

Schrittmacher für viele Industriebereiche

Profilinie 1: Neue Materialien und neue Werkstoffe

Die Entwicklung neuer Materialien und neuer Werkstoffe wird heute international als Schlüsseltechnologie mit Querschnittscharakter und Schrittmacherfunktion für viele industrielle Bereiche eingestuft. Die Wirtschaftskraft der hoch entwickelten Industriegesellschaften hängt zunehmend von Erfolgen in der Materialwissenschaft und der Werkstofftechnologie ab. Die Fähigkeit zur Entwicklung, Herstellung und Anwendung leistungsfähiger Materialien bildet eine der Grundvoraussetzungen für neue, international wettbewerbsfähige Verfahren und innovative Erzeugnisse. Bedeutende Innovationsschübe lassen sich nur auf der Basis neuer Materialien erzielen, die gleichzeitig ein Schlüssel zu verbesserter Ressourceneffizienz und einem schonenderen Umgang mit der Umwelt sind. Zur Entwicklung solcher Werkstoffe und Materialien sind Kompetenzen in den Naturwissenschaften genauso notwendig wie solche in den Ingenieurwissenschaften.

An der Technischen Universität Chemnitz werden für die Zukunft sechs Schwerpunkte in der Materialforschung gesehen. Bei ihrer Auswahl wurden insbesondere folgende Kriterien berücksichtigt: die wissenschaftlich-technische Bedeutung, die bereits vorhandenen Forschungskapazitäten an der TU Chemnitz auf den gewählten Gebieten und die Vermeidung von Themen, an denen an anderen Hochschulen, insbesondere in Sachsen, intensiv gearbeitet wird.

Die Forschungsaktivitäten in der Profilinie 1 sind gekennzeichnet durch Interdisziplinarität und Vernetzung von Forschungsvorhaben. Von besonderer Bedeutung ist darüber hinaus die zusätzliche Verzahnung mit der Profilinie 6 der TU Chemnitz "Modellierung, Simulation, Hochleistungsrechnen", um die Material- und Werkstoffforschung durch den intelligenten Einsatz leistungs-

starker Rechentechnik weniger kostenintensiv gestalten zu können.

Die Forschungen zu neuen Materialien und neuen Werkstoffen konzentrieren sich auf folgende sechs Schwerpunkte:

Dünne Schichten

Die Herstellung und die Untersuchung der Eigenschaften dünner Schichten gehören traditionell zu den charakterisierenden Forschungsthemen an der TU Chemnitz. Insbesondere die Miniaturisierung in der Mikroelektronik fordert ständig neue Entwicklungen hinsichtlich der Schichttypen, ihrer Abscheidung und Eigenschaftsuntersuchung. Hauptrichtungen der Forschung, die durch enge Kooperationen mit der Forschungsprofilinie 3 der TU Chemnitz gekennzeichnet sind, werden hierbei die Entwicklung von nanophasigen Schichten und Nanokompositsschichten, von Leitbahn- und Barrierschichten, von funktionellen Schichten, die zunehmend für die Katalyse an Bedeutung gewinnen, sowie die Modifikation von thermischen Spritzschichten sein.

Nanomaterialien

Das Forschungsgebiet der Nanomaterialien erweitert sich ständig. Hier besitzt die TU Chemnitz nicht zuletzt durch die Einrichtung des Graduiertenkollegs „Akkumulation von einzelnen Molekülen zu Nanostrukturen“ eine gute Ausgangsposition. Hauptthemen sind hierbei kristalline, amorphe und selbststrukturierende Nanomaterialien sowie die Wachstumsprozesse von Nanopartikeln.

Kompakte Materialien mit speziellen Eigenschaften

Die Forschung an kompakten Materialien, bei denen spezielle neuartige Eigenschaftsmerkmale

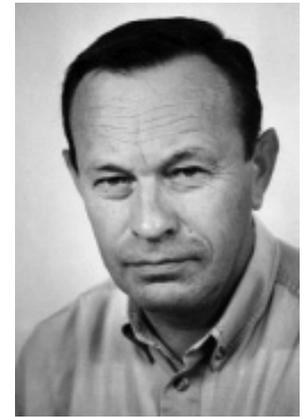
gezielt eingestellt werden können, steht im Mittelpunkt und wird sich vor allem in die Richtungen topologisch ungeordneter Materialien, Hybridmaterialien und Polymere entwickeln. Bei den Hybridmaterialien wird die Kombination organischer und metallischer bzw. anorganischer Stoffe eine wesentliche Rolle spielen, wobei der Schaffung biologisch verträglicher (biokompatibler) Materialien besondere Aufmerksamkeit zukommt.

Verbundwerkstoffe

In Verbundwerkstoffen wird das positive Zusammenwirken der Eigenschaften der Komponenten zum Vorteil des Gesamtwerkstoffs ausgenutzt. Verbundwerkstoffe werden in unterschiedlichen Einsatzgebieten zunehmend Verwendung finden. Auf diesem Gebiet gibt es an der TU Chemnitz eine enge Zusammenarbeit verschiedener Gruppen aus der Fakultät für Maschinenbau, der Fakultät für Naturwissenschaften und der Fakultät für Mathematik. Diese interfakultäre Zusammenarbeit wird auch in Zukunft eine tragende Rolle in diesem Forschungsbereich spielen. Mit den Schwerpunkten faserverstärkte Verbunde und spezielle Verbundwerkstoffe (unter anderem Schichtsysteme) werden gemeinsam mit Industriepartnern auch neue Einsatzgebiete für funktionale Verbundwerkstoffe erschlossen.

Numerische Simulation

Die Modellbildung und Simulation von Materialeigenschaften auf der Basis von Kontinua und ganz besonders auf der Basis realistischer atomarer Strukturen und interatomarer Wechselwirkungen hat sich an der TU Chemnitz zu einem wertvollen Werkzeug entwickelt und nimmt einen immer bedeutenderen Platz bei der Entwicklung neuer Materialien und Werkstoffe ein. Die Voraussetzun-



Prof. Dr. Walter Hoyer, Sprecher der Profilinie 1 und Inhaber der Professur Röntgen- und Neutronendiffraktometrie
Foto: Christine Kornack

gen für solcherart Untersuchungen, die sehr viel Rechenzeit in Anspruch nehmen, sind an der TU Chemnitz mit ihren fortschrittlichen Computer-Cluster-Entwicklungen gegeben.

Grenzflächen

Bei den immer kleineren Nanokristallen oder Schichtdicken bestimmen die Eigenschaften der Grenzflächen zunehmend die Parameter der fertigen Materialien und Werkstoffe. Die Forschung ist auf zwei Schwerpunkte konzentriert: Studium und Beeinflussung der Eigenschaften der Grenzflächen und selbststrukturierende Materialien auf Ober- bzw. Grenzflächen.

In den sechs Schwerpunkten der Forschung in der Materialentwicklung sind die Forschungsaktivitäten von 33 Professuren und Juniorprofessuren aus sechs Fakultäten der TU Chemnitz gebündelt, wobei die Fakultäten für Naturwissenschaften und für Maschinenbau die tragenden Säulen dieser Profilinie sind.

