i!TOOL

Entwicklung verschleißfester piezoelektrischer ZnO-Nanowire-Sensoren für Condition-Monitoring & Robotergreifer

Programm / Ausschreibung	Bridge, Brückenschlagprogramm, 23. Ausschreibung Bridge 1	**Status**	abgeschlossen
Projektstart	01.10.2016	**Projektende**	31.03.2020
Zeitraum	2016 - 2020	**Projektlaufzeit**	42 Monate
Keywords	Piezoelektrische Sensoren; Verschleißschutz; Atmosphärendruck-Plasmabeschichtung; ZnO-Nanowires; Condition Monitoring		

Projektbeschreibung

Sensoren sind Kernbestandteile der Automatisierungstechnik und stellen damit die Basis für autonome Diagnose, Konfiguration und Optimierung in der Umsetzung des „Industrie 4.0“-Konzepts dar. Verschleißbeständige, verlässliche und kostengünstige Sensortechnik auf Bearbeitungswerkzeugen bzw. am Greifer-Werkstück-Interface ist bislang noch nicht kommerziell verfügbar, weist aber stark zunehmenden Bedarf speziell im Condition Monitoring (Zustandsüberwachung von Maschinen und Werkzeugen) sowie für die Integration von haptischer Sensorik in Robotik-Greifer (2D-taktile Sensoren) auf. Das Projekt i!TOOL („intelligent tools“) fokussiert auf die Lösung dieser Problemstellung durch Entwicklung neuer piezoelektrischer Sensormaterialien in einem innovativen verschleißfesten Sensoraufbau, hergestellt mit kostengünstigen Atmosphärenplasma-Verfahren des österreichischen Innovations-Leaders Inocon Technologie Ges.m.b.H.:

• Als piezoelektrische Sensormaterialien kommen Zinkoxid-Nanowires in einer harten Nanokomposit-Matrix aus Silikat-Silikon-Materialien zur Anwendung, wobei zur Verstärkung des piezoelektrischen Koeffizienten durch Polarisation ferromagnetischer Domänen die Lithium-Dotierung des ZnO Ziel der Sensormaterial-Entwicklung ist. Als kostengünstige Herstellmethode wurde dafür durch JOANNEUM RESEARCH die Plasma-Flight-Thru-Technik unter Nutzung des Atmosphärendruck-Plasmajet der Inocon ausgewählt, für welchen in Vorversuchs-Studien bereits die Machbarkeit derartiger Nanomaterial-Synthese grundsätzlich nachgewiesen wurde. Dieser ist gegenüber Mitbewerbern in deutlich größeren Energiebereichen stabil regelbar, was für die Entwicklung der technologisch entscheidenden hohen Ausbringung von speziell linearen ZnO-Nanowires ausgehend von (Lithium-dotierten) Zinkpulvern essentiell ist.

• Diese (Lithium-dotierten) ZnO-Nanowires mit (geplant) ~70 nm Durchmesser und ~5 µm Länge sollen in hohem Volumsgehalt agglomerationsfrei in Sol-Gel-Precursoren eingemischt und über Aufsprühen direkt auf die Substratoberflächen aufgebracht werden. Für die Aushärtung der Sol-Gel-Matrix ist wiederum die Atmosphärendruck-Plasma-Technologie entscheidend, da durch die Plasma-Anwendung gegenüber UV deutlich raschere und zusätzlich lagenweise Prozessführung (Mehrlagenstrukturen) sowie rissfreie und harte, verschleißfeste Dickschichten erreichbar sind. Während der Aushärtung wird eine lineare, kettenförmige Ausrichtung der ZnO-Nanowires in Dielektrophorese-Feldern unter Nutzung der Kontaktelektroden angestrebt. Die Elektroden werden dafür vorab auf dielektrische, isolierende Atmosphärendruck-Plasma-

Schichten durch State-of-the-Art Ink-/Aerosol-Jet-Drucktechnologie aufgebracht. Spezieller Fokus wird auf den finalen Verschleißschutz der Piezo-Sensoren gelegt: Dafür ist die Adaptierung von harten+zähen Viellagenschicht-Konzepten für Atmosphärendruck-Plasmabeschichtungstechnologien geplant.

