

+++ Aus den Instituten +++

Neuer Projektgruppenleiter Dr. Ulrich Schramm



MR. Dr. Ulrich Schramm ist seit dem 1. Oktober 2006 Leiter der neuen Projektgruppe Laser-Teilchenbeschleunigung (FWT) im FZD. Er kam aus München nach Dresden. An der dortigen Ludwig-Maximilians-Universität (LMU) war er seit April 2006 als Vertretungsprofessor tätig.

Dr. Schramm hat 1994 am Max-Planck-Institut für Kernphysik in Heidelberg mit einer Arbeit über laserinduzierte Rekombinationsprozesse in überlagerten Ionen- und Elektronenstrahlen promoviert. Anschließend war er dort als Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Speicherring TSR tätig. Im Jahr 1996 wechselte er als Wissenschaftlicher Assistent an die LMU München, wo er sich mit der Dynamik lasergekühlter Ionenstrahlen, einem experimentalphysikalischen Thema, befasste, das mit dem Nachweis kristalliner Strahlen 2002 in seine Habilitation mündete. Dort sowie am Max-Planck-Institut für Quantenoptik war er auch für Laserbeschleunigungsexperimente von Ionen und Elektronen verantwortlich. Dr. Schramm erhielt 2001 einen Jahrespreis für Nachwuchswissenschaftler der LMU-Fakultät für Physik. Im Jahr 2002 wurde ihm der mit 7500 Euro dotierte Röntgenpreis der Universität Gießen verliehen.

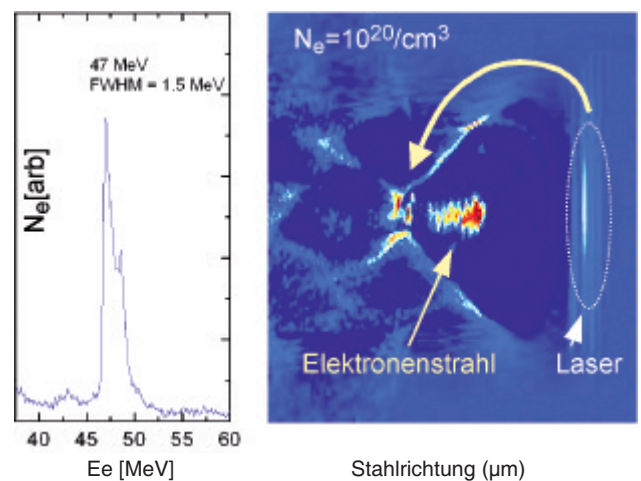
Dr. Schramm fasst seine Forschungsschwerpunkte wie folgt zusammen: „Neben der Erzeugung intensivster monoenergetischer Elektronenpulse mit Hilfe von Hochintensitätslasern faszinierte mich die Konversion dieser Pulse in harte UV- und Röntgenstrahlung. Außerdem habe ich mich mit der Laserkühlung relativistischer Ionenstrahlen beschäftigt, wodurch sich eine intensive Zusammenarbeit mit der Gesellschaft für Schwerionenforschung in Darmstadt auf dem Gebiet der Laserkühltechnik für das FAIR Projekt (SIS 300) ergab.“

Laser-Teilchenbeschleunigung

Dr. Ulrich Schramm. Teilchenbeschleuniger spielen eine zentrale Rolle in der modernen Wissenschafts-

landschaft – angefangen bei der Grundlagenforschung über Strahlungsquellen bis hin zu medizinischen Anwendungen. Teilchenbeschleuniger, die auf mit Lasern erzeugten Plasmen basieren, entwachsen durch die rasante Entwicklung der Hochleistungskurzpulslaser gerade den Kinderschuhen und versprechen faszinierende Eigenschaften. Auf nur wenigen Millimetern wurden beispielsweise Elektronenenergien von einigen 100 MeV, also etwa der zehnfachen Energie des Elektronenbeschleunigers ELBE (rd. 40 MeV), bei vergleichbarer Pulsladung und Emittanz in nur wenigen Mikrometer langen Pulsen erzielt, allerdings bei erheblich niedrigerer Pulswiederholrate.

