

ImPACts

Industrial Methods for Process Analytical Chemistry - From Measurement Technologies to Information Systems

Programm: COMET – Competence Centers for Excellent Technologies

Programmlinie: K-Projekte

COMET-Einzelprojekt, Laufzeit und Projekttyp:

imPACts, 09/2014 – 08/2018, multi-firm

Chemische Landkarten in HD

Forscher an der JKU Linz, einem Partner im Österreichischen Forschungsnetzwerk für Prozessanalytik PAC („Process Analytical Chemistry“), verwenden Laser, um die chemische Zusammensetzung von komplexen Materialien zu bestimmen. Ultrakurze und extrem intensive Lichtblitze werden auf die Probe fokussiert und Material wird von der Probe abgetragen. Die verschiedenen Atome des untersuchten Materials leuchten in ihren charakteristischen Farben. Damit kann bestimmt werden, welche chemischen Elemente in der Probe vorhanden sind. Diese neue Methode wird eingesetzt, um chemische Landkarten von Proben mit hoher räumlicher Auflösung zu erstellen.



Der Laser

Seit der Erfindung im Jahr 1960 sind Laser nicht mehr aus Wissenschaft und Technik wegzudenken. Auch im Alltag begegnen uns Laser regelmäßig: an der Supermarktkasse, in diversen Laufwerken von CD bis Blu-Ray oder in Lichtschranken. Für diese Zwecke werden Laser eingesetzt, die Licht mit einer bestimmten Farbe und mit konstanter Intensität erzeugen. Die JKU Wissenschaftler hingegen verwenden neuartige Laser, die kurze Lichtblitze erzeugen. Die Dauer dieser Laserpulse liegt üblicherweise im Bereich von Mikro- bis Nanosekunden, also einem Millionstel bzw. Milliardstel einer Sekunde. Extrembeispiele sind die Ultrakurzpulslaser, die Lichtpulse mit einer Dauer von einigen Femtosekunden erzeugen; eine Femtosekunde ist ein Millionstel eines Milliardstels einer Sekunde! Zum Vergleich: Licht legt in einer Sekunde etwa 300 000 km zurück, in einer Nanosekunde nur 30 cm und in einer Femtosekunde winzige 0,0003 mm! Erreicht werden diese (ultra)kurzen und sehr intensiven Lichtpulse mit ausgeklügel-

ter Technik und durch geschicktes Ausnutzen der Eigenschaften der Lasermedien.



Die Methode

Wenn kurze und intensive Laserpulse auf eine Probe gerichtet werden, wechselwirken das Material und das Laserlicht und eine kleine Menge des Probenmaterials wird abgetragen. Diesen Prozess bezeichnet man als Laserablation. Dabei entsteht ein sogenanntes „Plasma“, in dem sich Atome des Probenmaterials befinden. Diese Atome strahlen Licht mit charakteristischen Farben (Spektrallinien) aus. Beispiele dafür sind Kupfer-Atome, die violett bis grün leuchten, und Natrium-Atome, die orange-rot leuchten. Mit einem Spektrometer können diese Spektrallinien gemessen und die verschiedenen Atome im Plasma erkannt werden. Das gemessene Spektrum ermöglicht es somit das Probenmaterial chemisch zu analysieren. Diese Methode heißt Laser-induzierte Plasmaspektroskopie (engl. LIBS).



Chemische Kartografie

Die Forscher am Institut für Angewandte Physik der JKU Linz treiben dieses Verfahren auf die Spitze. Sie versuchen die räumliche Verteilung der chemischen Elemente in der Probe zu bestimmen und dabei immer kleinere Probenmengen mit LIBS zu messen.

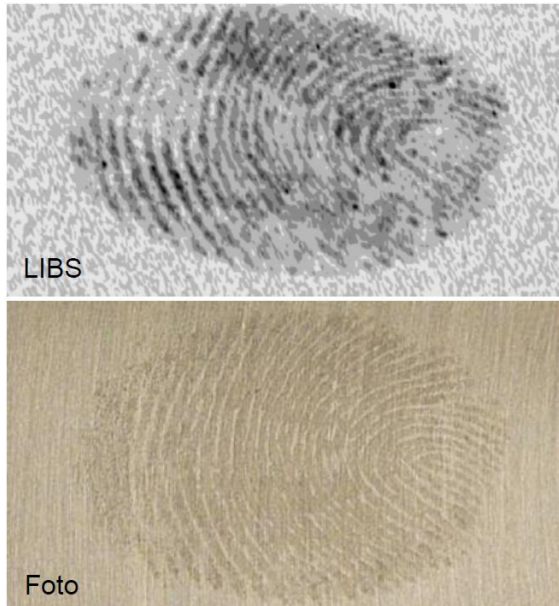


Abbildung 1: Chemisches Bild eines Fingerabdrucks gemessen mit LIBS (Kohlenstoff, oben) und Foto des Abdrucks zum Vergleich (unten).

