

Lehrstuhl für Materialverbunde

Dank erfolgreicher Drittmittelinwerbung konnte der Lehrstuhl für Materialverbunde im letzten Jahr fünf neue Doktoranden einstellen und beschäftigte zusammen mit etwa zehn studentischen Mitarbeitern mehr als dreißig Mitarbeiter. Inzwischen kommt der sehr gut qualifizierte Nachwuchs fast ausschließlich aus den Diplom- und Masterstudiengängen der Kieler Materialwissenschaft. Die Forschung konzentrierte sich zunehmend auf die Entwicklung neuer funktioneller Werkstoffe mittels Nanotechnologie. So ist es gelungen, magnetische Nanokomposite mit Arbeitsfrequenzen oberhalb 3 GHz zu entwickeln, die z.B. für Anwendungen in Mobiltelefonen interessant sein könnten. Aus Nanokomposit-schichtsystemen wurden mehrfach absorbierende ultradünne optische Filter hergestellt. Als besonderes Highlight, über das auch die renommierte Zeitschrift *Nature Materials* berichten wird, erwiesen sich die von R. Adeling im Rahmen seiner Habilitation begonnenen Arbeiten zur gezielten Herstellung von Nanodrähten und -netzwerken auf beliebigen Substraten. Wichtige Beiträge konnten ferner zum Verständnis des Glasübergangs an Polymeroberflächen geleistet werden. Darüber hinaus wurde neben weiteren Industriekooperationen zusammen mit der Lübecker Firma o.m.t. an neuartigen Elektroden für Polymerelektrolyt-Brennstoffzellen geforscht. Aufgrund der Vielzahl der Projekte, die auch Untersuchungen zur Dynamik unterkühlter Metallschmelzen, zur Metallisierung von organischen Halbleitern und mit dem GKSS-Forschungszentrum Geesthacht durchgeführte Arbeiten an Polymermembranen einschließen, kann im folgenden exemplarisch nur auf einige Ergebnisse eingegangen werden.

Ergebnisse

a) Magnetische, optische und katalytische Nanokomposite

Wie berichtet (Almanach 2002) hat der Lehrstuhl Verfahren entwickelt, um über Gasphasenabscheidung Nanokomposite herzustellen, die nanoskalige Metall- oder Legierungspartikel in einer Polymermatrix enthalten ($1 \text{ nm} = 0.000001 \text{ mm}$). Inzwischen wurden über Koverdampfung magnetische Komposite hergestellt, die bei Frequenzen oberhalb 3 GHz noch Permeabilitäten über 100 aufweisen. Ein internationales Patent wurde angemeldet, nachdem das Patent in Deutschland erteilt wurde. Ebenfalls über Koverdampfung ist es durch Abscheidung von Multilagenn mit unterschiedlichen metallischen Nanopartikeln gelungen, ultradünne mehrfach absorbierende optische Filter zu entwickeln. Auch die Kombination optischer und transparenter magnetischer Schichten wurde demonstriert. Erste Erfolge wurden auch beim Kosputtern metallischer und organischer Komponenten erzielt. In einem mit der Lübecker Firma o.m.t. durchgeführten Projekt über Polymerelektrolyt-Brennstoffzellen konnten zwei Doktoranden des Lehrstuhls, die ihre Forschungsarbeiten vorwiegend im Unternehmen durchführten, durch ein neu entwickeltes Abscheideverfahren die eingesetzte Menge an nanoskopisch verteiltem Platin in der Katalysatorschicht erheblich reduzieren. Das internationale Interesse an den Kieler Arbeiten zu Nanokompositen drückt sich in zahlreichen Einladungen (s. Anhang) und in der Veranstaltung eines internationalen Workshops „Polymer-Metal-Nanocomposites“ in

Kiel aus.

b) Nanodrähte und -netzwerke

Ausgehend von früheren in der Experimentalphysik (Gruppe Kipp/Skibowski) begonnenen Arbeiten untersucht R. Adelung in einem Projekt der fakultätsübergreifenden Forschergruppe FOR 353 die Bildung von Nanodrähten, -netzwerken und -tunneln auf Schichtkristallen (s. Almanach 2002). Als wesentliche Ursachen erwiesen sich zum einen mechanische Spannungen aufgrund elektronischer Wechselwirkungen, die zu einer Buckel- und Rissbildung auf den ansonsten atomar glatten Oberflächen führen. Zum anderen sind stark unterschiedliche Diffusionslängen, bedingt durch unterschiedliche Nukleationswahrscheinlichkeiten, Ursache der Selbstorganisation. Die Ergebnisse stießen auf großes Interesse und wurden von R. Adelung in einem eingeladenen Hauptvortrag im Symposium „Metallische Nanodrähte“ auf der Frühjahrstagung 2003 der Deutschen Physikalischen Gesellschaft vorgestellt.

Ausgehend von den Arbeiten an Schichtkristallen wurde ein Verfahren entwickelt, um Nanodrähte und -netzwerke durch Rissbildung gezielt auf andere Materialsysteme zu übertragen (Abb. 1). Auf ein Substrat wird ein dünner Film abgeschieden. Anschließend werden durch geeignete ausgerichtete mechanische Spannungen gezielt Risse erzeugt. Diese dienen als Templat für Nanodrähte, indem z.B. Metall auf die Oberfläche abgeschieden wird. Bei geeigneter Wahl der Materialien, d.h. wenn das Substrat einen hohen Haftkoeffizienten für das zu deponierende Metall besitzt und der Dünnsfilm einen niedrigen, kommt es zu einer direkten Nanodrahtbildung in den Rissen. Bei ähnlichen Haftkoeffizienten wird der Dünnsfilm in einem zusätzlichen Prozessschritt entfernt.

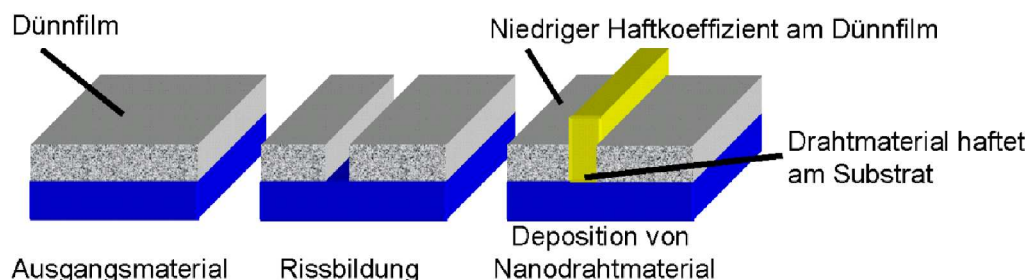


Abb. 1: Prozess zur Nanostrukturierung durch Rissbildung in dünnen Filmen mit niedrigem Haftkoeffizienten (siehe Text).

