



Newsletter Nr. 3

Lehrstuhl für Funktionswerkstoffe der Universität des Saarlandes
 Material Engineering Center Saarland (MECS)
 Europäische Schule für Materialforschung (EUSMAT)

Materialforscher stoppen Verschleiß an Produktionsanlagen der Elektronikindustrie

Saarbrücker Materialforscher haben jetzt ein Verfahren entwickelt, bei dem sich die beschädigten Bauteile im laufenden Betrieb selbst heilen. Dafür wurden Prof. Mücklich, Dr.-Ing. Christian Selzner und Dipl.-Ing. Dominik Britz mit dem Transferpreis der Steinbeis-Stiftung 2012 und dem Förderpreis 2013 des Deutschen Kupferinstituts ausgezeichnet.

Elektronische Bauelemente werden immer kleiner und leistungsfähiger und müssen gleichzeitig vielfältig miteinander vernetzt werden. Diese Vernetzung übernimmt die elektronische Leiterplatte. Sie ist ein äußerst komplexes, dreidimensionales Gebilde, das wie ein zentrales Nervensystem alle einzelnen Bauteile verknüpft.

Für die großflächige und präzise Fertigung von Leiterplatten wird das Galvanik-Verfahren genutzt. Die Leiterplatte wird dabei in eine kupferhaltige Säure, den Elektrolyt, getaucht. Dann fließt ein extrem starker elektrischer Strom durch die Platte und sorgt somit für eine galvanische Beschichtung. Die Leiterplatten werden von säureresistenten Titanklammern gehalten, die den Strom auf die Platte leiten. Dabei müssen diese Halterungen

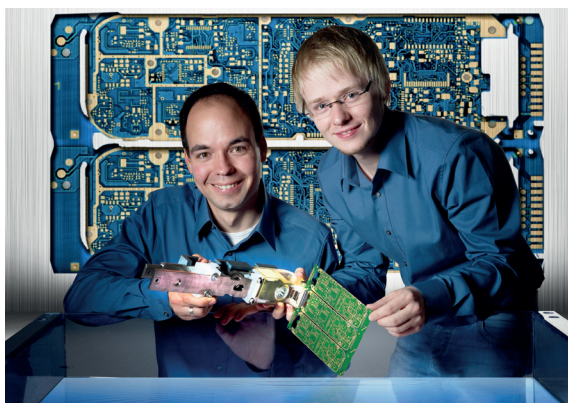
eine enorme elektrische Energie auf wenigen Quadratmillimetern realisieren. Der starke Strom schädigt im Zuge dessen die Klammern, ähnlich wie bei einem Blitzeinschlag.

Gemeinsam mit Ingenieuren der Firma Atotech Deutschland GmbH ist es innerhalb eines Jahres gelungen, ein äußerst sparsames und zuverlässiges Verfahren zu entwickeln. Dabei sind die Schädigungen an den Klammern mit modernsten Charakterisierungsmethoden (z.B. FIB-Tomographien) untersucht worden. Bei der Suche nach robusteren Materialien während der Projektphase setzten die Wissenschaftler auch das Laserstrahlaufragsschweißen (Lasercladding) und das LIMET-Verfahren (LaserInterferenzMETallurgie) ein, um die Oberfläche zu verändern und auf diesem Weg eine widerstandsfähigere Klammer zu erzeugen. Damit konnten die Eigenschaften des Ausgangsmaterials Titan zwar verbessert, jedoch nicht dauerhaft der enormen Beanspruchung durch den elektrischen Strom gerecht werden. Diese Untersuchungen führten zu der Idee, eine Opferschicht aus Kupfer auf den Klammern zu generieren, die direkt galvanisch im Prozess aufgetragen werden kann und die Schädigungen durch Ihre

physikalischen Eigenschaften minimiert und sogar verhindert. Das Verfahren hat die Firma Atotech Deutschland GmbH mittlerweile gemeinsam mit den Saarbrücker Wissenschaftlern zum Patent angemeldet. (cs)

 **Material Engineering Center Saarland (MECS)**
 Steinbeis-Forschungszentrum

Christian Selzner (l.) und Dominik Britz präsentieren Ihre Arbeit



Editorial

Liebe Leserinnen und Leser

ich freue mich, Ihnen den aktuellen Newsletter unseres Instituts vorzulegen.