Sie messen die Proben an vielen Punkten und erhalten damit eine chemische Landkarte mit der räumlichen Verteilung der verschiedenen chemischen Elemente. So lässt sich z.B. der Abdruck eines Fingers auf einer Oberfläche rekonstruieren, indem die Lichtintensität der Kohlenstoff-Atome im Plasma gemessen wird (Abb. 1) während der Nanosekunden-Laser über die Oberfläche rastert.

Dieses Abbildungsverfahren lässt sich mit ultrakurzen Femtosekunden-Lasern noch weiter verbessern. Diese Laser tragen viel weniger Probenmaterial ab als die Nanosekunden-Laser. Dadurch können kleinere Strukturen auf der

Probe gemessen werden und man erhält chemische Landkarten mit höherer räumlicher Auflösung. Die Linzer Forscher haben Messungen mit einer Auflösung von weniger als 0,01 mm durchgeführt. Damit konnte z.B. die räumliche Verteilung der chemischen Elemente Magnesium und Barium in einer mikrostrukturierten Probe bestimmt werden (Abb. 2).

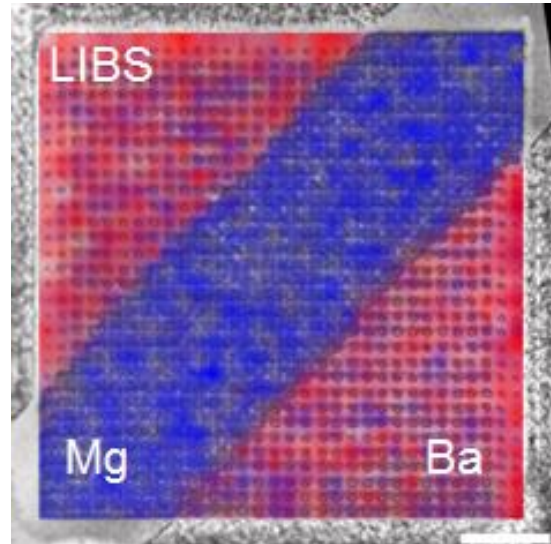


Abbildung 2: Chemische Landkarte einer Probe (Größe nur etwa 0,3 x 0,3 mm) mit hoher Auflösung. Im diagonalen Bereich ist die Konzentration von Magnesium hoch (dargestellt in blauer Farbe), die seitlichen Bereiche enthalten hingegen viel Barium (in roter Farbe).

Im Moment ist die hochauflösende chemische Abbildungsmethode noch an das Labor gebunden. Da LIBS aber bereits heute als berührungslose und fast zerstörungsfreie Analysemethode vielfach eingesetzt wird, ist eine prozessnahe Anwendung dieses neuen LIBS Verfahrens in Zukunft zu erwarten. Mögliche Anwendungsgebiete umfassen die Elementanalyse und chemische Abbildung von komplexen strukturierten Materialien in Metallurgie, Geologie, Biologie und vielen anderen Bereichen.

Kontakt und Informationen

K-Projekt imPACts

RECENDT – Research Center for Non Destructive Testing
Altenberger Straße 69, 4040 Linz
T 0732 / 2468 - 4602

E robert.holzer@recendt.at www.k-pac.at www.recendt.at

Projektpartner

Organisation	Land
JKU Linz – Institut für Angewandte Physik	Österreich
voestalpine Stahl GmbH, Linz	Österreich

Bilder: © JKU-IAP

Projektkoordination

Dipl.-Ing. Robert Holzer

Weitere Informationen zu COMET – Competence Centers for Excellent Technologies: www.ffg.at/comet

Diese Success Story wurde von der Konsortialführung/der Zentrumsleitung zur Verfügung gestellt und zur Veröffentlichung auf der FFG-Website freigegeben. Für die Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität der Inhalte übernimmt die FFG keine Haftung.