologies are developed and used on a global scale. This saving potential is comparable to that of LEDs compared to the former incandescent bulbs as light sources, which is estimated at 500 megatons per year in 2030.

To determine this potential, the project consortium screened a wide range of surface structuring applications under the guidance of sustainability experts Daxner&Merl prior to submitting the application. The expected impact of structuring on CO<sub>2</sub> emissions was subjected to a qualified assessment, taking into account potential rebound effects (for data storage and lighting) and assuming a global introduction of the respective application. We expect that as early as 2030, 565 megatons of CO<sub>2</sub> could be saved per year in the application fields of data, photovoltaics and lighting addressed in the project, corresponding to 1.4% of total global emissions.

The proposed lead project pools the technological and scientific expertise of the project partners involved:

To speed up processing and to be able to structure larger areas, Joanneum Research in particular is contributing its expertise in the field of ultra-fast scanner technologies. The focus at TU Wien is on the construction of a system prototype in close cooperation with CDS. Here, an existing DMD technology for massively parallelized writing is to be combined with the aforementioned ultra-fast scanner technologies. In order to optimize the processing and in particular to design a suitable extraction system, the beam-substance interaction in the underlying ultrashort pulsed (USP) laser processing will also be analyzed in a simulation-based and diagnostic manner at TU Wien.

RECENDT and AIT are developing customized photonic monitoring and sensor technologies that will also be integrated into the system prototype. For this purpose, it is necessary to significantly improve known sensor technologies (e.g. picoSIM, ICI) in terms of achievable resolution and measurement volume at the limits of what is physically and technically feasible.

Joanneum Research is also further developing the technology of UV nanoimprint lithography (NIL), in particular the corresponding mastering technologies, with the help of which the surface structures to be molded can be produced faster and more accurately and subsequently reproduced on a large scale using a roll-to-roll process.

The application partners provide requirement profiles (e.g. EcoCan in the field of general lighting, CrystalSol for photovoltaics, CDS for long-term data storage) and test or evaluate the components produced using the new production technology with regard to their function, first in a controlled environment and then in use.

The project proposal fully reflects the content requested in the call for proposals. By combining a novel photonic manufacturing process with high-end photonic measurement technology, the project will create a disruptive photonic production technology that, as already explained, can make a significant contribution to achieving climate targets.

The basic technology on which the project is based in the field of data storage has already triggered intense interest from leading national (e.g. Sony DADC) and international high-tech companies (e.g. Amazon, Google, Microsoft, ...). We are therefore already shining far beyond Austria's borders and are certain that the project consortium, with its combined expertise, will significantly improve the appeal of this beacon located in Austria.

The benefits for those involved in the project are obvious. The research institutions will benefit from possible patents and project-related publications in highly renowned journals. If the novel production technology is successfully developed, many other applications in adjacent markets are foreseeable, which will form the basis for publicly funded and industrially financed follow-up projects. The application partners will benefit from the opportunity to be technology pioneers in the reduction of CO<sub>2</sub> emissions with a corresponding impact on their visibility and an associated increase in opportunities in a market with enormous potential.

The final target group of the project is basically the whole of humanity. The targeted reduction of global CO<sub>2</sub> emissions is essential and absolutely necessary to achieve the climate transition. The project consortium has the ambition and the goal

of making a decisive contribution to this.

### **Projektkoordinator**

- Technische Universität Wien

### **Projektpartner**

- Sunplugged - Solare Energiesysteme GmbH
- Ceramic Data Solutions GmbH
- AIT Austrian Institute of Technology GmbH
- ECOCAN GmbH
- JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH
- Research Center for Non Destructive Testing GmbH
- Daxner & Merl GmbH