

Optimal Control of Quantum Systems

536. WE-Heraeus-Seminar

Die Erforschung von Quantensystemen, d. h. von Systemen, die nicht den vertrauten Gesetzen der klassischen Physik folgen, sondern den Regeln der Quantenmechanik gehorchen, steht heute im Mittelpunkt verschiedenster Fragestellungen aus so unterschiedlichen Gebieten wie etwa der Biologie oder den Materialwissenschaften. Die Fragestellungen haben großes Potenzial für neue wissenschaftliche Durchbrüche und technische Innovationen. Diese können jedoch nur gelingen, wenn sich die zugrundeliegenden Vorgänge verstehen und auch experimentell kontrollieren lassen.

Quantenkontrolle („quantum control“) beschreibt die gezielte Manipulation der Dynamik von Quantensystemen mit Hilfe von kohärenten Wechselwirkungen, die typischerweise durch Einstrahlung von beliebig phasen- und amplitudenmodulierten elektromagnetischen Wellen erreicht wird. Durch optimierte Wellenformen können dabei so unterschiedliche Dinge erzielt werden wie etwa das Aufbrechen spezifischer chemischer Bindungen oder der kontrollierte Transfer von Magnetisierung zwischen Spins. Das Design der Wellenformen stellt dabei eine hohe Kunst dar, die eine realistische Simulation der Quantensysteme genauso voraussetzt wie die effiziente Anpassung von Optimierungsalgorithmen, z. B. auf Basis der optimalen Kontrolltheorie, und die Berücksichtigung von experimentellen Einschränkungen. Ziel des Seminars, das vom 16. bis 19. Juni im Physikzentrum Bad Honnef stattfand, war es daher, Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen aus den unterschiedlichen Gebieten der Quantenkontrolle zusammenzuführen, um einen Überblick über das hochaktuelle Forschungsgebiet mit all seinen Facetten zu geben und einen intensiven Austausch an Ideen und Informationen zwischen den Disziplinen anzuregen.

Im Laufe des Seminars, das mit 70 Teilnehmern sehr gut besucht war, wurde durch konkrete Beispiele gezeigt, dass heute Quantenkontrolle mit elektromagnetischen Wellen aller Frequenzbereiche betrieben wird: Von der Manipulation von Kernspins über Radiofrequenzen, der Kontrolle von Quanten-Gates und NV-Zentren mit Mikrowellen, der Nutzung von Licht im IR/VIS/UV-Bereich für Elektronensysteme bis hin zur Anwendung von gepulsten Röntgenstrahlen in der XUV-Raman-Spektroskopie war alles vertreten. Die Zielsetzungen waren dabei sehr unterschiedlich und betrafen Fachrichtungen wie z. B. Quanteninformationstechnologie, Spintronics, Quantencomputing, Quantenfeedback, aber auch Tieftemperaturchemie und diverse klassische und kombinierte Spek-

roskopiearten mit meist biologischen und chemischen Anwendungen. Auf der mathematisch-theoretischen Seite war ebenfalls ein breites Spektrum verschiedener Methoden und Fragestellungen vertreten. Zentrale Themen waren etwa die effiziente Behandlung/Simulation von Rauschen und experimentellen Imperfektionen und der daraus ableitbaren Grenzen der Kontrollierbarkeit, die Anwendung von unterschiedlichen Symmetrieprinzipien und natürlich grundlegende numerische Methoden zur effizienten Berechnung von Quantensystemen. Geometrische Kontrolle, zeitabhängige DFT, Sparse-Qubit-Systeme und die Berechnungen auf Basis der stochastischen Schrödinger-Gleichung waren weitere Themen.

Das Seminar war ein voller Erfolg, der nur durch das Zusammenwirken aller Beteiligten möglich wurde. Wir danken ganz ausdrücklich den Rednerinnen und Rednern für ihre engagierten Vorträge, den Postdoktoranden und Studierenden für die vielen interessanten Poster, dem Posterpreis-Komitee, das mit Robert Zeier, Sebastian Ehni und Volckmar Nebendahl drei würdige Preisträger ausgewählt hat, Herrn Gomer und dem Physikzentrum Bad Honnef für die Gastfreundschaft und Unterstützung vor Ort, sowie Frau Nowotka und der ganzen Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung für die Finanzierung und phantastische Organisation.