Das Verfahren ist zwar durch die unterschiedlichen Depositionsschritte aufwändiger als der komplett selbstorganisierte Prozess auf den Schichtkristallen, es bietet aber neben der flexiblen Wahl der Materialien weitere Vorteile. So lassen sich die Nanodrähte durch eine Mikrostrukturierung des dünnen Filmes ausrichten. Weiterhin ist die thermodynamische Stabilität der Drähte wesentlich höher als bei freistehenden Drähten, da die Drähte an bis zu drei Seiten von Grenzflächen zu anderen Materialien umgeben sind. Da sich in einem Schritt Drähte und umgebende Flächen metallisieren lassen, ergeben sich bei dem hier vorgestellten Prozess keinerlei elektrische Kontaktprobleme, welche häufig bei anders hergestellten Nanodrähten auftreten. Das Verfahren wurde mittlerweile

zum Patent angemeldet, ein erster Artikel ist bei Nature Materials in Druck, und ein DFG-Projekt in einem Schwerpunktprogramm zu Nanodrähten wurde bewilligt. Bisher wurden z.B. Gold-Nanodrähte auf Glassubstraten, magnetische Nanodrähte auf Polyimid sowie Platin-Nanodrähte auf Nafion hergestellt, die für Brennstoffzellmembranen interessant sein können (Abb. 2)

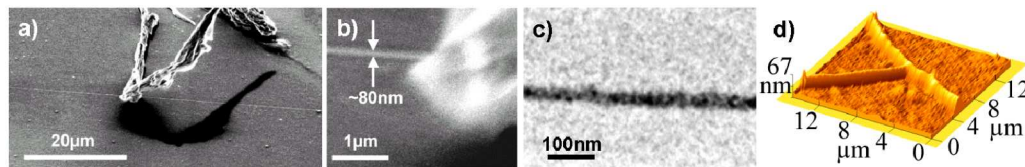


Abb. 2: Verschiedene Nanodrähte.

- a) Elektronenmikroskopische Aufnahme eines magnetischen Nanodrahtes (Fe-Ni-Co) unter einem kleinen Staubpartikel. b) Vergrößerung von (a) zeigt den Durchmesser des Nanodrahtes. c) Transmissionselektronenmikroskopische Aufnahme eines Goldnanodrahtes. d) Rasterkraftmikroskopische Aufnahme der Verbindung zweier Golddrähte auf Glas

c) Metall-Polymer- und Metall-Molekül-Grenzflächen

In den zwei BMBF-Projekten mit zahlreichen Industriepartnern (Almanach 2002) wurden alle Zielvorgaben erreicht. Im Projekt über Haftung und Enthftung an Metall-Klebstoff-Grenzflächen wurde u.a. ein drastischer Einfluss der Schichtdicke auf das Aushärtungsverhalten und die Alterung des untersuchten Epoxidsystems gefunden. Der Schichtdickeneffekt setzt bereits in Mikrometerbereich ein und hängt nicht mit einer veränderten Polymerdynamik zusammen. Vielmehr scheinen Effekte, wie die Abreicherung des Härter, Phasenseparation und heterogene Keimbildung von Kristalliten an der Substratgrenzfläche eine Rolle zu spielen. Im zweiten Projekt über Haftungssteigerung mittels Atmosphärendruckplasma konnten Prozesse wie chemische Funktionalisierung, Kettenbrüche und Vernetzung bis in eine Tiefe von einigen nm unterhalb der Oberfläche nachgewiesen werden. Ferner ergab sich eine gute Korrelation zwischen atomarer und makroskopischer Haftung der Metalls.

Das im Almanach 2002 erwähnte DFG-Projekt zur Metallisierung organischer Halbleiter im Rahmen des Schwerpunktprogramms „Organische Feldeffekttransistoren“ wurde bewilligt. Erste Arbeiten in Kooperation mit den Universitäten Stuttgart und Paderborn legen nahe, dass es beim Aufwachsen von Metallen und deren Diffusionsverhalten zahlreiche Parallelen zwischen organischen Molekülkristallen und Polymeren gibt.

d) Glasübergang an Polymeroberflächen

In der Frühphase der Metallisierung von Polymeren mit Gold und anderen Metallen entstehenden Nanopartikel, die sich als Sonde für den Glasübergang an Polymeroberflächen eignen. In einem am Lehrstuhl entwickelten Verfahren wird die Einbettung der Partikel bei der Erweichung der Oberflächenschicht in situ verfolgt. Die Arbeiten des letzten Jahres haben gezeigt, dass die gefundene Erniedrigung der Glasübergangstemperatur kein Effekt der makromolekularen Struktur der Polymere ist. In der Literatur als

Ursache vorgeschlagene Anreicherungen von Kettenenden oder kurzen Ketten konnten ausgeschlossen werden. Offensichtlich ist die Erniedrigung der Glasübergangstemperatur auf intrinsische Effekte wie erhöhte Anzahl an Freiheitsgraden an der Oberfläche zurückzuführen. Die Ergebnisse werden demnächst in der renommierten Zeitschrift *Macromolecules* vorgestellt.

e) Diffusion in metallischen Gläsern und unterkühlten Metallschmelzen

Metallische Gläser sind amorphe Legierungen mit zahlreichen interessanten Eigenschaften und Anwendungen. Sie werden aus der Schmelze hergestellt, indem die Kristallisation durch hinreichend rasche Erstarrung unterdrückt wird. Nachdem im Rahmen der Doktorarbeit von V. Zöllmer erstmals die Diffusion in metallischen glasbildenden Legierungen vom Glas bis zur Gleichgewichtsschmelze untersucht und als ein im gesamten Bereich hochgradig kooperativer Prozess identifiziert wurde (Almanach 2002), soll nun systematisch der Zusammenhang zwischen Viskosität und Diffusion der einzelnen Legierungselemente und der Gültigkeitsbereich der Stokes-Einstein Gleichung untersucht werden.