Prof. Dr. Walter Hoyer

Kontakt

Technische Universität Chemnitz
Profilinie 1
Neue Materialien und neue Werkstoffe
Prof. Dr. Walter Hoyer
Professur Röntgen- und Neutronendiffraktometrie
09107 Chemnitz
Telefon 0371/531-3109, -8208
Fax 0371/531-3555
E-Mail hoyer@physik.tu-chemnitz.de
www.tu-chemnitz.de/physik/RND

Was macht das Sandkorn auf der Glasscheibe?

Mit der "Image Load-Theorie" lässt sich Materialversagen prognostizieren und der Oberflächenschutz verbessern

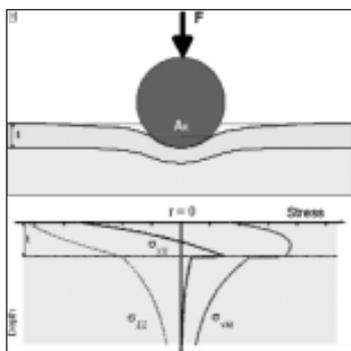
Aus dem täglichen Leben sind dünne Schichten zur Veredelung von Oberflächen schon lang nicht mehr wegzudenken: Unsere Brillengläser sind entspiegelt, billige Plastikgegenstände haben eine attraktive reflektierende metallische Oberfläche, Fensterscheiben sind energiesparend ausgerüstet – dies und vieles mehr wurde durch die Anwendung dünner Schichten möglich. Diese Schichten haben meist eine Dicke im Mikrometer- oder Nanometerbereich und führen also mit sehr geringem Materialeinsatz zu einer enormen Verbesserung des Gebrauchswerts vieler Produkte. Kein Wunder also, dass ihre Bedeutung auch im technischen Bereich immer größer wird. An Oberflächen von Werkzeugen und Maschinen verringern sie zum Beispiel Reibung – und damit den Verschleiß der teuren Anlagen und Teile.

In der Professur Physik fester Körper werden mechanische Eigenschaften dünner Schichten erforscht. Die Bedeutung dieser Eigenschaftsgruppe versteht sich von selbst: Als Oberflächenbeschichtung verwendet, sind die Materialien für dünne Schichten besonderer Belastung ausgesetzt. Die mechanischen Eigenschaften sind aber oft auch dort wichtig, wo es scheinbar gar nicht so sehr auf sie ankommt: Beispielsweise hängen mechanische Spannungen in elektronischen Schaltkreisen von den mechanischen Eigenschaften der verwendeten Materialien ab. Und diese Spannungen können wiederum die elektronische Funktion der Schaltkreise beeinflussen.

Für die Untersuchung der mechanischen Eigenschaften wurde in der Professur eine neuartige Methodik entwickelt, die auf dem "Eindruckversuch" beruht. Bei diesem Versuch wird ein harter, in seiner Form genau bekannter Körper – ein so genannter "Indenter" – in die zu untersuchende Probe eingedrückt und dabei Kraft und Eindringtiefe sehr genau gemessen.

Die wichtigste Variante des Eindruckversuchs ist die Mikrohärtmessung.

In der an der Technischen Universität Chemnitz erarbeiteten Methode ist der Indenter eine kleine aus Diamant hergestellte Kugel. Bestandteil der Methodik ist eine analytische Theorie, mit der die Spannungs- und Dehnungsfelder, die in einer dünnen Schicht und dem darunter liegenden Substrat beim Eindruck der Diamantkugel entstehen, dreidimensional berechnet werden können. Diese Theorie, die als "Image Load-Theorie" bezeichnet wird, wurde von Dr. Norbert Schwarzer im Rahmen seiner Promotion und Habilitation an der TU Chemnitz entwickelt und ausgebaut.



Schematische Darstellung des Kugeleindruckversuchs und der Berechnung von Spannungs- und Dehnungsfeldern bei der Image Load Method.

Im Bild (oben) ist der Eindruck eines kugelförmigen Indenters in ein beschichtetes Substrat schematisch dargestellt. Im unteren Teil des Bildes sieht man als Beispiel drei wichtige Komponenten des Spannungsfeldes, die als Funktion der Tiefe (z-Koordinate) für den Fall $x = y = 0$ berechnet wurden.

Der Kugeleindruckversuch und seine Widerspiegelung in der "Image Load-Theorie" kann auf zweierlei Art angewendet werden – zum einen als Messverfahren, zum anderen aber auch als Simulation eines realen mechanischen Kontakts im konkreten Einsatzfall.

Anwendung als Messverfahren

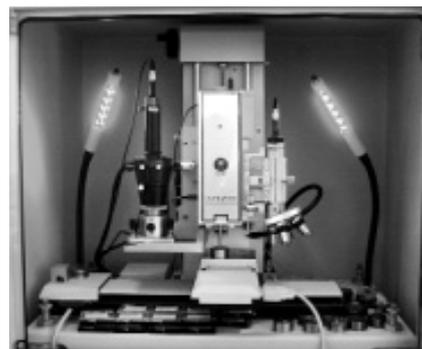
Bei der Anwendung als Messverfahren wird der Kugeleindenter in die Probe gedrückt und die Kraft-Eindringtiefe-Kurve gemessen. Je nachdem, wie dieser Prozess geführt wird, können dann der Elastizitätsmodul, die Fließspannung oder andere mechanische Parameter der Schicht durch Vergleich von Theorie und Experiment ermittelt werden. Die Methode ist dabei außerordentlich empfindlich, wie anhand der Messung des Elastizitätsmoduls einer nur 4,3 Nanometer dicken Kohlenstoffschicht gezeigt wurde. Diese Schichtdicke entspricht etwa einem Fünfzehntausendstel der Dicke eines menschlichen Haares.

Simulation des Versagens

Bei der Simulation des Einsatzfalls wird der Kugeleindruck mithilfe der Theorie im Computer durchgeführt. Je nach angenommenem Durchmesser kann der eindringende Kugeleindenter dann unterschiedliches darstellen: etwa einen makroskopischen Gegenkörper selbst (beispielsweise die Kugel eines Kugellagers), die Spitze einer Oberflächenrauheit des Gegenkörpers oder ein kugelförmiges Sandkorn, das auf die Beschichtung einer Glasoberfläche drückt. Anhand der kritischen Materialkennwerte von Schicht- und Substratmaterial, die zunächst wie oben beschrieben zu ermitteln sind, kann dann das Versagen des Schicht-Substrat-Verbundes – also zum Beispiel Kratzer auf der Glasscheibe – prognostiziert werden. Es ist aber auch möglich, bei der Simulation des Versagens im Computer die Geometrie (Schichtdicken usw.) sowie die kritischen Materialparameter systematisch zu

variieren. Auf diese Weise kann man herausfinden, wie eine Schicht aufgebaut sein muss, die für einen bestimmten Beanspruchungsfall höchstmögliche Widerstandsfähigkeit besitzen soll – wie also das optimale Schichtdesign aussehen muss.

