

Im Fokus

Mit nachhaltiger Energie in die Zukunft



Der Erfolg von Unternehmen wird massiv von deren Nachhaltigkeitsperformance beeinflusst.«

Prof. Dr.-Ing. Christoph Herrmann, Institutsleiter des Fraunhofer IST

Seit Jahren befinden sich die Energiepreise im Anstieg – ein Effekt, der sich durch den Angriffskrieg auf die Ukraine noch verstärkt hat. Während der Energiebedarf und die Preise steigen, verknappen die fossilen Ressourcen und klimabedingte Katastrophen halten Einzug in unser Leben.

Nicht zuletzt durch Nachrichten über Waldbrände, Überschwemmungen und Hitzewellen wird vor Augen geführt: Klimaschutz geht uns alle an. Zum Schutz des Weltklimas hat sich die EU zur Begrenzung von Emissionen und damit zur Umrüstung auf grüne Energieträger verpflichtet. In dieser Zeit multifaktorieller Krisen gilt es für das Fraunhofer IST, dafür robuste und nachhaltige Lösungen zu entwickeln.

Um die Ziele des Pariser Klimaabkommens und bis 2050 Klimaneutralität zu erreichen, verpflichtet das europäische Klimagesetz die EU-Mitgliedsstaaten zu einer signifikanten Reduzierung der Treibhausgasemissionen. Der Industriesektor war 2019 weltweit für 24 % der Treibhausgasemissionen verantwortlich, der Verkehrssektor für 15 %¹. Die Automobilbranche ist eine der wichtigsten Industrien Deutschlands und Vorreiter für eine nachhaltige Entwicklung. Dabei umfassen die Dekarbonisierungsziele der OEMs den gesamten Lebenszyklus – »von der Wiege bis zur Bahre«. Zur Erreichung dieser Ziele wird das Produktportfolio elektrifiziert und die Lieferkette dekarbonisiert.

Das Fraunhofer IST entwickelt maßgeschneiderte Werkzeuge, die CO₂ entlang der gesamten Wertschöpfungskette messbar machen und die Technologien mit den günstigsten CO₂-Reduktionskosten identifizieren. Schwerpunkte unserer Arbeiten sind Methoden zur Messung der Nachhaltigkeit im Lebenszyklus, Batterien, Wasserstoff, Photovoltaik sowie Technologien zur Erreichung einer Kreislaufwirtschaft.

¹Lee, H., Romero, J., 2023. IPCC, 2023: Climate Change 2023: Synthesis Report. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Geneva, Switzerland.



Nachhaltigkeit

Nachhaltigkeit ist ein harter Wettbewerbsfaktor in der Industrie, denn Nachhaltigkeitsrankings beeinflussen den Aktienkurs und die Marktkapitalisierung von Unternehmen. Gesetzliche Anforderungen wie die Corporate Sustainability Reporting Directive, kurz die CSRD-Richtlinie, der EU fordern eine wissenschaftsbasierte Ableitung der Nachhaltigkeitsziele. Die Abteilung Nachhaltigkeitsmanagement des Fraunhofer IST berät und unterstützt Unternehmen bei Strategieentwicklung, Zielleitung und Entwicklung von Maßnahmen.

**Was man messen kann, kann man auch managen:
Werkzeuge zur Quantifizierung der Nachhaltigkeit**

Ausgehend von den Anforderungen der Kunden, des Wettbewerb, der Gesetzgebung, des Finanzmarkts sowie technologischer Trends identifizieren wir die relevanten Zielfelder. Schwerpunkte bilden Dekarbonisierung, Wassereffizienz und Circular Economy.

Unseren Kunden liefern wir Materialitätsanalysen, Werkzeuge zur Messung der Nachhaltigkeitsperformance im Lebenszyklus, zertifizierte Carbon Footprints sowie Dekarbonierungsroadmaps. Im Bereich Weiterbildung bieten wir Schulungen zu Nachhaltigkeit und Life Cycle Assessments an, um Nachhaltigkeit in der Belegschaft zu verankern.



CO₂ ist die Währung der Zukunft.«

Prof. Dr. Stephan Krinke,
Abteilungsleiter am Fraunhofer IST

SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS





Unsere Sonne liefert mehr Energie als die Menschheit zu ihrer Versorgung je nutzen kann. Die Entwicklung und Bereitstellung von Technologien zur Nutzung dieser kostenlosen Energiequelle ist maßgeblich für unsere Zukunft.«

Dr. Volker Sittinger, Abteilungsleiter am Fraunhofer IST

Mit Heißdraht-CVD hergestellte Si-Schichten für eine Heterostruktur-Solarzelle.

