

ISL - BERLIN**1994-2006**

ISL - Berlin

- Das Zentrum für Ionenstrahl-Techniken -

Leitung: [Dr. Andrea Denker](#)

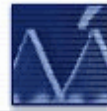
Von 1994 bis 2006 bot das Ionenstrahllabor ISL Ionenstrahlen über einen breiten Energiebereich von einigen Elektronenvolt bis zu einigen 100 Millionen Elektronenvolt an. Damit stellte das ISL im Verbund mit den Neutronen des Reaktors BER II und den Photonen von BESSY II das dritte Instrument zur Charakterisierung kondensierter Materie bereit. Die Wissenschaftler am ISL wendeten Ionenstrahlen in den verschiedensten Forschungsbereichen an und nutzten sie in Medizin und Technologie: [Augentumorthherapie](#), [Analytik](#), [Anwendung](#) und [Forschung](#).

Rund 70% der Strahlzeit ging an externe Nutzer ([siehe Nutzerinformationen](#)).

Vor die Wahl gestellt, die Forschung am Reaktor zu stärken oder die Forschung am Ionenstrahllabor auszubauen, hat der Senat der [Helmholtz-Gemeinschaft \(HGF\)](#) im September 2004 empfohlen das Ionenstrahllabor zum Ende 2007 zu schliessen. Der Aufsichtsrat des Hahn-Meitner-Instituts beschloss daraufhin, den ISL-Betrieb Ende 2006 einzustellen.

Diese Seiten stellen den Stand des Ionenstrahllabors Ende 2006 dar und werden seitdem nicht weiter aktualisiert.



[ERDA](#)[PIXE](#)[RBS](#)[15 N](#)

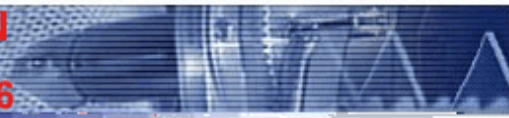
Ionenstrahlanalytik am ISL

Die Beschleuniger des ISL werden in der Grundlagenforschung, zur Materialmodifikation und für die Festkörperanalytik eingesetzt. Die Spanne der Untersuchungsgegenstände reicht dabei von Schichtstrukturen aus der Halbleiterforschung bis zu kunsthistorischen Objekten. Folgende Methoden stehen auch externen Interessenten zur Verfügung:

- [ERDA](#) (Elastische Rückstreuanalyse mit hochenergetischen Schwerionen)
- [PIXE](#) (Induzierte Röntgenemission mit hochenergetischen Protonen)
- [RBS](#) (Rutherford-Rückstreu-Spektroskopie mit Helium und Schwerionen)
- [15N](#) (Wasserstofftiefenprofile mittels resonanter Kernreaktion)

Eine zusammenfassende Übersicht über Empfindlichkeiten, Auflösung etc. der Methoden finden Sie [hier](#).



[ERDA](#)[PIXE](#)[RBS](#)[15 N](#)

ERDA

(Elastische Rückstreuanalyse mit hochenergetischen Schwerionen)

Bei der ERDA werden schwere energetische Ionen auf einen Festkörper geschossen und die Zahl und die Energie der aus der Probe herausgestreuten Atome unter einem festen Winkel gemessen. Zwischen den verschiedenen Elementen wird am ISL durch die gleichzeitige Messung der Flugzeit unterschieden. Da die Teilchen in der Probe abgebremst werden, kann man aus den gemessenen Energiespektren die Zusammensetzung in Abhängigkeit von der Tiefe berechnen.