Die "Image Load-Theorie" gestattet die Berechnung der Spannungs- und Dehnungsfelder auch für den Fall, dass neben der üblichen Normalkraft zusätzlich eine Kraft parallel zur Oberfläche auf den Indenter wirkt. Durch diesen weiteren Freiheitsgrad werden völlig neuartige mechanische Messungen möglich. Im vergangenen Jahr wurde der Eindruckversuch mit gleichzeitiger Normal- und Lateralkraft erstmalig auch experimentell realisiert. In einem vom Freistaat Sachsen geförderten Projekt entwickelte die ASMEC GmbH aus Radeberg bei Dresden für die Gruppe von Prof. Richter die LFU (lateral force unit), ein Zusatzgerät zum vorhandenen Nanoindenter UMIS 2000. Die ASMEC GmbH ist eine Ausgründung der TU Chemnitz. Ihr Gründer und



Mit dem Nanoindenter UMIS 2000 werden Elastizitätsmodule an hauchdünnen Schichten gemessen.

Foto: TU Chemnitz/Uwe Meinhold

Geschäftsführer ist Dr. Thomas Chudoba, der während seiner fünfjährigen Tätigkeit an der TU Chemnitz wesentlich zur Entwicklung der "Image Load-Theorie" beigetragen hat (siehe Seite 6).

Prof. Dr. Frank Richter
Professur Physik fester Körper

Eine Frage der Benetzung

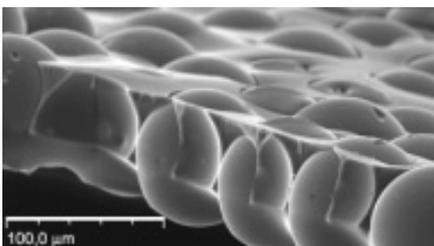
Professur Physikalische Chemie produziert ultradünne Membranen

Eine ultradünne Membran gefällig? – Nichts einfacher als das: Man verteile ein wenig Öl auf eine Wasseroberfläche und härte es aus. Dann hebe man die dünne feste Schicht, die sich gebildet hat, als freitragende Membran von der Wasseroberfläche ab. Et voilà!

Allerdings ist da noch ein Problem: Es gibt kein aushärtbares Öl, das auf einer Wasseroberfläche eine Benetzungsschicht der angestrebten Dicke von einigen hundert Nanometern bildet. Von wenigen Ausnahmen abgesehen bilden organische Flüssigkeiten wie eben Öl auf einer Wasseroberfläche „Fettaugen“ anstelle einer gleichmäßigen Schicht.

Grund hierfür sind keine kurzreichweitigen Wechselwirkungen zwischen sich berührenden Molekülen (wie zum Beispiel Wasserstoffbrückenbindungen), sondern Wechselwirkungen zwischen den permanenten und induzierten Dipol-Momenten im Öl über Längenskalen von einigen hundert Nanometern. Diese bewirken, dass die attraktiven Kräfte der organischen Moleküle untereinander größer sind als die Wechselwirkungen mit dem unter der Oberfläche liegenden Wasser – eine Schichtbildung bleibt aus. Und klassische Tenside, die in anderen Fällen erfolgreich als Benetzungshilfen eingesetzt werden, können nur kurzreichweitige Wechselwirkungen beeinflussen. Sie sind daher in dem hier betrachteten Fall ungeeignet, eine Benetzung der Wasseroberfläche durch ein Öl zu unterstützen. Also muss man größere Objekte, zum Beispiel Partikel, als Benetzungshilfsmittel einsetzen.

Genau darum geht es in dem an der Professur Physikalische Chemie entwickelten Forschungsgebiet: der partikel-assistierten Benetzung. Dass Partikel grenzflächenaktiv sind, ist schon seit langem bekannt und wird in der Technik – zum Beispiel beim Formulieren langzeitstabiler Emulsionen – seit über hundert Jahren eingesetzt. Doch als Benetzungshilfsmittel werden Partikel hier erstmalig verwendet.



Kompositschicht aus Partikeln und Öl, auf einer Wasseroberfläche ausgehärtet

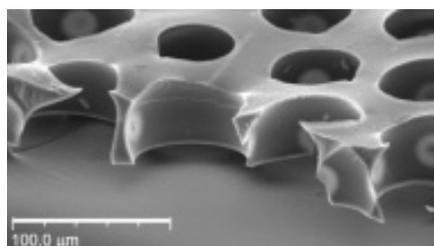
Die Partikel werden mit dem Öl zusammen auf eine Wasseroberfläche aufgebracht, breiten sich auf der Wasseroberfläche aus und bieten dem Öl eine neue Oberfläche an, auf dem es sich ausbreiten kann. Insbesondere von Vorteil ist, dass die Partikel aus einem Material bestehen, das günstige langreichweitige Wechselwirkungen mit dem Öl aufweist. Und mit einem Durchmesser von einigen hundert Nanometern sind sie groß genug, um die ungünstigen Wechselwirkungen des Öls mit dem Wasser abzuschirmen. Nach dem Ausbreiten der Mischung aus Partikeln und dem Öl muss man letzteres nur aushärten – fertig ist eine Membran aus einem stark vernetzten Polymer, an deren Unterseite Partikel eingebettet sind.

Hier geht die Forschung in Chemnitz aber noch weiter: Reduziert man nämlich die Menge an Öl, so bildet sich eine so dünne Membran, dass die Partikel sowohl die obere als auch die untere Grenzfläche der ausgehärteten Ölschicht durchstoßen. Entfernt man nun die Partikel, bleibt eine dünne poröse Membran zurück. Diese Membran hat maximale Porosität, eine Dicke unterhalb der Porengröße und eine einheitliche, über die Partikeldurchmesser einstellbare Porengröße von einigen dutzend Nanometern bis zu einigen hundert Mikrometern.

Solche porösen Membranen sind vor allem für fortschrittliche Filtrationsanwendungen wie die Steril- oder Querflussfiltration, aber auch als Masken und Modell zur Nanostrukturierung von Oberflächen interessant. Denn hier benötigte Membranen ließen sich in der gewünschten Qualität bisher nur in aufwändigen Lithografiertechniken in Flächen von maximal einigen Dutzend Quadratcentimetern herstellen. Das hier entwickelte Verfahren hingegen ist deutlich einfacher und die Membrangröße ist im Prinzip nicht in der Fläche beschränkt.

www.tu-chemnitz.de/physchem

Prof. Dr. Werner A. Goedel
Professur Physikalische Chemie

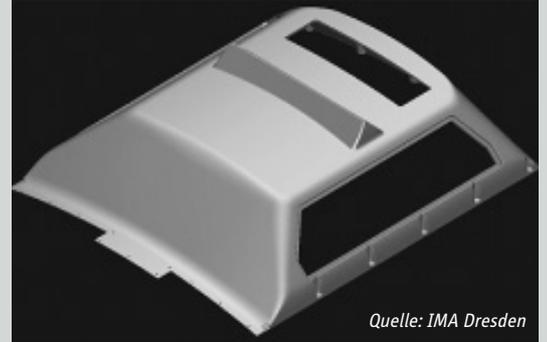


Nach Herauslösen der Partikel bleibt eine poröse Membran zurück. Fotos: David Marczewski/Claudia Greiser

News

Faserverbunde im ICE

Je leichter ein Fahrzeug ist, desto weniger Energie braucht es für seinen Antrieb. Deshalb forscht die Professur Konstruktion im Allgemeinen Maschinenbau an Faserverbunden, die in Funktionsbauteilen von



Quelle: IMA Dresden

Fahrzeugen eingesetzt werden können. Gemeinsam mit der Lätzsch GmbH Kohren-Sahlis wurde zum Beispiel die Abdeckhaube für die Klimaanlage des ICE 3 neu entworfen, die bereits erfolgreich in der Praxis eingesetzt wird.