Die zukünftige Energieversorgung der Welt wird auf Photovoltaik und Windenergie beruhen. Die Photovoltaik ist dank der siliziumbasierten Solarzellen mittlerweile eine der in Abhängigkeit vom Standort günstigsten Stromquellen weltweit.

So liegen gemäß des World Energy Outlooks 2020 der International Energy Agency IEA die Stromgestehungskosten mit Photovoltaik innerhalb Europas zwischen 2,7 und 5,4 Cent / kWh für große Freiflächenanlagen². Hocheffiziente Solarzellen sind dadurch strategisch eines der wichtigsten optoelektronischen Bauelemente der Zukunft.

Die neuesten Generationen beruhen auf dem Einsatz der Vakuumtechnologie zur Erzeugung nahezu defektfreier Grenzflächen mit optimierter optoelektronischer Anpassung an den photovoltaischen Absorber.

Die Weiterentwicklung der Zelltechnologie zu höheren Effizienzen ist notwendig, um sinkende Stromgestehungskosten und Materialkosten und dadurch flächenbezogene Skalierungseffekte zu ermöglichen. Vielversprechende neue Zelltechnologien sind die auf den etablierten Silizium- und CIGS-Technologien aufbauenden Tandemsolarzellen in Verbindung mit Perowskit als weiterem Absorbermaterial. Tandem-Solarzellen sind sehr komplex aufgebaut. Sie bestehen aus einer Vielzahl hauchdünner Kontaktschichten, die unter, zwischen und auf den beiden Absorbern abgeschieden werden.

Am Fraunhofer IST verfügen wir über umfangreiches Know-how auf dem Gebiet der Vakuumtechnologien, das wir hier nutzen, um hocheffiziente Prozesse und gleichzeitig exzellente Schichteigenschaften für z.B. transparente leitfähige Schichten, Tunnel- und Frontkontakte oder Loch- und Elektronenkontaktschichten zu realisieren.

Die Aufskalierung der Technologien ist ein weiterer Schwerpunkt unserer Arbeiten. Unsere Kunden und Partner profitieren nicht nur von unseren Kompetenzen bei der Entwicklung von Schichten für die Photovoltaik oder bei der Simulation zur Prozessoptimierung, sondern auch von unserer Messtechnik zur Qualitätssicherung und -kontrolle. Darüber hinaus führen wir Ökobilanzierungen durch und gestalten den gesamten Produktlebenszyklus im Hinblick auf Nachhaltigkeit im Rahmen unseres Life Cycle Engineerings.

²IEA World Energy Outlook 2020, p. 238, <https://www.iea.org/>.

Photovoltaik

Die Energiewende ist zentral für eine sichere, umweltverträgliche und wirtschaftlich erfolgreiche Zukunft. Sie kann jedoch nur gelingen, wenn Technologien der Energieerzeugung, -wandlung und -speicherung noch effizienter, kostengünstiger und umweltfreundlicher gestaltet werden. Wesentlich dafür ist die ganzheitliche und nachhaltige Gestaltung von Produktionssystemen und Lebenswegen von heutigen und künftigen Energiespeichern.

Batterien

Zur Erreichung dieser übergeordneten Ziele sind Aspekte wie die Etablierung europäischer Gigafabriken zur Produktion von Batteriezellen, der energieeffiziente Betrieb dieser Fabriken, die Bereitstellung und der Abbau von Rohstoffen unter ökologischen, ökonomischen und sozialen Aspekten, die Einhaltung der europäischen Battery Directive sowie die Übertragung von Produktionskonzepten auf zukünftige Batteriechemien von entscheidender Bedeutung.

Wollen auch Sie Ihr Wissen im Bereich der Batterieforschung erweitern oder haben Sie eine individuelle Anfrage?

In unserem Weiterbildungsprogramm »EPR für Batterien« (EPR, erweiterte Herstellerverantwortung, engl. Extended Producer Responsibility) erhalten Sie theoretisches Grundlagenwissen zum gesamten Lebenszyklus einer Batterie inklusive der gesetzlichen Rahmenbedingungen. Zudem wurde das Weiterbildungsprogramm in Kooperation mit der Stiftung GRS Batterien und GRS Service GmbH aufgebaut und beinhaltet daher auch Themen u. a. zur Sammlung und sicheren Lagerung von Altbatterien. In einem abschließenden Präsenzworkshop werden Anforderungen und Verantwortung einzelner Entscheidungsträger diskutiert, um das erlernte Wissen erfolgreich in die Praxis zu transferieren.



Elektroden für die Herstellung von Batteriezellen.