[Meßprinzip](#)[Apparatur](#)[Arbeitsgruppe](#)[Veröffentlichungen](#)[Probenzettel](#)



ERDA

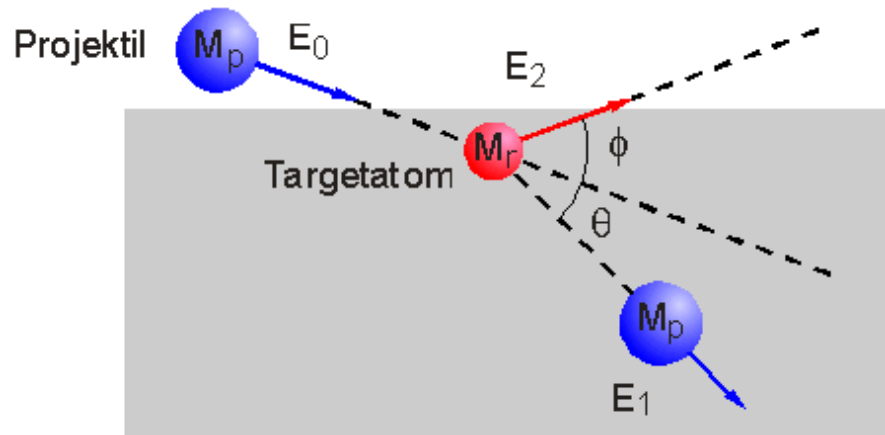
PIXE

RBS

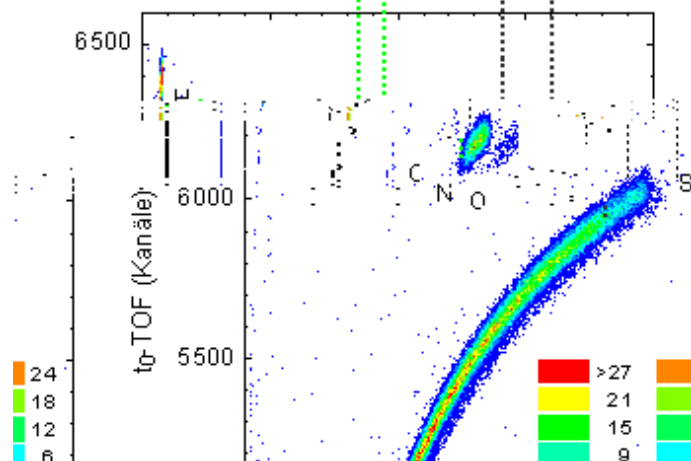
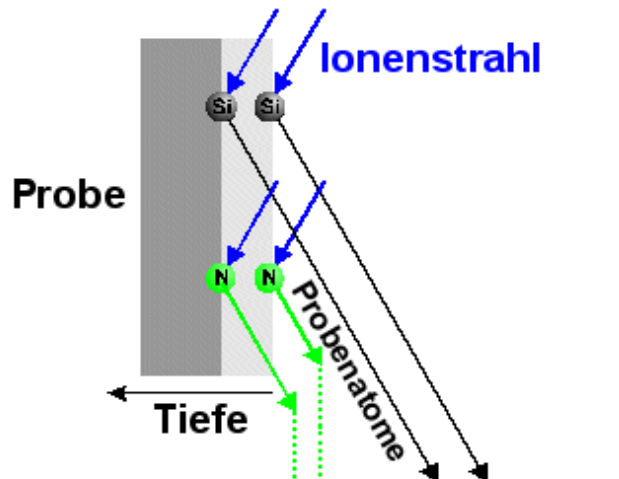
15 N

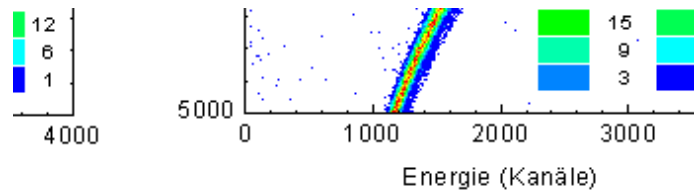
ERDA-Meßprinzip

- Beschuß der Probe mit hochenergetischen Schwerionen unter flachem Winkel



- koinzidente Messung der Energie und der Flugzeit der herausgeschlagenen Probenatome bei fester Flugstrecke
- gemäß $E = M/2 v^2$ können die unterschiedlichen Massen im Scatterplot identifiziert und separiert werden