Wir informieren Sie über den Lehrstuhl für Funktionswerkstoffe, ausgewählte Forschungsthemen und die Menschen, die daran arbeiten. Wir berichten über internationale Studienmöglichkeiten, koordiniert durch die Europäische Schule für Materialforschung (EUSMAT) der Fachrichtung Materialwissenschaft und Werkstofftechnik. Und wir stellen Ihnen ausgewählte Aktivitäten des Steinbeis-Forschungszentrums MECS vor, das sich werkstofftechnischen Industriekooperationen widmet. Unser Gebäude mitten auf dem Campus beherbergt diese drei Einrichtungen und schafft damit nicht nur optimale Arbeitsbedingungen, sondern auch Raum für personelle Synergien durch Aktivitäten der Mitarbeiter der verschiedenen Einrichtungen. Das Schülerlabor (sam) der Fachrichtung ist ein weiteres Beispiel gemeinsamer Arbeit. **Haben Sie Anregungen und Hinweise?** Wir freuen uns über Ihr feedback unter fuwe-news@matsci.uni-sb.de. Viel Spaß bei der Lektüre wünscht Ihnen

Ihr Frank Mücklich
 Institutsleiter

Saarbrücken,
 Februar 2014



Inhalt

Termine 2014	Seite 2
CNT-Komposite	Seite 2
Rückblick EUROMAT2013	Seite 2
DocMase Integration Week	Seite 3
Kupfergefüge	Seite 3
Preise, Abschlussarbeiten und Publikationen	Seite 4

09.-10. April | DGM-Fortbildung | Saarbrücken

Einführung in die modernen Methoden der Gefügeanalyse für Ingenieure und Techniker; Leitung: Prof. Mücklich
www.webdb.dgm.de/Fortbildung

09.-11. Juli | International Conference on Electron Microscopy EMSI | Dehli

Invited Talk: Prof. Mücklich

03.-07. Aug. | Microscopy & Microanalysis 2014 | Hartford CT

Symposium-Organizers „Practical Applications and Analytical Trends of Metallography and Microstructure“ (A13): Prof. Hogue, Prof. Mücklich
www.microscopy.org/MandM/2014/

31. Aug.-05. Sept. | International Conference on Atom Probe Tomography & Microscopy | Stuttgart

Plenarvortrag „Understanding microstructure formation by 3D analysis in the micro, nano and atomic scale“, Prof. Mücklich
www.uni-stuttgart.de/apt-m/

17.-19. Sept. | 48. Internationale Metallographietagung | Leoben

Plenarvortrag: Prof. Mücklich
www.convention-leoben.at/en/details/90-14-internationale-metallographie-tagung.html

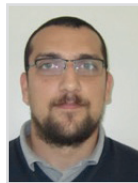
23.-25. Sept. | Materials Science and Engineering 2014 | Darmstadt

Symposium-Chairs „Surface Tribology“ (B12): Dr. Gachot, Prof. Mücklich
 Symposium-Chairs „3D Digital Microstructures“ (D05): Dr. Schmitz, Prof. Mücklich
 Mitbetreuung des Nachwuchsforums: Dr. Soldera, D. Britz
www.dgm.de/dgm/mse-congress/