Leistungsfähige, nachhaltig produzierte Batteriespeichersysteme sind Schlüsseltechnologien für eine kohlenstoffarme Energieinfrastruktur und eine saubere Zukunft.«

Dr.-Ing. Jutta Janßen, Leiterin Bildungsmanagement für zirkuläre Produktion am Fraunhofer IST

Wasserstoff



Werden auch Sie Wasserstoffexperte und nehmen Sie an unserer Weiterbildung teil.«

Prof. Dr.-Ing. Sabrina Zellmer,
Abteilungsleiterin und
stv. Institutsleiterin des Fraunhofer IST

Die Wasserstoffwirtschaft ist ein Schlüsselement in der Defossilisierung des globalen Energiesystems und fördert die Erreichung der nachhaltigen Entwicklungsziele der UN.

Wasserstoff wird zukünftig im Industrie-, Energie- und Verkehrssektor in Anwendungen eingesetzt, in denen eine direkte Elektrifizierung nicht realisierbar ist, z.B. als Reduktionsmittel in der Stahlindustrie oder für die Herstellung von Methanol und Ammoniak. Weniger als 1 Prozent des heutigen Wasserstoffbedarfs von 95 Mio. Tonnen basiert auf klimafreundlichen Herstellungsrouten. Die International Renewable Energy Agency IRENA prognostiziert einen Anstieg des zukünftigen Bedarfs auf ca. 614 Mio. Tonnen bis 2050³.

Der Fokus liegt auf Elektrolyseuren, um grünen Wasserstoff durch Strom aus erneuerbaren Energien herzustellen. Zusätzlich wird ein globaler Markt für Wasserstoff und seine Folgeprodukte auf Basis der unterschiedlichen Erzeugungspotenziale aus erneuerbaren Energien entstehen.

³IRENA (International Renewable Energy Agency)

Das Fraunhofer IST bietet Lösungen für eine nachhaltige Wasserstoffwirtschaft an. Dazu zählen Verfahren zur Fertigung und zum Recycling für Elektrolyseure und Brennstoffzellen. Zusätzlich bietet das Institut digitale Planungswerkzeuge und Bewertungsmodelle für den wirtschaftlichen Einsatz von Wasserstofftechnologien in Fabrikssystemen und die Wasserstoffversorgung über regionale und interkontinentale Lieferketten an.

Bei einer Teilnahme an unserem Weiterbildungsprogramm erwerben Sie umfassendes Fachwissen und Fähigkeiten, um den Übergang von fossilen Brennstoffen zu klimaneutralen Alternativen zu unterstützen. Nach Abschluss der Weiterbildung sind Sie in der Lage, das technische und regulatorische Know-how zur Erzeugung von grünem Wasserstoff anzuwenden. Sie können die Anforderungen und Herausforderungen der Umstellung auf grünen Wasserstoff identifizieren und auf verschiedene Anwendungen übertragen. Zudem sind Sie in der Lage, ein Wasserstofferzeugungssystem zu skizzieren und die wesentlichen Herausforderungen der Planung und des technischen Betriebs zu beschreiben. Diese Qualifizierung befähigt Sie, als Pioniere der Dekarbonisierung aktiv zur Transformation der Kohleregionen in Mitteldeutschland beizutragen.

Kontakt

Photovoltaik

Dr. Volker Sittinger
Telefon +49 531 2155-512
volker.sittinger@ist.fraunhofer.de

Nachhaltigkeitsbewertung

Prof. Dr. Stephan Krinke
Telefon +49 531 2155-504
stephan.krinke@ist.fraunhofer.de

Nachhaltige Energiespeicher

Prof. Dr.-Ing. Sabrina Zellmer
Telefon +49 531 2155-528
sabrina.zellmer@ist.fraunhofer.de