Prof. Dr. Eberhard Köhler
Professur Konstruktion im Allgemeinen Maschinenbau

Thermisch gespritzt

Leichtbauwerkstoffe erweitern das Anwendungsfeld von Schichtwerkstoffen, wenn sie zur Verbesserung der Verschleißbeständigkeit aufgebracht und fest verankert werden. Dynamisch belastete Bauteile aus hochfesten Aluminiumlegierungen können mit Verschleißschutzschichten hervorragender Haftfestigkeit bei simultaner Verbesserung der Schwingfestigkeit beschichtet werden. Ein Beispiel für entsprechende Anwendungen, die an der Professur Verbundwerkstoffe entwickelt werden, sind Verschleißschutzschichten im Einsteckbereich abnehmbarer Anhängerkupplungen.

Prof. Dr. Bernhard Wielage
Professur Verbundwerkstoffe

Hybridmaterialien

Die synergistische Verknüpfung moderner Polymer-synthesen, der Sol-Gel-Chemie und von chemischen Reaktionen auf molekularer Basis, werden in der Professur Polymerchemie genutzt, um neue Hybridmaterialien für verschiedene technische Anwendungen zu entwickeln. Zum Beispiel werden Eintopfverfahren zur Partikelbeschichtung erforscht, wobei gleichzeitig Funktionalitäten (Farbe) und Oberflächenpolarität eingestellt werden können.

www.tu-chemnitz.de/chemie/polymer/

Prof. Dr. Stefan Spange
Professur Polymerchemie

Neues Gerät zur mechanischen Oberflächencharakterisierung

Ausgründung aus der TU Chemnitz stellt neuartigen "Universellen Nanomechanischen Tester" her

Als Ausgründung aus der Technischen Universität Chemnitz wurde letztes Jahr die ASMEC Advanced Surface Mechanics GmbH gegründet. Mitgründer und Geschäftsführer Dr. Thomas Chudoba hat viele Jahre auf dem Gebiet der mechanischen Charakterisierung von Oberflächen und dünnen Schichten gearbeitet. Ein im Rahmen dieser Arbeit entstandenes Patent hat seine Firma inzwischen übernommen. Die Mitarbeiteranzahl ist inzwischen von vier auf sieben gewachsen.

Das Unternehmen verfolgt das Ziel, Hardware, Software, sowie Mess- und Optimierungsdienstleistungen in Zusammenhang mit der Oberflächenmechanik zu entwickeln und aus einer Hand anzubieten. Auf dem Gebiet der Forschung arbeitet die ASMEC GmbH Seite an Seite mit der Arbeitsgruppe von Prof. Dr. Frank Richter (Professur Physik fester Körper), wobei bereits gemeinsame Publikationen eingereicht wurden. Seit April 2005 ist das neueste Produkt verfügbar, der "Universelle Nanomechanische Tester" UNAT. Er stellte eine völlig neue Geräteklasse dar. Im Gegensatz zu so genannten Nanoindentern, Scratchtestern und Tribometern arbeitet er mit zwei senkrecht zueinander angeordneten Messköpfen, die völlig unabhängig voneinander und mit annähernd der

gleichen Kraft- und Wegauflösung betrieben werden. Sie liegt bei maximalen Verschiebungen von $\pm 100 \mu\text{m}$ im Bereich von 1-2 nm und bei maximalen Kräften von $\pm 2 \text{ N}$ bei 5-10 μN . Diese hohe Auflösung erlaubt es, so genannte Kraft-Ver-

beliebige feste Materialien ausgetauscht werden. Dadurch können die tatsächlichen Reibpaarungen, wie sie in der Praxis ständig auftreten, im Labor mit Nanometer-Auflösung nachgebildet werden – und das auch bei Anwesenheit von Schmierfilmen.



Dr. Thomas Chudoba (2.v.l.) und Dr. Volker Linß (4.v.l.), beide ehemalige Mitarbeiter der TU Chemnitz, mit dem Team der ASMEC Advanced Surface Mechanics GmbH, im Vordergrund der Universelle Nanomechanische Tester.
Foto: ASMEC GmbH

schiebungskurven beim Eindringen von Diamantkörpern in die Oberfläche dünner Schichten zu messen, und daraus Materialparameter wie zum Beispiel den Elastizitätsmodul oder die Fließgrenze, abzuleiten. Das ist die Voraussetzung für eine zuverlässige mechanische Bewertung und Optimierung von Schutzschichten in industriellen Anwendungen. Die Diamantspitze kann gegen

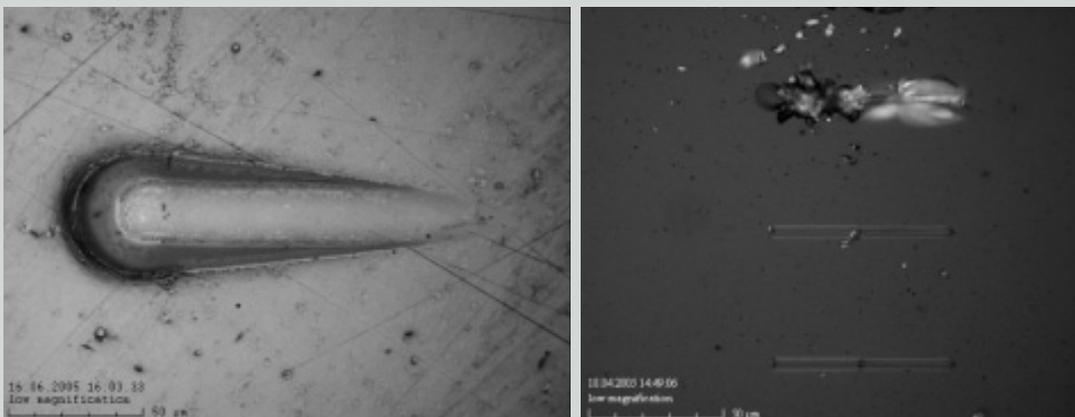
Damit lassen sich wertvolle Rückschlüsse für eine Optimierung der Schichtsysteme im Reibkontakt und für das gesamte Tribosystem gewinnen. Selbst Schichten von nur wenigen Nanometern Dicke sind noch messbar, wobei es physikalisch bedingt Grenzen für die Ermittlung der einzelnen Parameter gibt.

Das Gerät besitzt eine hochauflösende Optik, die optional durch

ein Atomkraftmikroskop ergänzt werden kann. Durch die hohe Positioniergenauigkeit der absolut messenden Positionierungssysteme von $1 \mu\text{m}$ gibt es keine Probleme beim Wiederfinden der Messstellen.

Durch die Kombination der zwei Messköpfe, die beide in Druck- und Zugrichtung arbeiten, ergeben sich eine Vielzahl neuer Messmöglichkeiten, die attraktive neue Forschungsthemen ermöglichen. Auch die Arbeitsgruppe von Prof. Richter nutzt einen zusätzlichen lateralen Messkopf der ASMEC GmbH an einem Nanoindenter des Typs UMIS-2000. So können zum Beispiel laterale Anisotropien in Materialien festgestellt oder Ermüdungstests an Schichten durchgeführt werden. Viele mechanische Probleme aus der Beschichtungstechnik, der Mikrosystemtechnik, der Mikroelektronik, der Tribologie oder der Nanotechnologie sind erforschbar. Unterstützt werden die experimentellen Untersuchungen durch theoretische Modellierungen, die Dr. Norbert Schwarzer im Rahmen seiner Promotion und Habilitation in der Arbeitsgruppe von Prof. Richter gemacht hat.