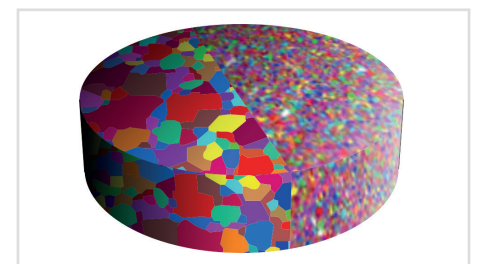


CNT-verstärkte Komposite verringern Verschleiß

In den vergangenen Jahren wurde die Entwicklung funktioneller Materialien stark durch den Einsatz von einzigartigen Kohlenstoffmodifikationen, wie beispielsweise den Carbon Nanotubes (CNTs), voran getrieben. Diese werden aufgrund ihrer geringen Dichte, besonderen Form und außergewöhnlichen physikalischen Eigenschaften als ultimative Verstärkung für Kompositmaterialien gehandelt. **Dipl.-Ing. Sebastian Suarez** aus der Arbeitsgruppe „Advanced Composites and Structures“ am Lehrstuhl für Funktionswerkstoffe befasst sich mit dem Design und der Synthese von derartigen Metall-Matrix-Kompositen. Bei der Herstellung der feinen Nanoröhrchen ist es entscheidend, diese als individuelle CNTs zu erhalten. Hierbei wird Kohlenstoff mittels eines gepulsten Lasers in die Gasphase überführt und dann kontrolliert als CNTs auf Metallsubstraten abgeschieden.



Ein neu entwickeltes Verfahren, bei dem die CNTs und das Metallpulver in-situ in einem Ultraschallbad gemischt werden, sorgt für ihre optimale Verteilung in der Metall-Matrix und spart wertvolle Zeit. Danach wird der so entstandene Grünkörper uni-axial heiß gepresst (HUP). Durch die derartig kontrollierte Zugabe von CNTs kann die Mikrostruktur des Werkstoffs (z.B. Korngröße) vorteilhaft beeinflusst werden. So verbessern sich neben elektrischer und thermischer Leitfähigkeit auch die Reib- und Verschleiß-eigenschaften der Komposite. (ss)



Kornfeinung im EBSD Kontrast an einem HUP Nickelpellet durch Beimengen von 3 Gew.-% CNTs

EUROMAT2013 in Sevilla – Prof. Mücklich Conference Chair der größten europäischen Tagung für Materialforschung

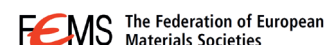
Ein Markenzeichen der alle zwei Jahre stattfindenden EUROMAT (European Congress and Exhibition on Advanced Materials Science and Processes) ist die Entwicklung einer inzwischen sehr eigenständigen Konferenzstruktur. So bot auch die EUROMAT2013 neben den grundlegenden „Areas“ (Structural Materials, Functional Materials, Processing, Characterisation and Modelling) auch solche mit klarem Anwendungsbezug (Energy and Environment, Biomaterials and Health Care) und beleuchtete ebenfalls die gesellschaftlichen Rahmenbedingungen (Education, Strategy and Technology Transfer). Hierbei agierten Prof. Frank Mücklich als Conference Chair und Prof. Agustín Gonzales-Élpe von der Universität Sevilla als Co-Chair vor Ort.



Die Saarbrücker Teilnehmer und neu geknüpft Kontakte vor dem Conference Center der EUROMAT in Sevilla

Die wissenschaftliche Tagung selbst war mit 2500 eingereichten Abstracts außerordentlich erfolgreich. Mehr als 1500 Vorträge und 900 Poster präsentierten einen grandiosen Überblick über die neuesten Erkenntnisse in der Materialwissenschaft und Werkstofftechnik. Dabei stellten die neun Plenarvorträge nicht nur faszinierende Highlights

dar, sondern waren vielfach Anlass zu inspirierenden Diskussionen über zukünftige Entwicklungen. Im Rückblick ist fest zu halten, dass die insgesamt mehr als 120 Experten innerhalb und außerhalb Europas, die an den verschiedensten Stellen fast eineinhalb Jahre an der Organisation beteiligt waren, ein großartiges Ereignis der europäischen Materialforschung gestaltet haben. Damit sind auch die Erwartungen an die EUROMAT2015 in Warschau zu Recht hoch gesteckt. (mh)



Integration Week für neue AMASE-Studierende E·U·S·M·A·T

Bereits 2012 fand erstmalig die Integration Week für alle neuen AMASE-Studierenden statt, die nun jährlich in Saarbrücken ausgerichtet werden wird. 2013 fanden sich 22 Teilnehmende aus insgesamt 10 verschiedenen Ländern für eine Woche in Saarbrücken ein.