Erste Ergebnisse an Pd-Cu-Ni-P-Gläsern zeigen, dass eine Entkopplung von Diffusion und Viskosität bei einer von der Modenkopplungstheorie eingeführten kritischen Temperatur weit oberhalb der Glastemperatur einsetzt. Unterhalb der kritischen Temperatur wird die Viskosität nicht von dem häufig als Netzwerkbildner angesehenen Phosphor bestimmt. Vielmehr entspricht die Dynamik des Phosphors im Wesentlichen der des hoch beweglichen Nickels. Die Ergebnisse tragen wesentlich zum Verständnis der Dynamik in den komplexen metallischen Glasbildnern bei und leisten damit auch einen Beitrag zur gezielteren Herstellung neuer maßgeschneiderter Metallischer Gläser. Im letzten Jahr sind zu den bisherigen Arbeiten u.a. ein eingeladener Übersichtsartikel in „Review of Modern Physics“ und eine Arbeit in „Physical Review Letters“ erschienen (s. Anhang). Diese Zeitschriften nehmen in der Physik die beiden Spitzenplätze ein.

Personal

Leiter: Prof. Dr. rer.-nat. F. Faupel; Sekretariat: Dipl.-Geol. B. Minten
Technisches Personal: Dipl.-Ing. (FH) R. Kloth, Dipl.-Ing. (FH) S. Rehders

Wissenschaftliche Mitarbeiter:

| | | |
|---|-------------------------|-----------|
| Dr. R. Adelung | 01.01.-31.12.2003 | CAU |
| Nanodrähte, Metallisierung organischer Halbleiter | | |
| M. Sc. O.C. Aktas | 01.10.-31.12.2003 (50%) | CAU |
| Optische Nanokomposite | | |
| Dipl.-Ing. A. Bartsch | 15.-31.12.2003 | DFG |
| Unterkühlte Metallschmelzen | | |
| Dr. A. Biswas | 01.01.-31.12.2003 | TSH, BMBF |
| Nanokomposite | | |

| | | |
|---|-------------------|--------------------|
| Dipl.-Min. A. Büttner Ag/AlO ₃ -Membranen | 01.01.-14.07.2003 | DFG |
| Dipl.-Chem. K. Dolgner Haftung und Kristallisation | 01.01.-30.09.2003 | CAU |
| M. Sc. M. Elbahri Nanodrähte | 10.10.-31.12.2003 | CAU |
| Dipl.-Phys. J. Erichsen Oberflächenglasübergang | 01.01.-31.12.2003 | BMBF, DFG |
| Dipl.-Ing. H. Greve Magnetische Nanokomposite | 01.11.-31.12.2003 | DFG |
| Dipl.-Ing. S. Iakovlev Ferroelektrische Schichten | 01.01.-31.12.2003 | FH, Prof. Es-Souni |
| M. Sc. M. Iwamoto Ligandenstabilisierte Clustser | 01.01.-31.03.2003 | Mitsuboshi |
| Dipl.-Phys. J. Kanzow Metall-Epoxidharz-System | 01.01.-31.12.2003 | CAU |
| Dipl.-Ing. J. Kruse Membranpolymere | 01.11.-31.12.2003 | CAU |
| Dipl.-Phys. R. Kunz Schichtkristalle | 01.01.-31.12.2003 | DFG |
| Priv. Doz. Dr. K. Rätzke Metallische Gläser, Positronenvernichtung | 01.01.-31.12.2003 | CAU |
| M. Sc. M. Scharnberg Metallisierung organischer Halbleiter | 01.09.-31.12.2003 | DFG |
| Dipl.-Min. U. Schürmann Sputtern von Nanokompositen | 01.01.-31.12.2003 | BMBF |
| M. Sc. H. Takele Optische Nanokomposite | 01.11.-31.12.2003 | DFG |
| Dipl.-Chem. S. Taudin Polymerelektrolyt-Brennstoffzellen | 01.01.-31.12.2003 | o.m.t. |
| Dipl.-Chem. T. Will Polymerelektrolyt-Brennstoffzellen | 01.01.-31.12.2003 | o.m.t. |
| Dr. V. Zaporojtchenko Metall-Polymer-Verbunde | 01.01.-31.12.2003 | BMBF, DFG |
| M. Sc. J. Zekonyte Sputtern von Polymeren | 01.01.-31.12.2003 | CAU |

Vorlesungen, Seminare und Praktika

Winter 2002/2003

Metals I, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
F. Faupel (+ K. Rätzke)

Polymers II, 2 Std. Vorlesung/Woche,
F. Faupel

Polymers II, 1 Std. Seminar/Woche,
F. Faupel

Solid State Physics for Engineers I, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
R. Adelung (+ F. Faupel, J. Kanzow)

Thin Films II, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
K. Rätzke

Werkstoffe und Werkstofftechnologie I, 1 Std. Vorlesung/Woche,
F. Faupel (+ H. Föll, W. Jäger, W. Weppner, K. Noack)

Laboratory Course: Scientific Methods, 4 Std. Praktikum/Woche,
F. Faupel (+ H. Föll, W. Jäger, W. Weppner)

Forschergruppenkolloquium und Seminar für Festkörperphysik und Materialwissenschaften, 1 Std. Seminar/Woche,
F. Faupel (+ R. Berndt, W. Depmeier, W. Jäger, O. Magnussen, W. Schattke, M. Skibowski, W. Tuzek)

Seminar des Lehrstuhls für Materialverbunde, 1 Std. Seminar/Woche,
F. Faupel

Tutorium for Master Students (Junior), 1 Std. Tutorien/Woche,
K. Dolgner

Tutorium for Master Students (Senior), 1 Std. Tutorien/Woche,
K. Dolgner

Sommer 2003

Metals II, 2 Std. Vorlesung/Woche,
F. Faupel

Metals II, 1 Std. Seminar/Woche,
F. Faupel

Polymers I, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
F. Faupel (+ A. Biswas)

Solid State Physics for Engineers II, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
R. Adelung

Thin Films I, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
K. Rätzke

Werkstoffe und Werkstofftechnologie II, 1 Std. Vorlesung/Woche,
F. Faupel (+ W.F. Chu, H. Föll, W. Jäger, K. Rätzke, E. Spiecker, W. Weppner)

Laboratory Course: Scientific Methods, 4 Std. Praktikum/Woche,
F. Faupel (+ H. Föll, W. Jäger, W. Weppner)

Forschergruppenkolloquium und Seminar für Festkörperphysik und Materialwissenschaften, 1 Std. Seminar/Woche,
F. Faupel (+ R. Berndt, W. Depmeier, W. Jäger, L. Kipp, O. Magnussen, M. Müller, F. Tuzcek)