Die hohe Kompetenz der Mitarbeiter der ASMEC GmbH und die attraktive neue Messtechnik waren der Grund dafür, dass die Firma an vielen nationalen und internationalen Projekten beteiligt wurde. Doch vor allem der Kontakt zur TU Chemnitz wird auch in Zukunft eine wichtige Rolle spielen.



Ritztest mit einer $50 \mu\text{m}$ -Radius Diamantkugel in eine $5 \mu\text{m}$ dicke Goldschicht (links), wobei die Normalkraft von rechts nach links bis auf 2 N erhöht wurde. Die Ritzlänge beträgt $140 \mu\text{m}$ und die maximale Eindringtiefe $4,5 \mu\text{m}$. Das Bild wurde aus mehreren Bildern einer Fokusserie zusammengesetzt, um die nötige Schärfentiefe zu gewährleisten. Ritztests mit einem Berkovich-Indenter in Quarzglas (rechts). Die unteren beiden Spuren wurden mit 50 mN Normalkraft erzeugt. Bei der oberen Spur wurde die doppelte Normalkraft von 100 mN verwendet. Während bei der kleineren Last nur plastische Deformation auftritt, kommt es bei der höheren Kraft zu merklichen Ausbrüchen. Fotos: ASMEC GmbH

Kontakt

ASMEC Advanced Surface Mechanics GmbH
Dr. Thomas Chudoba
Bautzner Landstraße 45
01454 Radeberg OT Rossendorf
Telefon 0351/2695-345
Fax 0351/2695-346
E-Mail info@asmecc.de
www.asmecc.de

Teppiche aus Millionen Molekülen

Neue Montagetechnologien für die Nanowelt

In der Natur entstehen unter geeigneten Umgebungsbedingungen sehr komplexe Strukturen: "Molekulare Großgeräte" wie Zellen oder gar makroskopische Lebewesen. Dabei spielt die Selbstassemblierung eine Hauptrolle - eine molekulare "Montagetechnologie", bei der nicht wie in der konventionellen Technik Baustein für Baustein nacheinander zusammengefügt wird, sondern sehr viele Bausteine auf einmal ihre Zielposition finden. Solche Systeme können auch Beschädigungen teilweise selbst reparieren. Grund genug, sich näher mit diesen Fertigungsprozessen zu befassen, findet die Arbeitsgruppe "Analytik an Festkörperoberflächen".

Dafür müssen zunächst relativ einfache Modellsysteme erforscht werden, um hinter die Geheimnisse der natürlichen Wachstums- und Strukturbildungsprozesse zu gelangen. Das DFG-geförderte Graduiertenkolleg "Akku-mulation von Einzelmolekülen zu Nanostrukturen" untersuchte deshalb zum Beispiel ca.

zwei Nanometer große Naphthalocyanin-Moleküle. Diese bilden auf kristallinen Graphitoberflächen regelmäßig gemusterte "Teppiche", die nur eine einzige Moleküllage dick sind: Mehrere Millionen Moleküle lagern sich hier nahezu fehlerfrei aneinander.

Solche Systeme können mit organischer Molekularstrahlepitaxie im Ultrahochvakuum hergestellt und mit einem Raster-Tunnel-Mikroskop (STM) abgebildet werden. Dabei führen kleine chemische Veränderungen der Moleküle zu völlig neuen Mustern. Die im Graduiertenkolleg vom Doktoranden Thiruvancheril Gopakumar erzielten Ergebnisse wurden im Juli 2005 auf der weltgrößten STM-Konferenz in Sapporo vorgestellt.

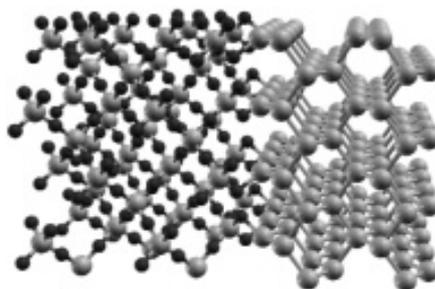
Im nächsten Schritt werden "dickere" Teppiche oder auch das "Einweben" anderer Moleküle untersucht, um neue Materialien für elektronische Bauelemente zu finden.

*Prof. Dr. Michael Hietschold
Professur Analytik an Festkörperoberflächen*

Teure Experimente einsparen

Eigenschaften neuer Materialien werden per Simulation vorher gesagt

Die Strukturen hochintegrierter elektronischer Schaltkreise werden immer kleiner: Speziell die Gateoxide von Transistoren bestehen nur noch aus wenigen atomaren Schichten - die Mikroelektronik geht in die Nanoelektronik über. Um diesen Trend der Verkleinerung aufrechtzuerhalten, müssen für die nächsten Generationen von Schaltkreisen neue Materialien entwickelt werden. Die Struktur und die elektronischen Eigenschaften gegenwärtig eingesetzter sowie neuer Materialien und deren Grenzflächen sind von der Zusammensetzung wie auch von Herstellungsverfahren abhängig, die immer aufwändiger werden. Zur Kosten- und Zeitersparnis bei der Entwicklung und Herstellung werden daher in zunehmendem Maße die Eigenschaften der Materialien mit atomskaligen quantenmechanischen "ab-initio"-Verfahren berechnet, die es erlauben, Eigenschaften wie Bandlücken, dielektrische Funktionen, Leckströme sowie die Zuverlässigkeit vorherzusagen und damit teure Experimente zu sparen. Bei den dabei zu untersuchenden atomaren Systemen handelt es sich um komplexe quantenmechanische Vielteil-



Berechnete Struktur der Grenzfläche zwischen Si und SiO₂. Hell ist Silizium, dunkel Sauerstoff.

Grafik: Philipp Plänitz

chensysteme, die extrem aufwändig und schwierig zu berechnen sind. Daher wird für die genannten Berechnungen der Chemnitzer Linux Cluster CLiC genutzt (siehe auch Profillinie 6, Seiten 37-44). Gegenwärtig werden an der Technischen Universität Chemnitz in Zusammenarbeit mit der Halbleiterindustrie vorrangig neue Materialsysteme für Gateoxide berechnet.

*Prof. Dr. Christian Radehaus
Professur Opto- und Festkörperelektronik*

Organisch dekoriert

Physiker verknüpfen klassische Halbleiter mit organischen Molekülen

Der Einsatz von organischen Materialien weitet sich rasant aus, wie in den vergangenen Jahren zum Beispiel die schnelle Realisierung von organischen Leuchtdioden (OLEDs) gezeigt hat. Auch in der Solartechnologie, der Sensorik und in der biologisch bzw. medizinisch relevanten Analytik ist dieser Trend zu beobachten. Besondere Vorteile organischer Materialien sind ihre vielfältig mögliche Funktionalisierung und die darauf beruhende Selbstaggregation zu funktionellen Einheiten. Naturgemäß ist die Dimensionierung von Einheiten, wie zum Beispiel molekularen Maschinen oder Bauelementen, auf der Nanometerskala anzusiedeln. Sie stellen somit als natürliche "bottom-up"-Systeme eine komplementäre Ergänzung zur konventionellen "top-down"-Technologie dar.