Ziel der Integration Week war es, den neuen Studierenden interne Strukturen und Abläufe näher zu bringen und Fragen zum Studium und Alltagsleben in Europa zu klären. Neben Laborbesichtigungen und einem Besuch der Völklinger Hütte sollte den Teilnehmenden auch die Chance gegeben werden einander

kennenzulernen und sich bereits vor Studienbeginn zu vernetzen. Barbecue, Pizza-Abende und ein Saarbrücken-Quiz, bei dem die Stadt erkundet wurde, sorgten für eine entspannte Atmosphäre. Einen weiteren wichtigen Teil dieser Woche stellte das interkulturelle Training dar. Dieses soll das Bewusstsein für andere, aber auch die eigene Kultur schärfen, um mögliche Fauxpas zu umgehen. Ein leerer Teller beispielsweise stellt in Europa ein gutes Zeichen dar und signalisiert: Danke, es hat geschmeckt, ich bin satt! In China hingegen wäre dies ein absolutes no-go. Aus Respekt für den Gastgeber sollte ein kleiner Rest auf dem Teller bleiben. Leert man diesen stattdessen ganz, bringt man zum Ausdruck, dass man noch mehr gegessen hätte, der Gastgeber aber nichts mehr hat. Somit übt man indirekte Kritik, was ebenfalls als unhöflich angesehen wird. Bel Haj Khalifa Saifeddine aus Tunesien resümiert: „Ich habe sehr viel über die unterschiedlichen Kulturen erfahren, nette Leute getroffen und gleichzeitig Saarbrücken kennengelernt. Es war eine tolle Woche!“ (nk)

Gefügeüberblick bei Kupferlegierungen

Kupfer und Kupferlegierungen kommen in den unterschiedlichsten Anwendungsfeldern zum Einsatz. Das Deutsche Kupferinstitut erstellt unter Mitarbeit des MECS einen Gefügeatlas, der einen mikrostrukturellen Überblick verschaffen soll.

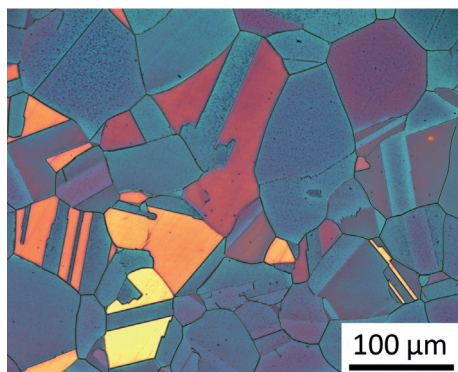
Kupfer-Zinn-Zink-Legierungen beispielsweise sind besonders korrosionsbeständig gegen Meerwasser und werden als Konstruktionselemente in der Seefahrt verbaut; Messinglegierungen mit geringen Mengen an Silizium werden aufgrund ihrer verbesserten Gleiteigenschaften in Gleitlagern verwendet.

Um einen klaren Überblick über die Mikrostrukturvielfalt von Kupferlegierungen zu

bieten, hat das Deutsche Kupferinstitut (DKI) einen Atlas der wichtigsten Kupfergefüge zusammen gestellt. Metallographische Unterstützung liefert hierbei **Simon Staudacher**, der am MECS die Präparation und Kontrastierung der verschiedenen Gefüge exemplarisch durchgeführt hat. Der Atlas beinhaltet repräsentative, mikroskopische Aufnahmen, sowie Anleitungen zur Präparation von komplexen Kupferlegierungen und wird den bereits bestehenden Kupferschlüssel und die Materialographiedatenbank PETziDAT anschaulich ergänzen. Allen Anwendern wird somit die Phasenidentifizierung und Gefügecharakterisierung mittels Lichtmikroskop erheblich vereinfacht. (mh)

Weitere Informationen erhalten Sie unter

www.kupferinstitut.de
www.copper-key.org
www.materialography.net



MATERIALOGRAPHY

Cu Deutsches Kupferinstitut
Copper Alliance

Farbätzung an CuNi₂Si nach Klemm III

Projekte

Praktische Metallographie wird 50!