**Burkhard Luy, Christiane Koch
und Steffen J. Glaser**

Physics of Ionized and Ion-Assisted Physical Vapour Deposition: Principles and Current Trends

537. WE-Heraeus-Seminar

Das Seminar spannte den Bogen von den komplexen physikalischen Grundlagen der Ionenstrahlphysik hin zu aktuellsten Entwicklungen auf dem Gebiet der ionenstrahlgestützten physikalischen Gasphasenabscheidung (i(a)-PVD). Diese Verfahren zur Herstellung dünner Schichten nutzen den im Vergleich mit anderen Techniken sehr hohen und richtungsabhängigen Energieeintrag von Ionen, um auf einzigartige Weise die Schichteigenschaften bereits beim Wachstum eines Films zu beeinflussen.

Das WE-Heraeus-Seminar fand vom 26. bis 28. Juni in Dresden am Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf und am Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik statt, wo aktiv an der Entwicklung verschiedener i(a)-PVD-Techniken und am Verständnis der zugrunde liegenden physikalischen Prozesse geforscht wird. Vor Ort bestand deswegen die Gelegenheit, im Seminar erworbene Kenntnisse bei Laborführungen und bei

der Postersitzung in der Diskussion auch mit den Mitarbeitern der beiden Institute zu vertiefen. Ein hochkarätiges internationales Feld von 70 Teilnehmerinnen und Teilnehmern aus 13 europäischen Staaten, den USA, Mexiko, Russland, Indien und Australien begrüßte diesen Praxisbezug explizit.

In fünf thematischen Modulen wurden ausgehend von der physikalischen Basis die mannigfaltigen Möglichkeiten erarbeitet, welche die ionenstrahlgestützte Abscheidung (IBAD), die gepulste Laserdeposition (PLD), das Hochleistungsimpulsmagnetronsputtern (HiPIMS) und die Abscheidung mit dem Lichtbogen (arc) bieten. Ziel der Veranstaltung war es, diese von den physikalischen Prozessen her verwandten Techniken in einem gemeinsamen Rahmen zu fassen und damit gegenseitige Impulse für die Weiterentwicklung zu liefern.

Für einführende Übersichtsvorträge konnten internationale Experten wie Marcela Bilek (Australien), John Colligon (U.K.) oder Ulf Helmersson (Schweden) und profilierte Nachwuchswissenschaftler wie Ruben Hühne (Dresden) gewonnen werden.

Ein besonderes Highlight waren die „Poster Flashes“, bei denen alle Teilnehmer vor der Postersitzung einen kurzen Überblick über ihre aktuellen Forschungsthemen geben konnten. Die Posterpreise an die Nachwuchswissenschaftlerinnen Lin Shang (RWTH Aachen) zum Sauerstoffeinfluss in Carbiden und Elena Guillen / Irene Heras (Abengoa Research, Spanien) zur Modifikation der optischen Eigenschaften kohlenstoffbasierter Nanokomposite für Anwendungen in der regenerativen Energiegewinnung belegten eindrucksvoll das breite Anwendungsfeld der i(a)-PVD-Methoden. Der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung, die das Seminar großzügig unterstützt hat, sei an dieser Stelle herzlich gedankt.

**Gintautas Abrasonis, Sibylle Gemming
und Mykola Vinnichenko**

Light at the Nanotip: Near-field Optical Microscopy and Spectroscopy

538. WE-Heraeus-Seminar

Im Fokus des Seminars, das vom 4. bis 8. August im Physikzentrum Bad Honnef stattfand, standen die Anregung optischer Antennen wie metallischer Spitzen mit Licht und deren Einsatz für Abbildung und Spektroskopie. Mit diesen Methoden lassen sich (ultra)hochauflösend physikalische und chemische Informationen über Grenzflächen gewinnen, die mit anderen Techniken nicht zugänglich sind. In vier hochkarätig besetzten thematischen Sitzungen wurden Anwendungsbeispiele,

Prof. Dr. Burkhard Luy, KIT Karlsruhe, **Prof. Dr. Christiane Koch**, Universität Kassel, **Prof. Dr. Steffen J. Glaser**, TU München

Dr. Gintautas Abrasonis, **Prof. Dr. Sibylle Gemming**, Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf, **Dr. Mykola Vinnichenko**, Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme, IKTS Dresden