Seminar des Lehrstuhls für Materialverbunde, 1 Std. Seminar/Woche,
F. Faupel

Winter 2003/2004

Metals I, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
F. Faupel (+ M. Scharnberg)

Polymers II, 2 Std. Vorlesung/Woche,
F. Faupel

Polymers II, 1 Std. Seminar/Woche,
F. Faupel

Solid State Physics I, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
R. Adelung

Thin Films II, 2 (+1) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,
K. Rätzke

Werkstoffe und Werkstofftechnologie I, 1 Std. Vorlesung/Woche,
F. Faupel (+ W.F. Chu, H. Föll, W. Jäger, K. Rätzke, E. Spiecker, W. Weppner)

Laboratory Course: Scientific Methods, 4 Std. Praktikum/Woche,
F. Faupel (+ H. Föll, W. Jäger, W. Weppner)

Forschergruppenkolloquium und Seminar für Festkörperphysik und Materialwissenschaften, 1 Std. Seminar/Woche,
F. Faupel (+ R. Berndt, W. Depmeier, W. Jäger, L. Kipp, O. Magnussen, M. Schattke, M. Skibowski, W. Tuzcek)

Seminar for Members of the Chair for Multicomponent Materials, 1 Std. Seminar/Woche,
F. Faupel

Drittmittel

DFG, *Autodispersion von Goldclustern in metallischen Gläsern*, 01.03.2001-31.12.2003
(136134 EUR)

DFG, *Beryllium als schnell diffundierendes Element in metallischen Massivgläsern*,
01.07.2001-30.06.2004 (122147 EUR)

- DFG, *Kondensationskoeffizienten, Keimbildung und Wachstum von Metallen auf Polymeren*, 01.07.2000-31.07.2003 (134833 EUR)
- o.m.t., *Entwicklung und Charakterisierung von Kunststoff-Schichtverbunden*, 01.01.2001-31.03.2004 (243767 EUR)
- TSH, *Herstellung von Polymerfunktionsschichten durch Abscheidung aus der Gasphase*, 01.07.2001-31.12.2003 (61084 EUR)
- BMBF, *Adhäsions- und Alterungsmechanismen in Polymer-Metall-Übergängen*, 01.09.2001-30.04.2004 (221802 EUR)
- Fa. Mitsuboshi, *Ligand-stabilized monodisperse gold nanoparticles*, 01.10.2001-31.03.2003 (69949 EUR)
- BWB, *Materialakustische Untersuchungen an den desorbierenden Beschichtungen zur Minderung der akustischen Signatur von Unterwasserkörpern*, 01.01.2002-31.12.2004 (244912 EUR)
- DFG, *Chalkogenid-Schichtstrukturen*, 01.07.2002-30.06.2005 (137550 EUR)
- TSH, *RF-Sputtern mit Composite Targets*, 01.07.2002-31.03.2004 (105500 EUR)
- HDW, *Untersuchungen von korrodiertem Schraubenmaterial*, 30.-30.04.2003 (2130 EUR)
- BMBF, *Steuerung von Haftmechanismen in Verbundsystemen durch chemische Oberflächenfunktionalisierung im Atmosphärendruckplasma*, 01.10.2002-31.07.2005 (217777 EUR)
- HDW, *Elementanalyse eines Anodenmaterials*, 30.-30.06.2003 (240 EUR)
- GKSS, *Verbesserte Methoden zur Charakterisierung von Verteilung und Größe des freien Volumens in Polymermembranen*, 01.05.2003-30.04.2005 (81460 EUR)
- DFG, *Wachstum und Diffusion von Metallen auf molekularen organischen Halbleitern*, 01.10.2003-30.09.2005 (90460 EUR)
- DFG, *Diffusion in glasbildenden Metallschmelzen vom Gleichgewichtszustand bis zum kalorischen Glasübergang*, 01.09.2003-31.08.2005 (128460 EUR)
- GEOMAR, *Konstruktion und Bau eines Tankes*, 15.05.-03.11.2003 (1035 EUR)
- DFG, JSPS, *Novel preparation methods for metal and alloy nanoparticles in polymers*, 01.11.2003-31.10.2005 (234040 EUR)
- Danfoss, *Profilometermessungen an Cu-Bodenplatten*, 05.11.-29.12.2003 (375 EUR)

Weitere Zusammenarbeiten, Technologie Transfers und Konsultationen

Universität:

Prof. Dr. S. Deki, Kobe, Japan, optische Nanokomposite

Prof. Dr. M. Es-Souni, S. Iakovlev, FH Kiel, Röntgendiffraktion, Kristallographie und Textur von dotierten PZT Schichten.

Prof. Dr. M. Es-Souni, FH-Kiel, Entstehung und Struktur von Grenzflächen zwischen Metallen und Ferroelektrika mit verschiedenen am Lehrstuhl vorhanden Methoden.

Prof. Dr. H. Fischer-Brandis, Zahnklinik Univ. Kiel, Prof. M. Es-Souni, Charakterisierung von Shape-Memory Legierungen.

Prof. U. Hilleringmann, Universität Paderborn, Metalldiffusion in organische Feldeffekt-Transistoren.

Prof. Dr. Olaf Jacobs, FH Lübeck, Tribologisch modifizierte Hochtemperatur-Thermoplasten, Einfluss des Gegenpartnermaterials (Stahl - thermoplastische Komposite) auf den Verschleiß und tribo-chemische Reaktionen mit verschiedenen am Lehrstuhl vorhanden Methoden.

Prof. Dr. M. Kern, Zahnmedizin, Universität Kiel, AFM und Kontaktwinkelmessungen an Zähnen.

Prof. Dr. L. Kipp, Experimentelle und Angewandte Physik der Universität Kiel, Eigenschaften von Schichtkristallen.

Dr. G. V. Kornich, Zaporozhye National Technical University, Ukraine, Computersimulation zum Sputtern von Clustern.

Prof. Dr. C.-P. Krüger, Universität Saarbrücken, BMBF, Haftung und Enthftung.

Prof. Dr. K. Ludwig, Zahnmedizin, Universität Kiel, AFM und Kontaktwinkelmessungen an Zähnen.

Dr. A. Meyer, TU München, München, Probenherstellung, wiss. Diskussion, Diffusion in Pd-Cu-Ni-P Legierungen.

Dr. M. Morgenstern, Universität Hamburg, Ausdringtiefen von Elektronen aus zweidimensionalen Elektronengasen.