Wie muss man sich einen derart kurzen Beschleuniger vorstellen? Fokussiert man einen Lichtpuls von einigen 10 Terawatt (TW) Leistung - das entspricht der gesamten auf der Erde zur Verfügung stehenden elektrischen Leistung für die unvorstellbar kurze Zeit weniger 10 Femtosekunden, und das wiederum ist die Zeit, die das Licht benötigt, um ein Haar zu durchqueren - in ein dichtes Gas, so werden alle Elektronen dem Intensitätsgefälle des Laserpulses folgend aus dem Brennpunkt verdrängt (Pfeil in der unteren Aufnahme).



Seitliche Momentaufnahme (Simulation M. Geissler) der "Beschleunigerstruktur", die sich hinter dem nach rechts durch das Plasma laufenden Laserpuls aufbaut (rot steht für hohe Elektronendichte) sowie ein am IOQ Jena gemessenes Elektronenspektrum.

Es entsteht hinter dem Laserpuls ein Hohlraum, der nur noch positive Ionen enthält. Die zurückdrängenden Elektronen sammeln sich am hinteren Ende des Hohlraums, werden von dort in sein Zentrum gezogen und dabei beschleunigt. An dieser mit dem Laserpuls mitlaufenden Plasmastruktur von einigen Mikrometern Länge treten aufgrund der vollständigen Ladungstrennung Beschleunigungsspannungen von Millionen Volt auf, also etwa 10.000 mal höhere Feldgradienten als in herkömmlichen Beschleunigern.

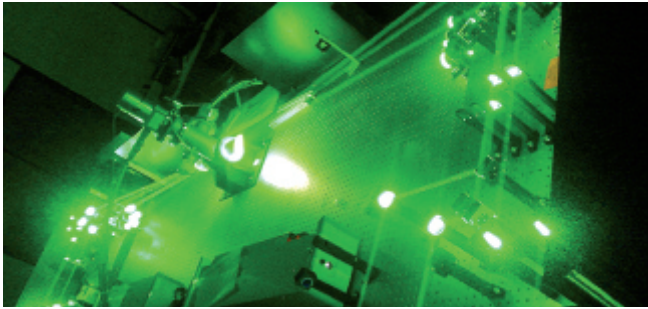


Photo eines mit mehreren grünen Strahlen gepumpten Hochleistungslaserverstärkers der Firma Amplitude Technologies.

Um am FZD die Expertise im Bereich brillanter Strahlungsquellen mit dem aufstrebenden Feld der Laserbeschleunigung zu bündeln, werden wir in 2007 in der ELBE-Halle ein Hochleistungslaserlabor einrichten. Mit der Installation eines 100TW Lasers (siehe Bild oben) wird hier ein neues Forschungsinstrument in einer durch die unmittelbare Nähe zur Strahlungsquelle ELBE und dem Hochfeld-Magnetlabor Dresden weltweit einzigartigen Infrastruktur entstehen. Zwei Fragestellungen stehen im FZD im Mittelpunkt: zum einen geht es um elementare Fragen der Wechselwirkung extremer Felder mit Materie oder sogar dem Vakuum, das in Gegenwart hoher Felder doppelbrechend werden kann, und zum anderen um die medizinische Anwendung laserbeschleunigter Strahlen sowie laserbasierter brillanter Strahlungsquellen im Röntgenbereich. Obwohl diese Technologie noch sehr weit von der Marktreife entfernt ist, erfordert es keine große Phantasie, das Potential bspw. im Bereich kompakter Strahlentherapieanlagen zu erahnen. Im Zusammenspiel mit der Strahlungsquelle ELBE und der Expertise im Bereich der Strahlenbiologie – hier ist die enge Kooperation im Zentrum für Innovationskompetenz „OncoRay“ zu nennen – soll im Forschungszentrum Dresden-Rossendorf diese Technologie zur Anwendungsreife gebracht werden.