Zu den geplanten Sensorstrukturen wurden bereits initiale Simulationsberechnungen bei JOANNEUM RESEARCH zur Definition des notwendigen Eigenschaftsspektrums durchgeführt. Für die Zielerreichung im Projekt ist dabei speziell das hohe Knowhow für piezoelektrische Materialentwicklung (PyzoFlex®-Technologie) und plasma-basierte Nanomaterial-Synthese bei JOANNEUM RESEARCH neben der Verfügbarkeit der notwendigen piezoelektrischen, mechanisch-tribologischen und nanostrukturellen/-topographischen Charakterisierungsverfahren im Projektkonsortium (weitere Partner: FH Oberösterreich, Materials Center Leoben) entscheidend.

Das Projekt schließt jedoch nicht mit der abgeschlossenen Entwicklung von Sensormaterialien und –aufbauten ab, sondern hat die Herstellung und technologische Prüfung von Sensor-Funktionsmustern zum Ziel. Dies wird durch Integration des Industriepartners Szukitsch Software Develoment (SSD) für den Bereich der Datenerfassung und –analyse im Condition Monitoring sowie assoziierter Projektpartner in den geplanten Anwendungsfeldern der Entwicklungen ermöglicht (d.h., Fa. Häusermann und HPTec für das Condition Monitoring von Hochleistungs-Bearbeitungswerkzeugen im Leiterplattenbohren, bzw. Fa. RPD und Schunk Spann- und Greiftechnik für taktile Sensoren auf Robotik-Greifern, welche ohne Förderung durch Beistellung von Materialien bzw. Tests in Roboter-automatisierten Produktionsketten teilnehmen).

Abstract

Sensors are core elements in automation and are basis for autonomous diagnosis, configuration and optimization within the “Industry 4.0” concepts. Wear-resistant, reliable and cost-efficient sensor technology on cutting tools and manipulator-component interface are not commercially available yet, but have strong increasing demands especially in condition monitoring of machines and tools as well as in the integration of tactile 2D sensorics on robot manipulators.
The project i!TOOL (“intelligent tools”) is focussing on this problem by the development of novel piezoelectric sensor materials in an innovative wear-resistant sensor architecture, manufactured by low-cost atmospheric plasma techniques of the Austrian innovation leader Inocon Technologie Ges.m.b.H..:

• Zinc oxide nanowires are used as sensor materials, embedded in a hard nanocomposite matrix of silicate-silicone materials, whereby enhanced piezoelectric coefficients are realized by polarization of ZnO, demanding development of lithium doping in R&D of the sensor materials. Cost-efficient manufacturing is planned by plasma flight-thru methods at JR, applying the atmospheric plasma jet of Inocon, for which preliminary studies showed basic usability for such a nanomaterial synthesis. This plasma jet has a much wider, stable controllable energy field compared to competitors, which is decisive for high output of especially linear ZnO nanowires from (lithium-doped) zinc powder.

• These (Li doped) ZnO nanowires with (expected) ~70 nm diameter and ~5 µm length are planned to be mixed into sol-gel precursors in high volume content without agglomeration, which are then sprayed as aerosols onto the substrate surfaces. For hardening (curing) of the sol-gel matrix in the layers atmospheric plasma technology is again decisive, enabling faster and layered processing compared to UV curing and crack-free, hard and wear-resistant thick films. During the curing, linear chain-like orientation of the ZnO nanowires is planned in dielectrophoresis fields between the contact electrodes. The electrodes are ink- / aerosol-jet printed onto atmospheric-plasma deposited dielectric, insulating coatings before applying

the sol-gel step. Special focus is laid on the final step of wear-protection of the piezo sensors by adaptation of hard+tough multi-layered coatings for the atmospheric plasma coating technologies.

For the planned sensor structures, the requested properties were initially simulated by JOANNEUM RESEARCH, which has high knowhow in piezoelectric material development (inventor of the PyzoFlex® technology) and plasma-based nanomaterial synthesis. Further, fulfilling of the expected project goals is supported by the access to advanced piezoelectric, mechanical-tribological and nano-structural/-topographical characterization in the consortium (further partners: FH Oberösterreich, Materials Center Leoben).

However, the project does not finish only with developed sensor materials and architectures; it additionally includes the manufacturing and technological testing of experimental models. Therefore, the industrial partner Szuktisch Software Development (SSD) is contributing to the project consortium for data logging and analysis for condition monitoring demands as well as associated project partners contribute in future application fields of the sensor technology: SMEs Häusermann and HPTec provide high-performance tools for drilling of printed circuit board, RPD and Schunk robot manipulators and testing possibilities within robot automation environment.

Projektkoordinator

- JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH

Projektpartner

- FH OÖ Forschungs & Entwicklungs GmbH
- INO GmbH
- Materials Center Leoben Forschung GmbH
- Szukitsch Friedrich Ing.