Dr. J. Pflaum, Universität Stuttgart, Metaldiffusion in organische kristalline Halbleiter.

Prof. Dr. W. Possart, Universität Saarbrücken, BMBF, Haftung und Enthftung.

Prof. W. Schattke, Theoretische Physik der Universität Kiel, Diffusion von Metallen auf und in Schichtkristallen.

Prof. Dr. M. Silverstein, Materials Engineering, Technion, Haifa, Israel, optische Nanokomposite.

Prof. Dr. Y. Yampolskii, A.V. Topchiev Institute of Petrochemical Synthesis, Laboratory of Membrane Gas Separation, Moskau, Positronenvernichtung und Membranpolymere.

Forschungsinstitute:

Dr. Ahrens, Fraunhofer Institut, ISIT, Itzehoe, Profilometermessungen an Leiterplatten (Projekt von A. Büttner).

Dr. D. K. Avasthi, Materials Science Group, Nuclear Science Centre New Delhi, India, High energy ion beam effects in polymer-metal nanocomposites.

Prof. Dr. Dietmar Fink, Hahn-Meitner-Institut, Berlin, High energy ion beam effects in polymer-metal nanocomposites.

Fraunhofer Institut, IFAM Bremen, BMBF, Haftung und Enthftung.

GEOMAR, Kiel, mechanische Konstruktion.

Prof. Dr. G. Grundmeier, Max-Planck Institut, Düsseldorf, BMBF, Atmosphärendruckplasmabehandlung zur Haftungssteigerung.

PD. Dr. Hofmann, Dr. M. Heuchel, GKSS Geesthacht, Berlin Teltow, GKSS Hochschulprojekt, Positronenvernichtung und Auswertung von MD Simulationen in Membranpolymeren.

M. Jacobsen (Doktorand AG Föll), Fraunhofer ISIT Itzehoe, Röntgendiffraktion von Keramiken.

Dr. C.-P. Klages, Fraunhofer Institut, IST, Braunschweig, BMBF, Atmosphärendruckplasmabehandlung zur Haftungssteigerung.

Dr. M.-P. Macht, Hahn Meitner Institut, Berlin, Probenaustausch, wiss. Diskussion, Diffusion in Pd-Cu-Ni-P Legierungen.

Dr. E. Quandt, CAESAR, Bonn, magnetische Nanokomposite.

Industrie:

Danfoss Silicon Power GmbH, Schleswig, Profilmessung der Cu-Bodenplatten von Leistungsmodulen.

Dow Automotive AG, Freienbach, Schweiz, BMBF, Haftung und Enthftung.

HDW, Kiel, Korrosionsuntersuchungen.

inprotec AG, Heitersheim, BMBF, Atmosphärendruckplasmabehandlung zur Haftungssteigerung.

Kömmerling Chemische Fabrik GmbH, Pirmasens, BMBF, Atmosphärendruckplasmabehandlung zur Haftungssteigerung.

Mankiewicz Gebr. & Co., Hamburg, BMBF, Atmosphärendruckplasmabehandlung zur Haftungssteigerung.

Mitsubishi Belting Ltd, Kobe, Japan, Nanokomposite.

o.m.t. Lübeck, Polymerelektrolyt-Brennstoffzellen.

Ormecon Chemie GmbH (ehemals Zipperling) Ahrensburg, Oberflächencharakterisierung.

Renolit-Werke GmbH, Salzgitter, BMBF, Atmosphärendruckplasmabehandlung zur Haftungssteigerung.

Sennheiser Electronic KG Wedemark, Elektrete für Mikrophone.

Sika Technology AG, Zürich, Schweiz, BMBF, Haftung und Enthftung.

SOFTAL electronic, Erik Blumenfeld GmbH & Co. KG, Hamburg, Atmosphärendruckplasmabehandlung zur Haftungssteigerung.

tesa AG, Hamburg, BMBF, Atmosphärendruckplasmabehandlung zur Haftungssteigerung.

Diplom- und Master-Arbeiten

- P.H. Schulze Horn, *Kondensations- und Diffusionsuntersuchungen an Polystyrol und Epoxidharz mit Silber*, 15.01.2003
D. Senftleben, *Metallmembranen zur Wasserstoffabtrennung*, 08.05.2003
H. Greve, *Einbettung von Edelmetallclustern in Bisphenol-(A)-Polycarbonat durch lösungsmittelinduzierte Kristallisation*, 15.09.2003
J. Kruse, *Freies Volumen in Membranpolymeren: Vergleich von Positronenannihilationslebensdauerspektroskopie und Auswertung von molekulardynamischen Simulationen*, 01.11.2003
A. Bartsch, *Tracerdiffusion in unterkühlten PdCuNiP-Schmelzen*, 19.11.2003
J. Wang, *Vacuum deposition of Pt-carbon composites for potential applications in fuel-cells and nanotechnology*, 25.09.2003
O.C. Aktas, *Vapor phase Co-deposited polymer-metal nanocomposites: Optical functional applications and generation of nanoparticle superstructures upon MeV ion beam impact*, 30.09.2003
H. Takele, *Preparation and characterization of metal polymer nanocomposites by RF Co-sputtering from multicomponent targets*, 01.10.2003
U. Saeed, *Development and characterization of vapor phase Co-deposited GHz frequency functional soft magnetic polymer-metal nanocomposites*, 13.10.2003

Dissertationen

- A. Büttner, *Beitrag zur Entwicklung eines Membranreaktors: Herstellung dünner metallischer Schichten auf porösen keramischen Supporten*, 19.09.2003

Veröffentlichungen

erschieden im Jahre 2003

- F. Faupel, A. Thran, M. Kiene, T. Strunskus, V. Zaporozhchenko, K. Behnke, *Diffusion of metals in polymers and during metal-polymer interface formation*, in: Low Dielectric Constant Materials for IC Applications, P.S. Ho, W.W. Lee, and J. Leu (Eds.), Springer Verlag, (invited book chapter), 221 (2003)
S. Lenser, B.S.S. Daniel, V. Zöllmer, J. Erichsen, K. Rätzke, S. Deki, F. Faupel, *Silver diffusion in $Fe_{40}Ni_{38}Mo_4B_{18}$ metallic glass under high vacuum*, Scripta Materialia, **48**, 275 (2003)
A. Biswas, Z. Marton, J. Kruse, J. Kanzow, V. Zaporozhchenko, F. Faupel, T. Strunskus, *Controlled generation of Ni nanoparticles in the capping layers of Teflon AF by vapor phase tandem evaporation*, Nano Letters, **3**, **1**, 69 (2003)
F. Faupel, W. Frank, M.-P. Macht, H. Mehrer, V. Naundorf, K. Rätzke, H.R. Schober, S. K. Sharma, H. Teichler, *Diffusion in metallic glasses and supercooled melts*, Review of Modern Physics, **75**, 237 (2003)