Prof. Mücklich nun auch Herausgeber

Die Praktische Metallographie feierte 2013 ihr 50-jähriges Jubiläum. Gasteditoren aus den USA, Schweden, Polen, Korea und Dänemark steuerten auserlesene Beiträge bei. Das Ergebnis mit fünf internationalen Sonderausgaben und einer Jubiläumsausgabe kann sich sehen lassen. Prof. Mücklich hat von Gründungsmitglied Prof. Petzow nun auch die Herausgeberschaft des Magazins über-



Practical Metallography
Praktische Metallographie

nommen. Geführt wird die Redaktion bereits seit 2011 von **Dipl.-Übersetzerin Insa Reinersmann**.
www.hanser-elibrary.com/loi/pm

Netzwerk zwischen Lateinamerika und Europa



SUMA2
Surface Modification for Advanced Applications

Das von **Dr. Flavio Soldera** initiierte Netzwerk SUMA2 versteht sich als Kooperation zwischen drei europäischen und fünf Universitäten in Lateinamerika. Ziel des im April 2013 in Buenos Aires gestarteten Projekts ist die funktionelle Oberflächengestaltung mit verschiedensten Verfahren. www.suma2.net

Start des intermatGR Projektes

Als Teil des INTERREG-Programms der Europäischen Union unter **Leitung von Prof. Mücklich und Prof. Baumeister** ist Mitte 2013 das Projekt intermatGR gestartet. Ziel des Projektes ist es, Kompetenzen aus den Bereichen Materialien und Prozesse in der Großregion Frankreich, Deutschland, Luxemburg und Belgien zu bündeln und einen Wissens- und Technologietransfer zwischen Wissenschaftlern, Experten, kleinen und mittleren Unternehmen über die Landes-



grenze hinaus anzustoßen. Projektmanagerin am Lehrstuhl von Prof. Mücklich ist **Dipl.-Ing. Anastasia Kruglova**.

intermatGR
Excellence in Materials and Processes

Interreg IVA
Grossregion - Grand Région

VDI-Preis



Dipl.-Ing. Dominik Britz erhielt 2013 den vom VDI ausgeschriebenen Preis für die beste Diplomarbeit 2012. Er beschäftigte sich in seiner Arbeit mit einer Schutzbeschichtung während der elektrolytischen Herstellung von Kupfer-Leiterplatten, die zum Beispiel in Mobiltelefonen verwendet werden.

Masing-Gedächtnispreis



Für seine Erfolge bei der Anwendung der Lasertechnik in der Werkstoffwissenschaft erhielt **Prof. Dr.-Ing. Andrés Fabián Lasagni** (Fraunhofer IWS und

TU Dresden) 2013 den Masing-Gedächtnispreis der DGM. Außerdem gelang es ihm, sich im Wettstreit unter mehr als 1500 Bewerbern um eine begehrte Open Topic Professur mit einem Budget von mehreren Millionen Euro durchzusetzen. Mit seinem so bereicherten Team wird er an der Erzeugung spezifischer Oberflächenfunktionen durch großflächige Mikro- & Nanostrukturierung an der TU Dresden weiterforschen. Prof. Lasagni promovierte 2006 am Lehrstuhl für Funktionswerkstoffe.

DGM-Nachwuchspreis



Dr.-Ing. Karsten Woll wurde 2013 der Nachwuchspreis der DGM verliehen. Gewürdigt wurde hiermit sein Forschungsbeitrag zu Festkörper- und selbstfortschreitenden Reaktionen in Multilagen, speziell zur Ruthenium-Aluminium-Dünnschichtsynthese. Momentan ist Dr.-Ing. Woll Gruppenleiter am Karlsruher Institut für Technologie im Bereich Werkstoffmechanik; 2012 hat er am Lehrstuhl für Funktionswerkstoffe promoviert.

Impressum

Herausgeber: Lehrstuhl für Funktionswerkstoffe der Universität des Saarlandes und Material Engineering Center Saarland (MECS)
Universität des Saarlandes | Campus | Gebäude D33
D - 66123 Saarbrücken | Tel.: 0681 - 302 70 500
E-Mail: fuwe-news@matsci.uni-sb.de

Redaktion: Michael Hans (mh), Nadine Kreutz (nk), Insa Reinersmann, Christian Selzner (cs), Sebastian Suarez (ss) **Redaktionsschluss:** Dez. 2013
Gestaltung: Christine Tophoven