Die Vorteile einer solchen auf molekularen Systemen beruhenden Materialentwicklung lassen sich noch erweitern, wenn man sie mit nanostrukturierten anorganischen Materialien, wie halbleitenden "Quantendots", metallischen Nanokristallen und lithographisch funktionalisierten halbleitenden Oberflächen, verbindet. Ziel einer Forschergruppe an der Technischen Universität Chemnitz ist es, elementare Prozesse, wie optisch induzierten Ladungstransfer sowie chemische Reaktions- und Relaxationsabläufe, an inneren und äußeren Grenzflächen zu charakterisieren und auf dieser Basis die Eigenschaften und Funktionen organisch-anorganischer Heterostrukturen zu optimieren. Im Mittelpunkt stehen dabei organische Farbstoffmoleküle in Verbindung mit Halbleiteranokristallen sowie lithografisch modifizierte Si- und SiO₂-Oberflächen, die mit organischen Molekülen "dekoriert" werden können, um zum Beispiel molekulare Drähte zu realisieren.

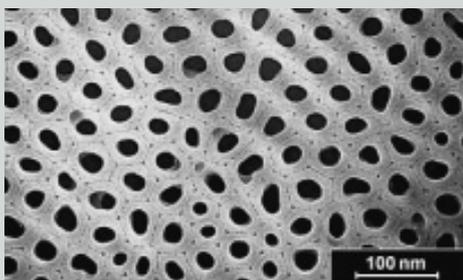
Auf der Nanometer- und Sub-Mikrometerskala werden außerdem mittels optischer Verfahren molekulare Diffusionsprozesse untersucht, deren elementares Verständnis für die Untersuchung und Optimierung von Reaktions- und Katalysestrategien auf kleinstmöglicher Skala vonnöten ist. Daneben ist die Weiterentwicklung einer höchstsensitiven optischen Analytik vor allem unter Verwendung des Nachweises einzelner Quantensysteme von entscheidender Bedeutung. Entsprechende Verfahren wurden auch unter maßgeblicher Beteiligung der Chemnitzer Arbeitsgruppe, die in der Fakultät für Naturwissenschaften dem Schwerpunkt "Molekulare Materialien" und dem "Center for nanostructured Materials and Analytics (NanoMA)" angehört, im vergangenen Jahrzehnt äußerst erfolgreich entwickelt.

*Prof. Dr. Christian von Borzyskowski
Professur Optische Spektroskopie und Molekülphysik*

Schutz und Design

Galvanische Schichtwerkstoffe für besseres Korrosionsverhalten

Auf dem Gebiet der galvanischen Schichtwerkstoffe konzentriert sich die Entwicklung an der TU Chemnitz auf elektrolytisch und chemisch abgeschiedene Dispersionsschichten. Neben Nickeldispersionsschichten auf Stahl und Aluminiumlegierungen gewinnen auch Eisen- und Kupferdispersionsschichten an Bedeutung. In den letzten Jahren liegt der Schwerpunkt der Forschung bei der elektrolytischen Mitabscheidung



Elektronenmikroskopische Aufnahme einer durch anodische Oxidation erzeugten Aluminiumoxidschicht.

Foto: Harry Podlesack & Gert Alisch

nanoskaliger Teilchen auf der Basis von Al_2O_3 , TiO_2 , SiC , CeO_2 und SiO_2 . Bei geeigneter Inkorporation ist es möglich, sowohl die Härte als auch den Verschleißwiderstand durch den Einsatz von Nanopartikeln zu verbessern und auch das Korrosionsverhalten zu begünstigen.

In einem weiteren Entwicklungsschwerpunkt werden, aufbauend auf Erfahrungen zum Elektrostrahlumerschmelzlegieren von Magnesiumlegierungen, in einem zweistufigen Prozess Zinkbeschichtungen mittels galvanischer Abscheidung auf verschiedene Magnesiumlegierungen aufgebracht und umgeschmolzen. Damit wird der Korrosionsschutz von Magnesiumlegierungen verbessert. Trotz offener Fragen wird durch die erfolgreiche Randschichtmodifizierung (Beschichten und Umschmelzen) mittelfristig, zum Beispiel für Bauelemente des konstruktiven Leichtbaus im Automobil-Innenbereich sowie für schnell bewegte Hebelsysteme des Textilmaschinenbaus, ein wirksamer Schutz gegen Korrosion verfügbar sein.

Ein weiterer Schwerpunkt in der Forschung konzentriert sich gegenwärtig auf anodisch oxidierte Aluminiumoxidschichten mit verbesserten Eigenschaften. Die Schichten werden durch ein neuentwickeltes, hoch effektives anodisches Oxidationsverfahren erzeugt und gewährleisten durch ihren speziellen Werkstoffaufbau eine hohe elektrische Durchschlagsfestigkeit.

Prof. Dr. Bernhard Wielage
Professur Verbundwerkstoffe

Goldschmiede an feinstem Draht

Mit numerischen Verfahren werden schnellere Elektronik-Bauteile entworfen

In Sachsen hat die Goldschmiedekunst eine lange Tradition: Die erste Münze wurde in spätototonischer Zeit geprägt. Heute erforschen Wissenschaftler um Prof. Dr. Michael Schreiber die physikalischen Eigenschaften extrem dünner Drähte aus edlen Metallen wie Gold, Silber und Palladium. Diese Drähte sind im Gegensatz zu den früher geprägten Münzen nur wenige Atome dick, also bis zu einer Million mal dünner als ein menschliches Haar. Diese Begrenzung in zwei der drei Raumrichtungen führt zu Abweichungen von den physikalischen Eigenschaften eines dreidimensional ausgedehnten Festkörpers. Mit numerischen Verfahren zur Simulation von Materialeigenschaften werden von PD Dr. Sibylle Gemming und weiteren Mitarbeitern Methoden und Materialien für den Nanometerbereich erforscht, die dazu beitragen, schnellere und energieeffizientere Nanoelektronik-Bauelemente zu konzipieren.

Ein Schwerpunkt der Arbeit liegt dabei auf

der Metallisierung selbst. Die dafür eingesetzten numerischen Verfahren erlauben es, neben der konkreten Atomanordnung auch die elektronischen Eigenschaften von Metall-Legierungen, zum Beispiel ihre Leitfähigkeit, zu berechnen. So konnte gezeigt werden, dass die experimentell beobachtete Quantisierung der Leitfähigkeit im direkten Zusammenhang zur atomistischen Struktur steht und proportional zur Zahl der Edelmetallatome im Drahtquerschnitt ist. Legieren von Gold mit anderen Metallen erhöht die mechanische Belastbarkeit des Nanodrahts, vermindert aber im Fall des Palladiums die Leitfähigkeit. Da ferner eine Abhängigkeit der Atomanordnung von der elastischen Verspannung des Drahtes gefunden wurde, besteht auch die Möglichkeit, nanoskalige Leitfähigkeitseigenschaften durch eine makroskopische mechanische Belastung gezielt zu steuern.