- S.-J. Ding, V. Zaporojtchenko, J. Kruse, J. Zekonyte, F. Faupel, *Investigation on interaction of evaporated aluminum with vapor deposited Teflon AF film via X-ray photoelectron spectroscopy*, Applied Physics A, **76**, 851 (2003)
- S.K. Sharma, V. Zaporojtchenko, J. Zekonyte, S. Deki, F. Faupel, *Effects of thermal annealing of thin Au film on $Fe_{40}Ni_{38}Mo_4B_{18}$* , Mat. Sci. Eng. A, **351/1-2**, 316 (2003)
- V. Zaporojtchenko, J. Zekonyte, A. Biswas, F. Faupel, *Controlled growth of nano-size metal clusters on polymers by using VPD method*, Surface Science, **532-535**, 300 (2003)
- J. Zekonyte, J. Erichsen, V. Zaporojtchenko, F. Faupel, *Mechanisms of Argon ion-beam modification of polystyrene*, Surface Science, **532-535**, 1040 (2003)
- A. Biswas, Z. Marton, J. Kanzow, J. Kruse, V. Zaporojtchenko, T. Strunskus, M. Czank, F. Faupel, *Nanocomposites of vapor phase deposited Teflon AF containing Ni clusters*, Solid State Phenomena, **94**, 285 (2003)
- V. Zaporojtchenko, J. Zekonyte, J. Erichsen, F. Faupel, *Etching rate and structural modification of polymer films during low energy ion irradiation*, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B, **208**, 155 (2003)
- V. Zöllmer, K. Rätzke, F. Faupel, A. Meyer, *Diffusion in a metallic melt at the critical temperature of mode coupling theory*, Physical Review Letters, **90**, **19**, 195502 (2003)
- B.S.S. Daniel, M. Heilmaier, B. Bartusch, J. Kanzow, K. Günther-Schade, K. Rätzke, J. Eckert, F. Faupel, *Free volume evolution in bulk metallic glass during high temperature creep*, MRS Symp. Proc., **754**, **CC 11.16**, (2003)
- V. Zöllmer, K. Rätzke, F. Faupel, A. Meyer, *Radiotracer diffusion measurements of isotope motion in a metal alloy above the glass transition temperature support mode-coupling theory*, MRS Bulletin, **28**, **8**, 550 (2003)
- V. Zöllmer, K. Rätzke, F. Faupel, *Diffusion and isotope effect in bulk-metallic glass-forming Pd-Cu-Ni-P alloys from the glass to the equilibrium melt*, Journal of Materials Research, **18**, 11 (2003)
- H. Fischer-Brandies, M. Es-Souni, N. Knock, K. Rätzke, O. Bock, *Umwandlungsverhalten, chemische Zusammensetzung, Oberflächenbeschaffenheit und mechanische Biegeeigenschaften fünf ausgewählter NiTi-Bogenmaterialien der Dimension 0.016*, Fortschritte der Kieferorthopädie, **64**, **2**, 88 (2003)
- A. Dhawan, K. Rätzke, F. Faupel, S.K. Sharma, *Air oxidation of $Zr_{65}Cu_{17.5}Ni_{10}Al_{7.5}$ in its amorphous and supercooled liquid states, studied by thermogravimetric analysis*, Physica Status Solidi (a), **199**, 431 (2003)
- C. Kreis, S. Werth, R. Adelung, L. Kipp, M. Skibowski, E.E. Krasovskii, W. Schattke, *Valence and conduction band states of HfS_2 : From bulk to a single layer*, Phys. Rev. B, **68**, 235331 (2003)
- R. Adelung, R. Kunz, F. Ernst, L. Kipp, M. Skibowski, *Self-organized structures on flat crystals: Nanowire networks formed by metal evaporation*, in: Advances in Solid State Physics, B. Kramer (Ed.), Springer, **43**, 463 (2003)
- M. Morgenstern, J. Klijn, Chr. Meyer, M. Getzlaff, R.L. Johnson, R. Adelung, L. Kipp, R. Römer, R. Wiesendanger, *Low-density two-dimensional electron systems studied by scanning tunneling spectroscopy*, Jpn. J. Appl. Phys. B, **42**, 4809 (2003)

- S. Hollensteiner, E. Spiecker, C. Dieker, W. Jäger, R. Adlung, L. Kipp, M. Skibowski, *Self-assembled nanowire formation during Cu deposition on VSe₂ studied by microscopic methods*, Mat. Sci. Eng. C, **23**, 171 (2003)
- S. Iakovlev, C.-H. Solterbeck, A. Piorra, M. Es-Souni, V. Zaporozhchenko, *Dielectric and pyroelectric properties of PZFNT/PZT bimorph*, J. Mater. Sci. Mater. Electr., **14**, 143 (2003)

Patent-Anmeldungen

- F. Faupel, A. Biswas, V. Zaporozhchenko, *Verfahren zur Herstellung von Metall-Polymer-Nanokompositen*, Deutsches Patentamt, 10.04.2003, DE 10316379.4