Scatterplot (Flugzeit gegen Energie) der unter 60° vorwärtsgestreuten Probenatome einer $\text{SiN}_x\text{:H}$ Schicht auf Si bei der Bestrahlung mit $230 \text{ MeV } ^{129}\text{Xe}$ -Ionen

- die Konzentration eines Elementes kann aus der gemessenen Zahl der vorwärtsgestreuten Probenatome N_r' berechnet werden

$$N_r = \frac{N_r'}{\sigma_r \Delta\Omega N_0}$$

- der Detektorraumwinkel $\Delta\Omega$ für den Meßaufbau ist bekannt
- die Anzahl der Projektionen N_0 wird durch Restgasionisation berührungslos gemessen
- der differentielle Rutherfordquerschnitt für die vorwärtsgestreuten Probenatome mit der Ordnungszahl Z_r kann exakt berechnet werden

$$\frac{d\sigma_r}{d\Omega} = \left(\frac{Z_p Z_r e^2}{2E_0} \right)^2 \left(\frac{M_p + M_r}{M_r} \right)^2 \frac{1}{\cos^3 \phi}$$

- damit gibt es keinen freien Parameter, d.h. die ERDA ist eine standardfreie Absolutmethode
- die Schichtdicken und die Konzentrationsprofile werden anhand der Energiedifferenz der vorwärtsgestreuten Probenatome bezogen auf die maximale, durch den kinematischen Faktor gegebene, Rückstreuenergie berechnet

$$E_2 = k_r E_0$$

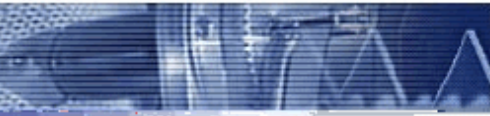
$$k_r = \frac{4M_p M_r \cos^2 \phi}{(M_p + M_r)^2}$$

- die Nachweiswahrscheinlichkeit ist für alle Elemente annähernd gleich
- nur für Wasserstoff ist die Nachweiswahrscheinlichkeit um den Faktor 4 erhöht
- bei der Verwendung schwerer Projektionen gibt es keine Beschränkung für den nachweisbaren Massenbereich der Probenatome
- mögliche Fehler der verwendeten Bremsquerschnitte wirken sich als Tiefenfehler aus

[ERDA Kontakt](#)

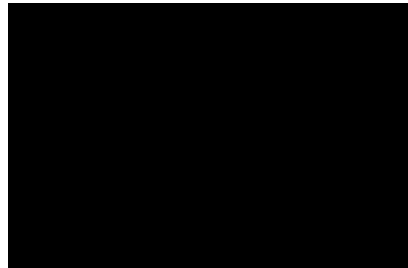
[ERDA Anfang](#)





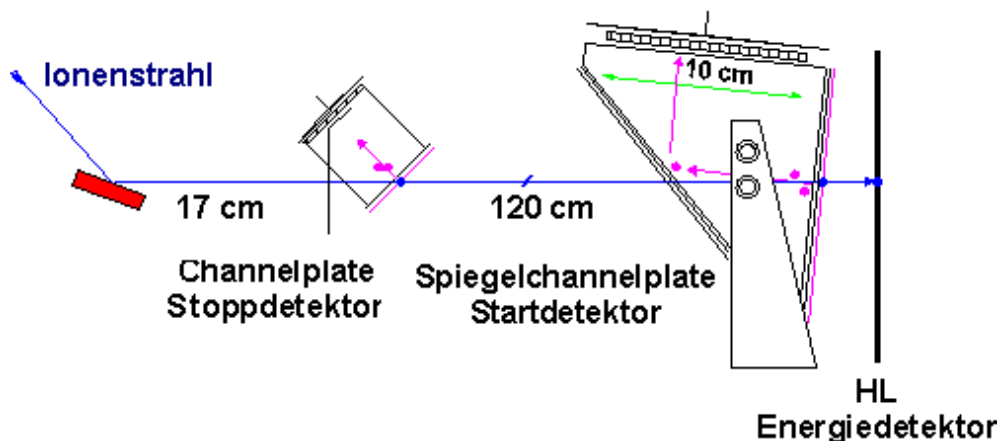
ERDA-Meßapparatur:

Streukammer:



[vergrößertes Bild \(159 kB\)](#)

Flugstrecke:



Parameter:

Probengröße:	1 cm x 1 cm
Probenschleuse:	6 Proben je Targetleiter
Streuwinkel:	$\Phi = 15^\circ - 45^\circ$
HL-Detektor:	72 mm x 60 mm, 24 Streifen je 3 mm breit
Detektoröffnung:	$\Delta\Phi = \pm 1,45^\circ$ (24 x 0,12°)
Raumwinkel:	$\Delta\Omega = 2,1$ msr
Flugstrecke:	d = 120 cm
Zeitauflösung:	$\Delta t = 150$ ps
Typischer Analysestrahl:	230 MeV $^{129}\text{Xe}^{17+}$, ca. 0,3 TnA
Meßzeit:	10 - 100 min

Veröffentlichungen RBS/ERDA:

ERDA

PIXE

RBS

15 N

2005

S. Seeger, R. Mientus, J. Röhrich, E. Strub, W. Bohne, K. Ellmer: Electrical and optical properties of highly (001) textured WS_x films deposited by reactive magnetron sputtering, Surface and Coating Technics, in press

Th. Dittrich, H.-J. Muffler, M. Vogel, T. Guminskaya, A. Ogacho, A. Belaidi, E. Strub, W. Bohne, J. Röhrich, O. Hilt, M. Ch. Lux-Steiner: Passivation of TiO_2 by ultra-thin Al-oxide, Appl. Surf. Science 240 (2005) 236-243

N. P. Barradas, N. Added, W. M. Arnoldbik, I. Bogdanovi•Radovi•, W. Bohne, S. Cardoso, C. Danner, N. Dytlewski, P. P. Freitas, M. Jakšić, C. Jeynes, C. Krug, W. N. Lennard, S. Lindner, Ch. Linsmeier, Z. Meduni•, P. Pelicon, R. P. Pezzi, C. Radtke, J. Röhrich, T. Sajavaara, T. D. M. Salgado, F. C. Stedile, M. H. Tabacniks, I. Vickridge: A round robin characterisation of the thickness and composition of thin to ultra-thin AlNO films, Nucl. Instr. and Methods in Physics Research B 227 (2005) 397-419

2004

W. Bohne, S. Lindner, J. Röhrich, E. Strub: Calibration of various analytical methods with Heavy-Ion ERDA, Surface and Interface Analysis 36 (2004) 1089-1092

M. Bär, W. Bohne, J. Röhrich, E. Strub, S. Lindner, M. C. Lux-Steiner, Ch.-H. Fischer: Determination of the band gap depth profile of the pentenary $Cu(In_{(1-x)}Ga_x)(S_ySe_{(1-y)})_2$ chalcopyrite from its composition gradient, J. Appl. Phys. 96 No. 7 (2004) 3857-3860

A. del Prado, E. San Andrés, I. Mártil, G. González-Díaz, W. Bohne, J. Röhrich, B. Selle: Influence of H on the composition and atomic concentration of "N-rich" plasma deposited $SiO_xN_yH_z$ films, J. Appl. Phys. 95 No. 10 (2004) 5373-5382

O. Papanthasiou, S. Siebentritt, W. Bohne, J. Klaer, I. Laueremann, K. Rahne, J. Röhrich, M. Rusu, E. Strub, M.Ch. Lux-Steiner: Cd-free buffer layers for $CuInS_2$ solar cells prepared by a dry process, In:W. Hoffmann [Eds.]:19th Europ. Photovoltaic Solar Energy Conf. Paris 7.-11. June 2004, Proceedings Munich, Florence: WIP, ETA (2004) 1951-1954