Prof. Dr. Michael Schreiber
Professur Theorie ungeordneter Systeme

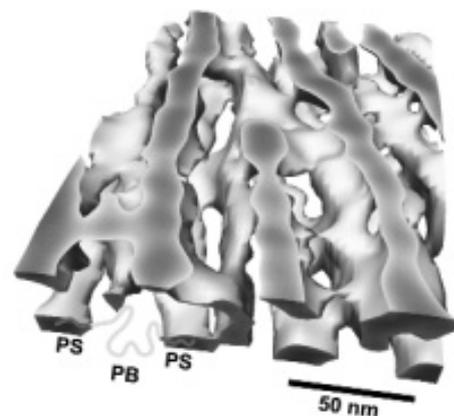
Ausgrabungen im Nanobereich

Nanotomographie bildet Gefügestrukturen dreidimensional ab

Moderne Werkstoffe weisen oft Gefügestrukturen im Nano- und Mikrometermaßstab auf, die sich mit den meisten der heute verfügbaren Mikroskopietechniken nur zweidimensional abbilden lassen. Dies erschwert das Verständnis der Struktur-Eigenschafts-Beziehungen vieler Werkstoffe.

Die Nanotomographie könnte hier Abhilfe schaffen. Die neue Mikroskopiemethode, die auf der vielseitigen Rastersondenmikroskopie beruht, ähnelt einer Ausgrabung im Nanobereich: Von der zu untersuchenden Probe werden schrittweise wenige Nanometer dicke Schichten abgetragen (zum Beispiel durch nasschemisches Ätzen, Plasmaätzen oder chemomechanisches Polieren) und nach jedem Abtragschritt wird die freigelegte Probenoberfläche mittels Rasterkraftmikroskopie abgebildet. Dabei werden sowohl die Form der Oberfläche als auch lokale Materialeigenschaften mit höchster Ortsauflösung erfasst. So erhält man einen Stapel von Schichtbildern mit nur wenigen Nanometern Zwischenabstand, aus dem die räumliche Struktur der Probe rekonstruiert wird.

Gefördert von der VolkswagenStiftung haben Prof. Robert Magerle und seine Mitarbeiter inzwischen verschiedene polymere Materialien und metallische Legierungen mit zehn Nanometer



Nanotomographie eines synthetischen Gummis
Quelle: R. Magerle, *Phys. Rev. Lett.* 85, 2749 (2000); (c) 2000 by the American Physical Society.

Auflösung abgebildet. Ziel ist, die Nanotomographie weiter zu erforschen und auf aktuelle Fragestellungen der Materialwissenschaften anzuwenden. Zum Beispiel könnten die dreidimensionalen Bilder der Gefügestruktur – kombiniert mit Messungen der Mikromechanik – als Ausgangspunkt für eine sehr viel realistischere Modellierung der mechanischen Eigenschaften neuer Werkstoffe genutzt werden, als das bisher möglich war.

Prof. Dr. Robert Magerle
Professur Chemische Physik

Kooperation für neue Materialien

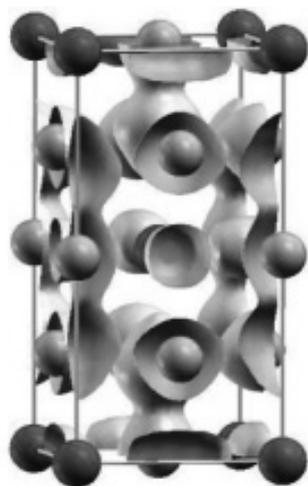
Physik-Professuren forschen gemeinsam im Nanobereich

Entscheidend für die gezielte Herstellung moderner Materialien maßgeschneiderter Funktionalität (ganz allgemein aber bei jeder Strukturbildung) ist das Verständnis des Verlaufs von Selbstorganisationsprozessen auf der Längenskala Nanometer, also oberhalb der atomaren Ausdehnung. Die Aufklärung der insbesondere im Hinblick auf Materialeigenschaften grundlegenden globalen Struktur-Elektronen-Wechselbeziehungen bei der Bildung von Phasen rückt zunehmend in den Bereich möglicher experimenteller und theoretischer Untersuchungen. Damit besteht die Chance und die Notwendigkeit, bisher vorwiegend empirische Zweige der Materialentwicklung durch naturwissenschaftlich begründete Konzepte zu ergänzen und völlig neue Möglichkeiten zu eröffnen.

Mit dieser Blickrichtung entstand am Institut für Physik der TU Chemnitz eine Kooperation zwischen vier Professuren, geleitet von den Professoren Dr. Peter Häussler, Dr. Walter Hoyer, Dr. Heinrich Solbrig und Dr. Jens-Boje Suck (jetzt emeritiert), um vorwiegend in nichtkristallinen Phasen das Zusammenwirken von Atomverteilung, elektronischen Eigenschaften und atomarer Dynamik zu untersuchen. An Materialien unterschiedlicher Bindungstypen und Zusammensetzung wurden dabei Merkmale einer "globalen Elektronen-Ionen-Resonanz" experimentell nachgewiesen. Eine konsistente Erklärung finden die in ausgedehnten Materialklassen experimentell ermittelten Daten in dem durch Hume-Rothery und Jones begründeten Interferenzbild der Phasenstabilität, das sich erstaunlich aufnahmefähig erweist für die Einbeziehung von Hybridisierung, Ionizität und Kovalezenz. Mit dem erarbeiteten physikalischen Konzept lassen sich praktisch alle Eigenschaften elektronischen Transports beschreiben.

Nichtkristalline Phasen sind die Precursoren der Kristalle und eignen sich deshalb besonders gut für das Studium

der Strukturbildung und der damit korrelierten Entwicklung bestimmter Eigenschaften der Materialien. Dabei kommen Methoden der Tieftemperatur- und Dünnschichtphysik, der Physik der Flüssigkeiten, verschiedene Diffraktometrien und die Computersimulation



Die berechnete Struktur der Elektronenverteilung zwischen den Atomen in einer Aluminium-Vanadium-Verbindung. Sie erklärt die anisotrope elektrische Leitfähigkeit des Materials: Der Stromtransport findet bevorzugt entlang der "Elektronenschläuche" statt.

Grafik: Arbeitsgruppe Solbrig

zum Einsatz. Die gemeinsamen wissenschaftlichen Interessen sind zum größten Teil der materialorientierten Grundlagenforschung zuzurechnen. Mit bestimmten Partnern ergeben sich aus diesem Umfeld aber auch praktisch unmittelbar anwendbare Ergebnisse, zum Beispiel in der nach der aktuellen Gesetzeslage der EU erforderlichen Entwicklung bleifreier Lote. An Silber-Kupfer-Zinn-Legierungen und anderen neuartigen Speziallegierungen werden dazu Materialparameter, wie Viskosität, spezifische Oberflächenenergie und Benetzungsverhalten, gemessen, die die Einzeleigenschaften und Qualität der Lotverbindungen entscheidend mitbestimmen.

Prof. Dr. Peter Häussler, Professur Physik dünner Schichten, Prof. Dr. Walter Hoyer, Professur Röntgen- und Neutronendiffraktometrie & Prof. Dr. Heinrich Solbrig, Professur Struktur und Elektronenstruktur nichtkristalliner Materialien

Ein Ersatz für Aluminium

Professur Anorganische Chemie erforscht metallische Dünnschichten auf Kupferbasis

Metallische Dünnschichten spielen in der Halbleitertechnologie und in der Mikrosystemtechnik eine herausragende Rolle. Nach ihrer Strukturierung - beispielsweise durch Photolithographie oder durch Nass-Ätzprozesse - dienen sie als Leiterbahnen zur Kontaktierung und Verknüpfung von Bauelementstrukturen.