Präsentationen

- R. Adlung, *Self organization on structureless surfaces (eingeladener Vortrag)*, Materials Science and Engineering Seminar, CWRU, Cleveland, U.S.A., 17.-17.02.2003
- R. Adlung, R. Kunz, M. Skibowski, *Fabrication of self organized copper nanostructures on structureless surfaces*, Nanotech 2003, San Francisco, U.S.A., 23.-27.02.2003
- F. Faupel, *Polymer/Metall-Nanocomposite für funktionelle Anwendungen (eingeladener Vortrag)*, TSH Technologiestiftung, Workshop: Nanowissenschaften in Schleswig-Holstein, Kiel, Deutschland, 26.-26.02.2003
- K. Rätzke, *Metallische Gläser - Grundlagen und Anwendungen (eingeladener Vortrag)*, VDI Bremen, AW Werkstofftechnik, IFAM Bremen, Bremen, Deutschland, 26.-27.02.2003
- R. Adlung, *Self-organized structures on flat crystals: Nanowire networks formed by metal evaporation (eingeladener Vortrag)*, DPG-Frühjahrstagung 2003, Dresden, Deutschland, 24.-28.03.2003
- J. Erichsen, T. Shiferaw, V. Zaporozhchenko, F. Faupel, *Untersuchung der Oberflächenglasübergangstemperatur über das Einbetten von Edelmetallnanoclustern an monodispersen Polystyrol und bimodalen Mischungen (Poster)*, DPG-Frühjahrstagung 2003, Dresden, Deutschland, 24.-28.03.2003
- F. Faupel, A. Biswas, O.C. Aktas, J. Kanzow, U. Schürmann, V. Zaporozhchenko, *Nanocomposites of Teflon AF containing three dimensionally distributed Ag and FeNiCo isolated clusters by vapor phase co-deposition*, DPG-Frühjahrstagung 2003, Dresden, Deutschland, 24.-28.03.2003
- H. Greve, K. Dolgner, J. Kruse, K. Koziol, V. Zaporozhchenko, F. Faupel, *Untersuchungen zur Dispersion von Goldclustern in Bisphenol-(A)-Polycarbonat durch acetone-dampfinduzierte Kristallisation (Poster)*, DPG-Frühjahrstagung 2003, Dresden, Deutschland, 24.-28.03.2003
- J. Kanzow, P. Schulze Horn, F. Faupel, C. Wehlack, W. Possart, *Untersuchung der Vernetzungsreaktion eines Epoxidharzsystems mit der Positronen-Annihilations-Spektroskopie*, DPG-Frühjahrstagung 2003, Dresden, Deutschland, 24.-28.03.2003
- J. Kanzow, P. Schulze Horn, V. Zaporozhchenko, F. Faupel, *Metallkondensation*,

- Clusterbildung und Clustereinbettung an einer Epoxidharzoberfläche (Poster)*, DPG-Frühjahrstagung 2003, Dresden, Deutschland, 24.-28.03.2003
- R. Kunz, R. Adelung, *Selbstorganisation von Kupfer-Nanostrukturen auf strukturlosen Oberflächen (Poster)*, DPG-Frühjahrstagung 2003, Dresden, Deutschland, 24.-28.03.2003
- K. Rätzke, A. Büttner, V. Zaporojtchenko, R. Adelung, H. Kamusewitz, F. Faupel, *Ag-Membranen auf nanoporösen Al₂O₃-Substraten: Mikrostruktur, Adhäsion und Permeabilität*, DPG-Frühjahrstagung 2003, Dresden, Deutschland, 24.-28.03.2003
- U. Schürmann, H. Nabika, V. Zaporojtchenko, *Herstellung metallhaltiger Polymerfilme in der Nähe der Glasstemperatur (Poster)*, DPG-Frühjahrstagung 2003, Dresden, Deutschland, 24.-28.03.2003
- J. Zekonyte, V. Zaporojtchenko, J. Erichsen, F. Faupel, *Influence of ion fluence on the sputter rate of polymers (Poster)*, DPG-Frühjahrstagung 2003, Dresden, Deutschland, 24.-28.03.2003
- K. Rätzke, *Positron annihilation and free volume in membrane polymers (eingeladener Vortrag)*, Workshop Permdesign, GKSS Teltow, Teltow, Deutschland, 03.-04.04.2003
- K. Rätzke, *Diffusion in metallischen Systemen: Vom Glas bis in die Schmelze (eingeladener Vortrag)*, Universität der Bundeswehr, Institut für Luft- und Raumfahrttechnik, München, Deutschland, 29.-29.04.2003
- F. Faupel, *Metal/Polymer-Verbunde (eingeladener Vortrag)*, Firma Freudenberg, Weinheim, Deutschland, 07.-07.05.2003
- K. Rätzke, *Diffusion in Silikatgläsern und -schmelzen*, Planungstreffen DFG Forschergruppe, Mainz, Deutschland, 14.-16.05.2003
- M. Iwamoto, *Size evolution effect of reduction rate on synthesis of gold nanoparticles (Poster)*, Society of Nano Science and Technology, Kobe, Japan, 30.-30.05.2003
- A. Biswas, J. Kanzow, V. Zaporojtchenko, F. Faupel, M. Frommberger, E. Quandt, *Vapor phase codeposited polymer-metal nanocomposites for GHz applications*, 4th Caesarium, Functional Micro- and Nanosystems, Bonn, Deutschland, 16.-18.06.2003
- V. Zaporojtchenko, *Controlled growth of nano-size metal clusters on polymers and in polymer matrix (eingeladener Vortrag)*, Faclutes Universitaires Notre-Dame de la Paix, Namur, Frankreich, 08.-08.08.2003
- F. Faupel, J. Kanzow, K. Günther-Schade, C. Nagel, P. Sperr, G. Kögel, *Positron annihilation spectroscopy in polymers (eingeladener Plenarvortrag)*, 13th International Conference on Positron Annihilation (ICPA-13), Kyoto, Japan, 07.-13.09.2003
- J. Kanzow, V. Zaporojtchenko, H. Nabika, M. Mizuhata, S. Deki, F. Faupel, *In-situ investigations on the cross-linking process of the epoxy resin system DGEBA-DETA by means of positron annihilation lifetime spectroscopy in comparison with infrared spectroscopy (Poster)*, 13th International Conference on Positron Annihilation (ICPA-13), Kyoto, Japan, 07.-13.09.2003
- J. Kanzow, J. Erichsen, K. Günther-Schade, M. Renner, V. Altstädt, *Positron annihilation lifetime spectroscopy on mechanically fatigued polystyrene samples (Poster)*, 13th International Conference on Positron Annihilation (ICPA-13), Kyoto, Japan, 07.-13.09.2003