Studien-/Bachelorarbeiten

Nadine Ziegler: Topographische und mikrostrukturelle Charakterisierung von laserbehandelten AlMg-Substraten
Simon Fleischmann: Untersuchung des anisotropen Spreizungsverhaltens von Polyalphaolefinen auf laserstrukturierten, metallischen Oberflächen
Andreas Leber: Laserstrukturierung von CNT-verstärkten Nickel-Kompositwerkstoffen: chemische, mikrostrukturelle und tribologische Charakterisierung
Michael Schäfer: Koaxiales Laserauftragschweißen von Eisen- und Rutheniumaluminiden auf verschiedenen Substratmaterialien
Roman Buchheit: Erzeugung von quasiperiodischen Oberflächenstrukturen mittels Laser-Interferenz und Untersuchung der tribologischen Anisotropien
Tobias Heib: Untersuchung der Effizienz laserstrukturierter Stahloberflächen im Mischreibungsbereich abhängig von Strukturperiode, Ölfilmstärke und Ölzusammensetzung
Simon Bonk: Quantitative Untersuchung der Bakterienadhäsion auf Laser-Interferenzstrukturen in der Größenordnung von Bakterien
Anna-Lena Rojan: Der Einfluss von antimikrobiellen Kupferwerkstoffen auf Bakterien - Eine elektronenmikroskopische Strukturanalyse
Dominic Rathmann: Ionenstrahlverfahren als Werkzeug zur Probenpräparation für EBSD-Messungen
Johannes Weibel: Methodische Entwicklung eines Verfahrens zur seriellen Schnitttechnik für lichtmikroskopische Materialtomographien

Diplom-/Masterarbeiten

Andreas Hegetschweiler: Systematische und korrelative Untersuchung von Struktur- und Farbätzungen an niedriglegierten Stählen
Thomas Kreuter: Kristallographische Charakterisierung FIB-präparierter Atomsondenspitzen mittels Transmissions-Kikuchi-Beugung
Duan Wang: Metallic surface patterning on copper by laser interference lithography and the antimicrobial impact
Leander Reinert: Untersuchung des chemischen, mikrostrukturellen und topographischen Einflusses auf das anisotrope Reibverhalten von lasertexturierten Reibflächen

Doktorarbeiten

Karsten Woll: Festkörper- und selbstfortschreitende Reaktionen in Multilagen zur RuAl-Dünnschichtsynthese (summa cum laude)
Rodolphe Catrin: Effects of microstructure modification induced by laser interference patterning of thin films
Carsten Gachot: Laser interference metallurgy for metallic surfaces for tribological applications
Christian Selzner: Materialanalyse von elektroerosiv geschädigten Kontaktwerkstoffen im Niederspannungsbereich
Karl Peter Leibenguth: Evolution of phases and microstructure in rapidly solidified metallic multilayer films: a correlative microscopy study

Peer Review Publikationen

S. Suárez, E. Ramos-Moore, B. Lechthaler, F. Mücklich „Grain growth analysis of multiwalled carbon nanotube-reinforced bulk Ni composites“ Carbon 2014 (In Press)
S. Suárez, A. Rosenkranz, C. Gachot, F. Mücklich „Enhanced tribological properties of MWCNT/Ni bulk composites – Influence of processing on friction and wear behaviour“ Carbon 66 (2014) 164-171
M. Hans, A. Erbe, S. Mathews, Y. Chen, M. Solioz, F. Mücklich „Role of copper oxides in contact killing of bacteria“ Langmuir 29 (2013) 16160-66
R. Gago, F. Soldera, R. Hübner, J. Lehmann, F. Munnik, L. Vázquez, A. Redondo-Cubero, J.L. Endrino „X-ray absorption near-edge structure of hexagonal ternary phases in sputter-deposited TiAlN films“ J. Alloys Compd. 561 (2013) 87-94