T. Thamm, K.-U. Körner, S. Stöckel, G. Marx, E.Strub, W. Bohne, J. Röhrich: PECVD-Abscheidung von harten Schichten im System B-C-N, In: B. Wielage [Ed.]: Neue Materialien und Verfahren in der Beschichtungstechnik: Tagungsband zum 7. Werkstofftechnischen Kolloquium in Chemnitz, 30. September bis 1. Oktober 2004, Chemnitz: TU, Lehrstuhl für Verbundstoffe, 2004 (Schriftenreihe Werkstoffe und werkstofftechnische Anwendungen, Bd. 18), ISBN 3-00-013553-7, 275-280

V. Weiss, W. Bohne, J. Röhrich, E. Strub, I. Sieber, K. Ellmer, R. Mientus, F. Porsch: Reactive magnetron sputtering of molybdenum sulfide thin films: In situ synchrotron x-ray diffraction and transmission electron study, J. Appl. Phys. 95 No. 12 (2004) 7665-7671

M. Rusu, S. Wiesner, D. Fuertes Marrón, A. Meeder, S. Doka, W. Bohne, S. Lindner, Th. Schedel-Niedrig, Ch. Giesen, M. Heuken, M. Ch. Lux-Steiner: $CuGaSe_2$ thin films prepared by a novel CCSVT technique for photovoltaic application, Thin Solid Films 451-452 (2004) 556-561

W. Bohne, J. Röhrich, A. Schöpke, B. Selle, I. Sieber, W. Fuhs, A. del Prado, E. San Andrés, I. Mártel, G. González-Díaz: Compositional analysis of thin $\text{SiO}_x\text{N}_y\text{:H}$ films by Heavy-Ion ERDA, standard RBS, EDX and AES: a comparison, Nucl. Instr. and Methods in Physics Research B 217 (2004) 237-245

P. Reinig, F. Fenske, B. Selle, W. Bohne, J. Röhrich, I. Sieber, W. Fuhs: Low-temperature silicon homoepitaxial growth by pulsed magnetron sputtering, Appl. Surf. Science 227 (2004) 114-121

E. Strub, M. Bär, W. Bohne, Ch.-H. Fischer, B. Leupolt, S. Lindner, J. Röhrich, B. Schöneich: Intensity calibration of an FT-IR spectrometer by Heavy-Ion ERDA, Nucl. Instr. and Methods in Physics Research B 219-220 (2004) 499-502

2003

W. Bohne, A. Denker, S. Lindner, J. Opitz-Coutureau, J. Röhrich, E. Strub: Materials analysis using fast ions. In: J. L. Duggan [et al.] [Eds.]: Application of accelerators in research and industry: 17th international conference, Denton, Texas, 12.-16. November 2002, Melville, NY: American Institute of Physics, 2003 (AIP conference proceedings 680), ISBN 0-7354-0149-7, 424-427

A. Denker, W. Bohne, J. Heese, H. Homeyer, H. Kluge, S. Lindner, J. Opitz-Coutureau, J. Röhrich, E. Strub: Swift ion beams for solid state and materials science, Nukleonika 48 [Suppl. 2] (2003) S175-S180

C.-M. Herbach, D. Hilscher, U. Jahnke, V. Tishchenko, W. Bohne, J. Galin, A. Letourneau, B. Lott, A. Peghaire, F. Goldenbaum, L. Pienkowski: A combination of two 4pi-detectors for neutrons and charged particles, Part II, The Berlin silicon ball BSiB for light- and heavy-ion detection, Nucl. Instr. and Methods in Physics Research A 508 (2003) 315-336