- R. Adelung, J. Wang, *Trends in nanotechnology*, Festkörperseminar, Sehlendorf, Deutschland, 10.-12.09.2003
- R. Adelung, *Self organized metal micro- and nanostructures on van der Waals bound layered crystals*, International Workshop on Polymer/Metal Nanocomposites, Kiel, Deutschland, 22.-23.09.2003
- A. Biswas, U. Saeed, J. Kanzow, U. Schürmann, F. Faupel, *Combined polymer-metal nanocomposite structures for ultrathin multicolor filters application (Poster)*, International Workshop on Polymer/Metal Nanocomposites, Kiel, Deutschland, 22.-23.09.2003
- A. Biswas, O.C. Aktas, J. Kanzow, V. Zaporojtchenko, F. Faupel, *Polymer-metal nanocomposites for softmagnetic ultrahigh frequency and multi-wavelength optical functional applications (invited talk)*, International Workshop on Polymer/Metal Nanocomposites, Kiel, Deutschland, 22.-23.09.2003
- A. Biswas, D.K. Avasthi, D. Fink, J. Kanzow, U. Schürmann, O.C. Aktas, U. Saeed, V. Zaporojtchenko, F. Faupel, *Nanoparticle self organization in carbonaceous matrix upon swift heavy ion irradiation of polymer-metal nanocomposites (Poster)*, International Workshop on Polymer/Metal Nanocomposites, Kiel, Deutschland, 22.-23.09.2003
- S. Kreitz, *Plastic metallization via surface modification by atmospheric pressure plasma*, International Workshop on Polymer/Metal Nanocomposites, Kiel, Deutschland, 22.-23.09.2003
- J. Kruse, K. Dolgner, H. Greve, K. Koziol, V. Zaporojtchenko, F. Faupel, S. Deki, *Metal dispersion in polymers by vapor-induced crystallization*, International Workshop on Polymer/Metal Nanocomposites, Kiel, Deutschland, 22.-23.09.2003
- M. Scharnberg, J. Liu, P.S. Ho, *Atomic layer deposition of Cu diffusion barrier layers on low-k dielectrics (Poster)*, International Workshop on Polymer/Metal Nanocomposites, Kiel, Deutschland, 22.-23.09.2003
- U. Schürmann, H. Takele, V. Zaporojtchenko, M. Es-Souni, F. Faupel, *Electrical, magnetic and optical properties of metal/PTFE nanocomposite films prepared by RF magnetron sputtering*, International Workshop on Polymer/Metal Nanocomposites, Kiel, Deutschland, 22.-23.09.2003
- R. Adelung, M. Scharnberg, F. Faupel, *Schichtteilung zur Bestimmung von Diffusionsprofilen in organischen Halbleitern*, Kolloquium des DFG Schwerpunktprogramms: Organische Feldeffekt-Transistoren: Strukturelle und dynamische eigenschaften, International University Bremen, Bremen, Deutschland, 01.-02.10.2003
- K. Rätzke, V. Zöllmer, F. Faupel, *Diffusion in bulk-metallic glass-forming Pd-Cu-Ni-P alloys from the glass to the equilibrium melt (Poster)*, 85th Bunsenkolloquium 2003, Rauischholzhausen, Deutschland, 31.-31.10.2003
- F. Faupel, *Polymer-Metall-Nanocomposite für funktionelle Anwendungen (eingeladener Vortrag)*, Physikalisches Kolloquium der Universität Bonn, Bonn, Deutschland, 14.-14.11.2003
- F. Faupel, *Innovation durch Oberflächen- und schichttechnologien (eingeladener Vortrag)*, Kieler Salon für Wirtschaft und Wissenschaft, Kiel, Deutschland,

11.-11.11.2003

- J. Erichsen, *Surface glass transition of bimodal polystyrene investigated by the embedding of noble metal nano-clusters*, MRS Fall Meeting 2003, Boston, U.S.A., 29.11.-06.12.2003
- J. Erichsen, *A new method to determine the glass transition in thin polymer films via charging in XPS (Poster)*, MRS Fall Meeting 2003, Boston, U.S.A., 29.11.-06.12.2003
- F. Faupel, J. Zekonyte, U. Schürmann, J. Erichsen, V. Zaporojtchenko, *Polystyrene surface modification and influence of the ion irradiation on the metal adsorption probability*, MRS Fall Meeting 2003, Boston, U.S.A., 29.11.-06.12.2003
- F. Faupel, A. Biswas, U. Saeed, J. Kanzow, O.C. Aktas, V. Zaporojtchenko, M. Frommberger, E. Quandt, *Soft magnetic vapor phase co-deposited polymer-metal nanocomposites for GHz applications (Poster)*, MRS Fall Meeting 2003, Boston, U.S.A., 29.11.-06.12.2003

Andere Aktivitäten und Ereignisse

Auswahl ehrenamtlicher Tätigkeiten von Prof. Faupel

Vorsitzender des *Fachverbandes Metallphysik der Deutschen Physikalischen Gesellschaft*,
Associate Editor der Zeitschrift *Journal of Materials Research*, herausgegeben von der *Materials Research Society (MRS)*,

Mitglied des Editorial Advisory Board der Zeitschrift *Journal of Adhesion Science and Technology*,

Mitglied des Advisory Board der Zeitschrift *Diffusion and Defect Data*,

Herausgeber (Lead Editor) des Focus Issue „Organic Electronics“ der Zeitschrift *J. Mater. Res.* (Mitherausgeber: A. Kahn, Princeton Univ., C. Dimitrakopoulos, IBM, C. Wöll, Univ. Bochum),

Mitglied des Vorstandsrates der *Deutschen Physikalischen Gesellschaft*,

Stellvertretender Vorsitzender des technisch-wissenschaftlichen Beirates des *GKSS-Forschungszentrums Geesthacht*,

Mitglied der *Arbeitsgemeinschaft Metallphysik*, (Träger: *Deutsche Physikalische Gesellschaft (DPG)*, *Deutsche Gesellschaft für Materialkunde (DGM)*, *Verein Deutscher Eisenhüttenleute (VDEH)*),

Mitglied des Programmkomitees der 7th European Adhesion Conference, Freiburg, September 2004,

Vorsitzender des Programmkomitees und Gastgeber des Workshops *Polymer-Metal Nanocomposites*, Kiel, September 2003,

Mitglied des Programmkomitees des International Workshop on Dynamics in Viscous Liquids, München 14 - 17.3, 2004,

Mitglied des Programmkomitees der internationalen Konferenz *Diffusion in solids: past, present and future*, Moskau, Mai 2005.

Vorsitzender des *Prüfungsausschusses Materialwissenschaft* (seit 2001),

Verantwortlicher für den *Master-Studiengang Materials Science* (seit 2001),

Neben den hier aufgeführten Tätigkeiten hat Prof. Faupel u.a. an zahlreichen Begutachtung im In- und Ausland teilgenommen und regelmäßig Gutachten für Zeitschriften und Drittmittelgeber erstellt.

Preise

M.Sc. Oral Cenk Aktas wurde für seine Masterarbeit „Vapor phase Co-deposited polymer-metal nanocomposites: Optical and functional applications and generation of nanoparticle superstructures upon MeV ion beam impact“ der **Professor Dr. Werner Petersen-Preis der Technik 2003** verliehen.