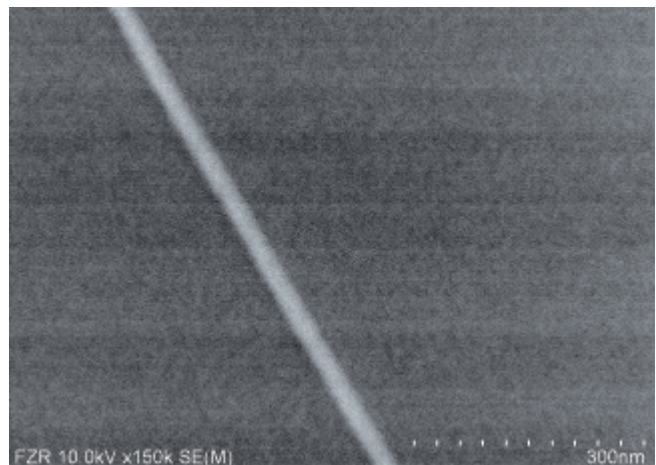
Selbstorganisation von Nano-Drähten durch Ionenbestrahlung

Dr. Chavkat Akhmadaliev / Dr. Bernd Schmidt / Dr. Lothar Bischoff. Die fortschreitende Miniaturisierung mikroelektronischer Strukturen sowie deren Kombination mit optischen, mechanischen oder magnetischen Komponenten erfordern laufend neue physikalische und technologische Ansätze. Im Institut für Ionenstrahlphysik und Materialforschung wird u. a. an der reproduzierbaren Herstellung von metallischen Nano-Drähten gearbeitet, die möglichst passfähig zur herkömmlichen Silizium-Technologie sein sollen. Hier konzentrieren wir uns zunächst auf das zur Mikroelektronik-Technologie kompatible Cobaltdisilizid. Dieses Material ist metallisch

und weist eine sehr gute Leitfähigkeit auf sowie ist hinsichtlich der Gitterstruktur dem Silizium sehr ähnlich.

Die Herstellung dieser Drähte beruht auf der Ionenstrahlsynthese (IBS). Hierzu werden zuerst feine Linien mit Kobalt-Ionen mit dem Fokussierten Ionenstrahl (FIB) in ein Silizium-Substrat bei erhöhten Temperaturen implantiert und in einem folgenden Ausheilprozess zu einem Cobaltdisilizid-Draht (CoSi_2) synthetisiert. Dabei wird die Kombination zweier wesentlicher Aspekte ausgenutzt. Zum einen wird die Verringerung des Drahtdurchmessers durch die hohe laterale Auflösung des FIB von kleiner 50 Nanometern erreicht, auch als „top-down“ Ansatz bezeichnet. Zum anderen führen selbstorganisierende Prozesse, der „bottom-up“ Ansatz, zu einer weiteren Konzentration der implantierten Kobaltverteilung. Dies ermöglicht die Synthese von Nanostrukturen mit einem Durchmesser von 10 bis 20 Nanometern (Beispiel eines Nano-Drahtes im unteren Bild).

Ein weiterer Ansatz ist das defektgestützte Wachstum von Nano-Drähten. Dabei wird die Rückseite des Silizium-Wafers mit einer 10 nm dünnen Kobaltschicht bedampft, die als Quelle für die Ionenstrahlsynthese von CoSi_2 wirkt. Danach wird die Vorderseite der Silizium-Probe mit dem FIB einer beliebigen Ionenart schreibend strukturiert. Die dabei erzeugten Defekte agieren als Getterzentren für die Kobalt-Atome. In einem folgenden Temperenschritt erhält man ebenfalls Nano-Drähte, die einige Mikrometer lang wachsen können.



REM Abbildung eines 30 nm CoSi_2 Nanodrahtes

In beiden Fällen sind die Nano-Drähte aus energetischen Gründen jeweils in der (110)-Richtung des Silizium-Kristalls orientiert. Der z. T. spontane Wachstumscharakter während der Nanodraht-Synthese erfordert weitere Forschungsarbeiten, um diese Nanostrukturen reproduzierbar herzustellen und für Bauelemente nutzen zu können.