A. del Prado, E. San Andres, I. Martil, G. Gonzalez-Diaz, D. Bravo, F. J. Lopez, W. Bohne, J. Röhrich, B. Selle, F.L. Martinez: Optical and structural properties of $\text{SiO}_x\text{N}_y\text{H}_z$ films deposited by electron cyclotron resonance and their correlation with composition, J. Appl. Phys. 93 (2003) 8930-8938

M. Rusu, S. Wiesner, S. Lindner, E. Strub, J. Röhrich, R. Würz, W. Fritsch, W. Bohne, Th. Schedel-Niedrig, M.Ch. Lux-Steiner, Ch. Giesen, M. Heuken: Deposition and characterization of Ga_2Se_3 thin films prepared by a novel chemical close-spaced vapour transport technique, J. Phys.: Condensed Matter 15 (2003) 8185-8193

E. San Andres, A. del Prado, I. Martil, G. Gonzalez-Diaz, D. Bravo, F. J. Lopez, M. Fernandez, W. Bohne, J. Röhrich, B. Selle, I. Sieber: Bonding configuration and density of defects of SiO_xH_y thin films deposited by the electron cyclotron resonance plasma method, J. Appl. Phys. 94 (2003) 7462-7469

J. Schwarzkopf, B. Selle, W. Bohne, J. Röhrich, I. Sieber, W. Fuhs: Disorder in silicon films grown epitaxially at low temperature. J. Appl. Phys. 93 (2003) 5215-5221

E. Strub, W. Bohne, S. Lindner, J. Röhrich: Possibilities and limitations of ERDA: examples from the ERDA ToF set-up at the Hahn-Meitner-Institut, Surface and Interface Analysis 35 (2003) 753-756

H.H. Bertschat, J. Röhrich, G. Schiwietz [Eds.]: Annual Report 2002. Hahn-Meitner-Institut Berlin / ISL, Ionenstrahllabor Berlin: Hahn-Meitner-Institut, 2003 (HMI-B 591)

2002

A. del Prado, E. San Andrés, F. L. Martínez, I. Mártel, G. González-Díaz, W. Bohne, J. Röhrich, B. Selle, M. Fernández: Composition and optical properties of silicon oxynitride films deposited by cyclotron resonance, Vacuum 67 (2002) 507-512

W. Bohne, W. Fuhs, J. Röhrich, B. Selle, I. Sieber, A. del Prado, E. San Andrés, I. Mártel, G.

González-Díaz: Compositional analysis of $\text{SiO}_x\text{N}_y\text{:H}$ films by Heavy-Ion ERDA: the problem of radiation damage, *Surface and Interface Analysis* 34 (2002) 749-753

W. Eisele, A. Ennaoui, C. Pettenkofer, W. Bohne, M. Giersig, M. Lux-Steiner, T. P. Niesen, S. Zweigart, F. Karg: Structure of $\text{Zn}/(\text{Se},\text{OH})$ Buffer Layers Grown on Production-Scale $\text{Cu}(\text{In}, \text{Ga})(\text{S},\text{Se})_2$ -Absorbers by Chemical Bath Deposition, *Proc. 17th European Photovoltaic Solar Energy Conf.* ed. by B. McNelis, W. Palz, H. A. Ossenbrink, P. Helm, Vol. II (2002) 1023-1026

S. Neve, W. Bohne, J. Klaer, R. Klenk, R. Scheer: $\text{ZnS}_x\text{O}_y\text{H}_z$ -Buffer Layers for Chalkopyrite Solar Cells, *Proc. 17th European Photovoltaic Solar Energy Conf.* ed. by B. McNelis, W. Palz, H. A. Ossenbrink, P. Helm, Vol. II (2002) 1102-1104

S. Lindner, W. Bohne, A. Jäger-Waldau, M. Ch. Lux-Steiner, J. Röhrich, G. Vogl: Investigations of atomic diffusion at $\text{CIGSSe}/\text{ZnSe}$ interfaces with heavy ion elastic recoil detection analysis (HI-ERDA), *Thin Solid Films* 403-404 (2002) 432-437