Weiterbildung

Dr.-Ing. Jutta Janßen
Telefon +49 531 2155-613
jutta.janssen@ist.fraunhofer.de

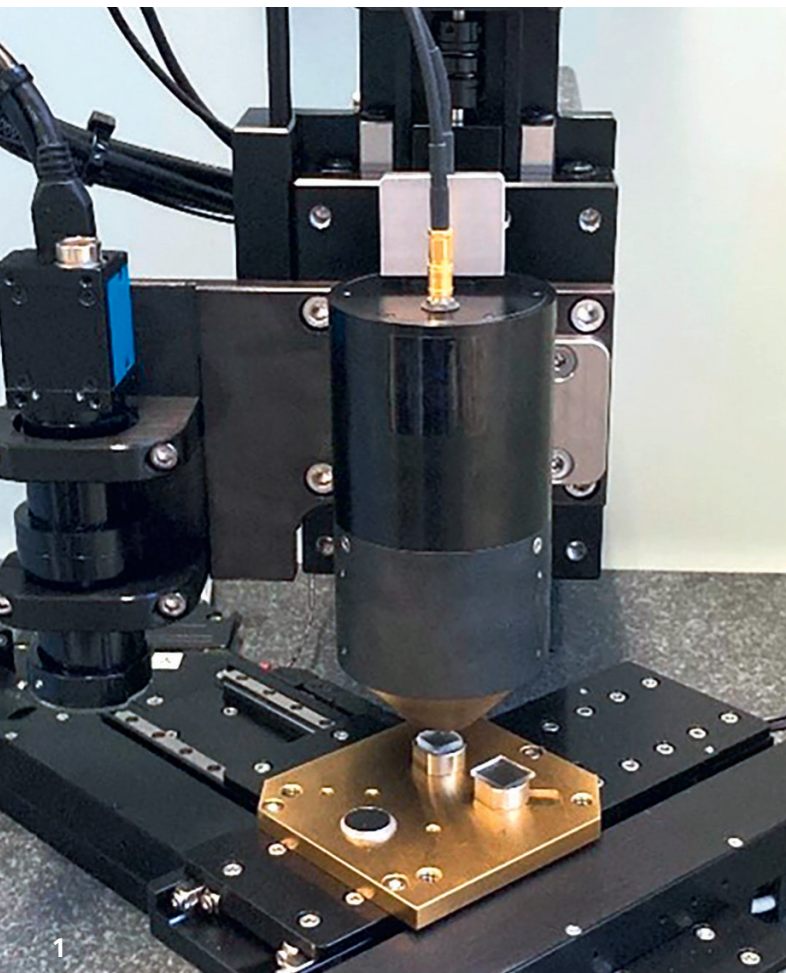
Dipl.-Ing. Carola Brand
Telefon +49 531 2155-574
carola.brand@ist.fraunhofer.de

Auszug aus dem Jahresbericht 2023
Zur aktuellen Website: www.ist.fraunhofer.de

Aus der Forschung

Härteprüfung in kleinstem Maßstab: Neuer Mikro- und Nanoindentor am Fraunhofer IST

Die Anforderungen an Materialien und ihre Eigenschaften sind in den letzten Jahrzehnten enorm gestiegen: So müssen z. B. Härte und Elastizitätsmodul selbst bei ultradünnen Schichten eindeutig bestimmt werden können. Eine gängige Methode der Härteprüfung ist die Nanoindentierung, die auch am Fraunhofer IST angewandt wird. Seit Kurzem steht am Institut ein neuer Nanoindentor zur Verfügung, der die bisher schon vorhandenen Möglichkeiten deutlich erweitert.



Der neue Nanoindentor TS77 von der Firma Bruker.

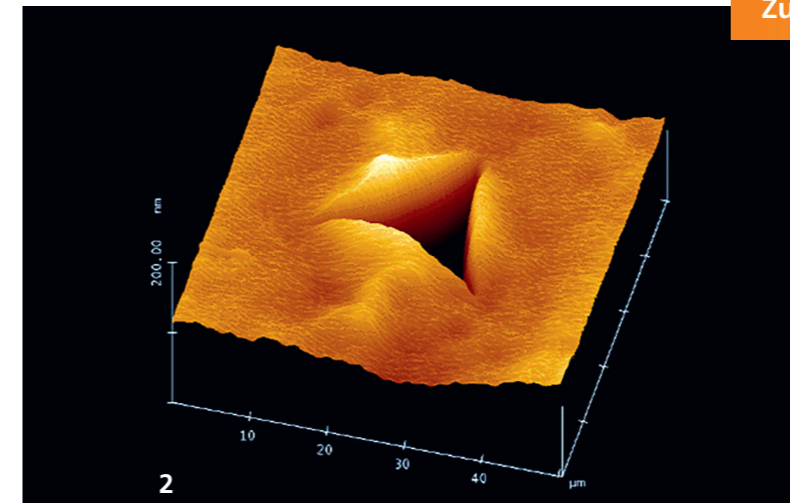
Ein Nanoindentor dient dazu, die Härte, den E-Modul und ggf. viskoelastische Eigenschaften von Materialien und dünnen Schichten zu bestimmen. Dies geschieht, indem eine dreiseitige Diamantspitze kontrolliert in die Oberfläche hineingedrückt und dabei die notwendige Kraft und die Eindringtiefe kontinuierlich und mit höchster Präzision aufgezeichnet wird. Aus den Messkurven lässt sich dann – teilweise tiefenabhängig – die Härte und der Elastizitätsmodul des Materials bestimmen.