Bei den modernen Speicherchip-Generationen verdrängt Kupfer zunehmend das über viele Jahre bewährte Aluminium. Um die entsprechenden metallischen Dünnschichten abzuscheiden, werden in aller Regel Verdampfungs- und Zerstäubungstechniken eingesetzt: Neben elektrolytischen Methoden, bei denen die Abscheidung in der flüssigen Phase erfolgt, werden bei der Abscheidung von Kupferschichten zunehmend auch Verfahren der Gasphasenabscheidung angewandt: Bei diesem Verfahren mit der Fachbezeichnung "Chemical Vapour Deposition" werden flüssige, metallorganische oder komplexchemische Verbindungen bei geringem Druck in den gasförmigen Zustand gebracht und auf eine heiße Oberfläche gedampft.

An der Professur Anorganische Chemie werden die für den Prozess der Schichtabscheidung notwendigen Kupfer(I)-, Kupfer(II)- und Silber(I)-Precursoren auf metallorganischer und komplexchemischer Basis entwickelt. Diese Precursorsysteme gelten als Vorläuferverbindungen für die metallischen Dünnschichten.

Synthese und Charakterisierung

Hauptaufgabe ist, Systeme synthetisch zugänglich zu machen, die den Anwendungsanforderungen entsprechen. Zum Beispiel müssen sie sich leicht verflüchtigen und zudem möglichst lange haltbar sein sowie sich in größeren Mengen synthetisch herstellen lassen. Unter diesem Gesichtspunkt werden an der TU Chemnitz bestimmte Metall-Organyl-Precursoren sowohl synthetisiert als auch charakterisiert und anschließend daraufhin untersucht, ob sie sich zur Abscheidung von Metallschichten (Kupfer, Silber) auf unterschiedlichen Substraten eignen.

Der Prozess der Schichtabscheidung wird dann für aussichtsreiche Ausgangsverbindungen entwickelt. Dabei werden die erzeugten Schichten auch hinsichtlich ihrer chemischen Zusammensetzung, Homogenität und Mikrostruktur analysiert und zugleich auf ihre mechanischen und elektrischen Eigenschaften hin untersucht.

Parallel dazu werden Untersuchungen zum Wachstumsmechanismus der Metallschichten angestellt. Es ist zu erwarten, dass diese Ergebnisse erste Rückschlüsse erlauben, wie sowohl die Zusammensetzung und damit die Synthese geeigneter Kupfer(I)-, Kupfer(II)- bzw. Silber(I)-Systeme als auch der Abscheidungsprozess der Dünnschichten optimiert und gestaltet werden kann.

Hinsichtlich der Herstellung nanostrukturierter Materialien werden an der Professur Anorganische Chemie in weiteren Schwerpunkten Spin-On- und ALD-Precursoren, Dendrimere, Präkeramische Materialien, Chemische Sensoren, molekuläre Drähte und Metallschäume untersucht.

Prof. Dr. Heinrich Lang
Professur Anorganische Chemie

Manipulation von Licht

Juniorprofessur untersucht optische Phänomene in Nanostrukturen

Die Manipulation von Licht durch Nanostrukturen öffnet den Weg für eine neue Informationsverarbeitung, die weitgehend losgelöst von der heutigen Mikroelektronik sein wird. Einzelne Moleküle, Defektstrukturen oder Halbleiternanokristalle dienen als Lichtquellen und liefern "auf Befehl" einzelne Photonen. Quantenphänomene realisieren logische Verknüpfungen zwischen Photonen – neue Materialien, wie photonische Kristalle oder Metall-Nanostrukturen bilden, optische Leiterbahnen und Speicher. Die Phänomene, die diesen neuen photonischen Technologien zugrunde liegen, verschmelzen die Quanteneigenschaften von Licht mit Konzepten aus der Halbleiter-, Festkörper- und Molekülphysik.

Eine Juniorprofessur an der TU Chemnitz widmet sich der Unter-

suchung optischer Phänomene in photonischen Nanostrukturen. Kern der Experimente ist der Aufbau und die Charakterisierung neuer photonischer Strukturen, die aus der Wechselwirkung einzelner Bausteine entstehen. Zum Beispiel werden künstliche "Moleküle" aus Halbleiternanokristallen durch Selbstorganisation an Oberflächen erzeugt, um eine neue Klasse von optisch aktiven Materialien zu schaffen. Photonische Kristalle – so genannte "Halbleiter für Licht" – werden aus kolloidalen Partikeln hergestellt.

Die Arbeitsgruppe experimentiert dazu in einzigartigen Versuchen an einzelnen Halbleiterquantenpunkten in photonischen Kristallen, deren Fluoreszenzlicht im photonischen Kristall gebündelt und stark gerichtet ausgesendet werden kann. Weiterhin wird an den Grundlagen

gearbeitet, die eine Speicherung von Licht durch optische Anregungen von Chromophoren in photonischen Kristallen oder Metall-Nanostrukturen erlauben. Solche Phänomene könnten in neuen Lichtquellen für die ultra-hochauflösende optische Mikroskopie, in optischen Speicherbausteinen oder Lasersystemen Anwendung finden.

Die Prozesse zur Herstellung dieser Nanostrukturen beruhen weitgehend auf Wechselwirkungen an fest-flüssig-Grenzflächen, die auch für die Mikrofluidik, die Bioanalytik oder fest-flüssig-Reibung eine entscheidende Rolle spielen. Deshalb beschäftigt sich die Juniorprofessur auch mit der Analytik chemisch-physikalischer Prozesse und Eigenschaften in Nanostrukturen und an Grenzflächen. Die Frage ist, wie die räumliche Einschränkung

von Materialien wie Polymeren oder Flüssigkeiten sich auf deren dynamische Eigenschaften vor allem auf einer molekularen Längenskala auswirkt. Wie werden diese dynamischen Prozesse von den chemischen Eigenschaften einer Grenzfläche beeinflusst und wie kann man dieses Zusammenspiel von Struktur und Dynamik für Strukturbildung, Mikro- und Nanofluidik und andere Anwendungen nutzen?

Die Arbeitsgruppe setzt Methoden der hochempfindlichen optischen Mikroskopie an einzelnen Emittlern mit zeitlicher und spektraler Auflösung ein. Dabei entwickelt sie vor allem methodische Erweiterungen für die zeitlich und spektral aufgelöste Weitfeld-Fluoreszenzmikroskopie als auch neue Verfahren zur optischen Detektion einzelner nicht-fluoreszierender Moleküle und Quantensysteme.

*Dr. Frank Cichos
Juniorprofessur Photonik und optische
Materialien*

ANZEIGE



epaper
freipresse.de

Die Internetzeitung der Freien Presse:

- überall zu lesen – auf dem Campus, zu Hause, im Ausland
- täglich alle 19 Lokalausgaben
- einfache Text- und Bildrecherche mit dem 3-Monats-Archiv
- ganz leicht ausgewählte Artikel per E-Mail senden
- offline lesen mit PDF-Downloads

Jetzt anmelden:
www.freipresse.de/e-paper

Über den Tellerrand geschaut