J. Barrirero, M. Engstler, F. Mücklich „Atom Probe analysis of Sr distribution in AlSi foundry alloys“ TMS Light Metals (2013) 291-296
S. Suárez, E. Ramos-Moore, F. Mücklich „A high temperature X-ray diffraction study of the influence of MWCNTs on the thermal expansion of MWCNT/Ni composites“ Carbon 51 (2013) 404-409
G. Gaiselmann, O. Stenzel, A. Kruglova, F. Mücklich and V. Schmidt „Competitive stochastic growth model for the 3D morphology of eutectic Si in Al-Si alloys“ Comp. Mater. Sci. 69 (2013) 289-298
S. Mathews, M. Hans, F. Mücklich, M. Solioz „Contact Killing of Bacteria on Copper is Suppressed if Bacterial-Metal Contact is Prevented and is Induced on Iron by Copper Ions“ Appl. Environ. Microbiol. 79 (2013) 2605-2611
C. Gachot, A. Rosenkranz, L. Reinert, E. Ramos-Moore, N. Souza, M. Müser, F. Mücklich „Dry friction between laser-patterned surfaces: Role of alignment, structural wavelength and surface chemistry“ Tribol. Lett. 49 (2013) 193-202
M. A. Guitart, K. Woll, E. Ramos-Moore, F. Mücklich „Study of grain growth and thermal stability of nanocrystalline RuAl thin films deposited by magnetron sputtering“ Thin Solid Films 527 (2013) 1-8
F. L. Miguel, H. Shen, F. Soldera, T. Fischer, R. Müller, S. Mathur, F. Mücklich „Electroless deposition of a Ag matrix on semiconducting one-dimensional nanostructures“ Thin Solid Films 536 (2013) 54-56
J. Balach, F. Soldera, D. F. Acevedo, F. Mücklich, C. A. Barbero „A Direct and Quantitative Three-Dimensional Reconstruction of the Internal Structure of Disordered Mesoporous Carbon with Tailored Pore Size“ Microsc. Microanal. 19 (2013) 745-750
W. Chamorro, D. Horwat, P. Pigeat, P. Miska, S. Migot, F. Soldera, P. Boulet, F. Mücklich „Near-room temperature single-domain epitaxy of reactively sputtered ZnO films“ J. Phys. D: Appl. Phys. 46 (2013)
D. Acevedo, H. Salavagione, A. Lasagni, E. Morallón, F. Mücklich, C. Barbero „SERS Active Surface in Two Steps, Patterning and Metallization“ Adv. Eng. Mater. 15 (2013) 325-329
B. Raillard, J. Rémond, E. Ramos-Moore, N. Souza, C. Gachot, F. Mücklich „Wetting Properties of Steel Surfaces Modified by Laser Interference Metallurgy“ Adv. Eng. Mater. 15 (2013) 341-346
D. S. Rodríguez, P. A. Arboleda, D. O. Russo, F. Soldera, C. J. R. González-Oliver, J. M. Rincón „Thermal behaviour of iron aluminium phosphate glasses containing UO₂-67“ Glass Technol.: Eur. J. Glass Sci. Technol. Part A, 54 (2013) 111-118
M.A. Guitart, F. Mücklich „Isothermal Oxidation Behaviour of Nanocrystalline RuAl Intermetallic Thin Films“ Oxid. Met. 80 (2013) 423-436
S. Suarez, F. Lasserre, F. Mücklich „Mechanical properties of MWNT/Ni bulk composites: Influence of the microstructural refinement on the hardness“ Mater. Sci. Eng. A, 587 (2013) 381-386
M. Linz, H. Winkelmann, K. Hradil, E. Badisch, F. Mücklich „Directional development of residual stress and surface fatigue during sliding contact“ Eng. Failure Anal. 35 (2013) 678-685
B. Bax, M. Schäfer, C. Pauly, F. Mücklich „Coating and prototyping of single-phase iron aluminide by laser cladding“ Surf. Coat. Technol. 235 (2013) 773-777
M. Engstler, S. Mayer, C. Pauly, H. Clemens, F. Mücklich „3D characterization of an intermetallic β/γ -titanium aluminide alloy“ Adv. Eng. Mater. 15 (2013) 1125-1128
D. Ladutkin, C. Bruch, C. Günther, H. Aboulfadl, F. Mücklich „Characterization of an Albite Inclusion Containing MgO by Atom Probe Tomography“ Prakt. Metallogr. 50 (2013) 607-615

Alle Publikationen des Lehrstuhls unter
www publica.networking-saarland.de/index