J. Platen-Schwarzkopf, W. Bohne, W. Fuhs, K. Lips, J. Röhrich, B. Selle, I. Sieber: Experimental Study on the Role of Hydrogen in the Breakdown of Low-temperature Si Epitaxy, *Mat. Res. Soc. Symp. Proc.* 686 (2002) A3.1.1

W. Bohne, S. Lindner, J. Röhrich: Study of In diffusion into ZnSe buffer-layer material of chalcopyrite solar cells with rough surfaces by means of ERDA measurements, *Nucl. Instr. and Methods in Physics Research B* 188 (2002) 55-60

D. Wruck, R. Boyn, M. Wienecke, F. Henneberger, U. Troppenz, B. Hüttl, W. Bohne, B. Reinhold, H.-E. Mahnke: The configuration of Cu centers in electroluminescent $\text{SrS}:\text{Cu}$ phosphors: a X-ray absorption fine structure and optical study, *J. Appl. Phys.* 91 (2002) 2847-2852

R. Würz, W. Bohne, W. Fuhs, J. Röhrich, M. Schmidt, A. Schöpke, and B. Selle: Composition and Structure of Epitaxial CaF_2 Layers at the First Stage of Their Growth on $\text{Si}(111)$, *Mat. Res. Soc. Symp. Proc.* 696 (2002) N3.21.1

C. Kaufmann, R. Bayón, W. Bohne, J. Röhrich, R. Klenk, and P. J. Dobson: Chemical Bath Deposition of Indium Oxyhydrogensulfide Thin Films, *J. of the Electrochem. Society* 149 (2002) C1-C9

2001

W. Bohne, J. Röhrich, B. Selle, M. Birkholz, F. Fenske, W. Fuhs, J. Platen-Schwarzkopf, and P. Reinig: Characterization of Microcrystalline Si Films by MeV Ion Scattering Techniques, *Mat. Res. Soc. Symp. Proc.* 638 (2001) F14.24

H. Homeyer, P. Arndt, W. Bohne, W. Busse, A. Denker, B. Martin, W. Pelzer, J. Röhrich: Status of ISL, *American Inst. of Phys. Conf. Proc.*, ed. by F. Marti, Melville, NY, 600 (2001)

S. Neve, W. Bohne, J. Röhrich, R. Scheer: ERDA analysis of $\text{ZnS}_x(\text{OH})_y$ thin films obtained by chemical bath deposition, *Mat. Res. Soc. Symp. Proc.* 668 (2001) H5.3.1

W. Bohne, J. Röhrich, M. Schmidt, A. Schöpke, B. Selle, R. Würz: Composition and morphology studies of ultrathin CaF_2 epitaxial films on silicon, *Appl. Surf. Science* 179 (2001) 73-78

F. L. Martínez, A. del Prado, I. Mártel, G. González-Díaz, W. Bohne, W. Fuhs, J. Röhrich, B. Selle, I. Sieber: Molecular models and activation energies for bonding rearrangement in plasma-deposited $\alpha\text{-SiN}_x\text{:H}$ dielectric thin films treated by rapid thermal annealing, *Phys. Rev. B* 63 (2001) 245320/1-11

I. Luck, U. Störkel, W. Bohne, A. Ennaoui, M. Schmidt, H. W. Schock, D. Bräunig: Influence of buffer layer and TCO deposition on the bulk properties of chalcopyrites, *Thin Solid Films* 387 (2001) 100-103

2000

C. Kaufmann, S. Neve, W. Bohne, J. Klaer, R. Klenk, C. Pettenkofer, J. Roehrich, R. Scheer, U. Stoerkel, P. J. Dobson: Growth analysis of chemical bath deposited $\text{In}(\text{OH})_x\text{S}_y$ films as buffer layers for CuInS_2 thin film solar cells, Proc. 28th IEEE PVSC, Anchorage 2000, 688-691