Erweiterungen der Nanoindentierung

Mittels des AFM-Modus können die Oberflächen sowohl vor als auch nach der Indentierung mithilfe der Diamantspitze topographisch abgebildet werden, wodurch auch die nachträgliche Kontrolle z. B. der exakten Position eines Eindrucks möglich wird. Eine Besonderheit ist die Kalibrierung auf die Härte eines Referenzmaterials, die – im Gegensatz zur sonst üblichen Kalibrierung auf den E-Modul – folgende Vorteile hat:

- eine bessere Reproduzierbarkeit von Härtewerten
- eine bessere Unabhängigkeit der Messungen von der Eindringtiefe
- einen kleineren integralen Fehler von Härte und Elastizität, auch bei sukzessiver Abnutzung der Spitze über ihre Lebenszeit.

Darüber hinaus können mithilfe des Scratch-Moduls zusätzlich Nano-Scratch- und Verschleißtests durchgeführt werden.



AFM-Abbildung eines Indentor-Eindrucks.

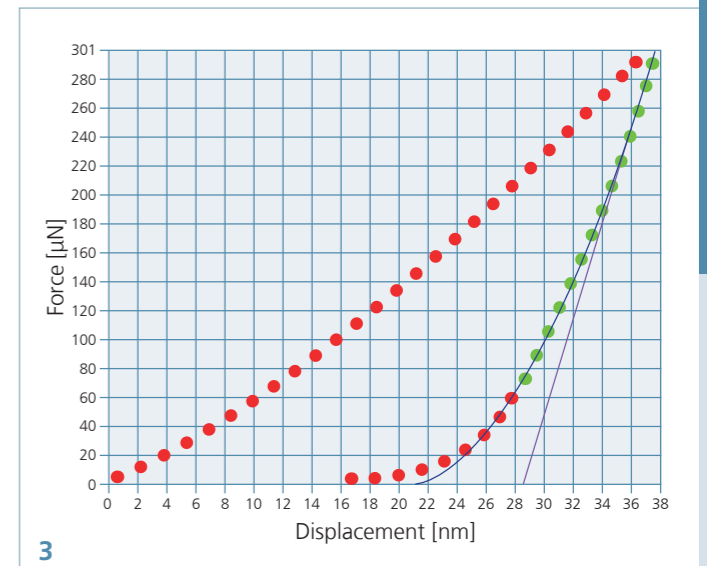
Vorteile des neuen Geräts

Im Vergleich zu den bisherigen Möglichkeiten zur Härtebestimmung am Fraunhofer IST bietet das neue Indentor-Gerät einige Vorteile:

- Mithilfe des neuen Nanoindentors können vollautomatisierte Messungen mehrerer Proben auch bei unterschiedlichen Höhen und Geometrien erfolgen.
- Das breite Messspektrum von hohen Lasten (1N) bis zu sehr kleinen Lasten (1µN) erlaubt sowohl die Untersuchung von Massivmaterialien und dicken Schichten als auch von sehr dünnen Schichten bis hinunter zu wenigen hundert Nanometern.
- Durch Kraftmodulationsverfahren können in einer einzigen Messung die Tiefenabhängigkeit der Härte oder Einflüsse des Substrats erfasst werden.
- Durch Frequenzmodulationsverfahren können zeitabhängige Phänomene z.B. in Polymeren bestimmt werden (Storage und Loss-Modulus).
- Ultraschnelle Messungen von bis zu 0,6 Sekunden je Messpunkt erlauben Härte- und E-Modul Mappings, d. h. die Darstellung der lateralen Verteilung inhomogener mechanischer Eigenschaften auf der Mikrometerskala. Das können z. B. Ausscheidungen in Stählen sein, verschiedene Phasen in Polymeren, mehrphasige Materialien, Nitrierhärteprofile, etc.

Die Anwendungsmöglichkeiten

Härte und Elastizitätsmodul sind wichtige Kenngrößen bei allen Arten von Oberflächen, die mechanischer Beanspruchung ausgesetzt sind. Das können z. B. tribologische Schutzschichten auf Fräsern, Werkzeugen, Automobilkomponenten oder Maschinenelementen sein, aber auch Lacke, galvanische Schichten, dekorative Schichten (Kratzfestigkeit) sowie nitrierte oder borierte Oberflächen, Displaygläser, usw.



Nanoindentor-Messkurve zur Bestimmung der Härte und des E-Moduls.

Kontakt

Dr. Kirsten Schiffmann
Telefon +49 531 2155-577
kirsten.schiffmann@ist.fraunhofer.de