W. Bohne, G.-U. Reinsperger, J. Röhrich, G. Röscher, B. Selle, P. Stauß: Comparative concentration analysis of Cr and Co in FeSi_2 films performed by ERDA and RBS, Nucl. Instr. and Meth. in Physics Research B 161-163 (2000) 467-470

W. Bohne, W. Fuhs, J. Röhrich, B. Selle, G. González-Díaz, I. Mártil, F. L. Martínez, A. del Prado: Compositional analysis of amorphous SiN_x films by ERDA and infrared spectroscopy, Surf. Interface Anal. 30 (2000) 524-537

1999

M. Weber, J. Krauser, A. Weidinger, J. Bruns, C.-H. Fischer, W. Bohne, J. Röhrich, R. Scheer: Hydrogen impurities in chemical bath deposited CdS, J. of the Electrochemical Society 146 (1999) 2131-2138

M. Birkholz, W. Bohne, J. Röhrich, A. Jäger-Waldau, M.C. Lux-Steiner: Stoichiometry and impurity concentrations in II-VI compounds measured by elastic recoil detection analysis (ERDA), J. of Crystal Growth 197 (1999) 571-575

J. Oertel, K. Ellmer, W. Bohne, J. Röhrich, H. Tributsch: Growth of n-type polycrystalline pyrite (FeS_2) films by metalorganic chemical vapour deposition and their electrical characterization, J. of Crystal Growth 198-199 (1999) 1205-1210

B. Thomas, K. Ellmer, W. Bohne, J. Röhrich, M. Kunst, H. Tributsch: Photoeffects in cobalt doped pyrite (FeS_2) films, Solid State Communications 111 (1999) 235-240

W. Bohne, G.-U. Reinsperger, J. Röhrich, A. Schöpke, B. Selle, I. Sieber, P. Stauß, I. Urban: Analysis of Co and Cr dopants in epitaxial films of $\beta\text{-FeSi}_2$ by ERDA, RBS, EDX and AES, Fresenius J. Anal. Chem. 365 (1999) 258-262

B. Hüttl, S. Schlüter, T. Gaertner, U. Troppenz, W. Bohne, J. Röhrich, G. Bilger, K.-O. Velthaus: Blau emittierende SrS:Cu,Ag-Dünnschichten für die Farb-Elektrolumineszenz (EL) und neue Applikationen der EL Technologie, proceedings of the 14th Electronic Displays, Berlin (1999) 167-172

1998

W. Bohne, J. Röhrich, G. Röscher: The Berlin time-of-flight ERDA setup, Nucl. Instr. and Methods in Physics Research B 136-138 (1998) 633-637

W. Bohne, G.-U. Reinsperger, J. Röhrich, G. Röscher, B. Selle: Composition analysis of Co doped FeSi_x films by combining standard and heavy-ion RBS, Nucl. Instr. and Methods in Physics Research B 136-138 (1998) 273-277

D. Wruck, R. Boyn, L. Parthier, F. Henneberger, J. Röhrich: Incorporation of rare earths into II-VI compounds during molecular epitaxial growth: Extended x-ray absorption fine structure study of Sm-doped ZnTe, J. Appl. Phys. 84 (1998) 6049-6054

W. Bohne, J. Röhrich, G. Röscher: The new time-of-flight ERDA setup at the HMI-Berlin, Nucl. Instr. and Methods in Physics Research B 139 (1998) 219-224

1996

W. Bohne, S. Hessler, G. Röscher: Beam-current measurement based on residual gas ionization, Nucl. Instr. and Methods in Physics Research B 113 (1996) 78-80

W. Bohne, F. Fenske, S. Kelling, A. Schöpke, B. Selle: Refined RBS and AES techniques for

the analysis of thin films used in photovoltaic devices, phys. stat. sol. (b) 194 (1996) 69-78

U. Troppenz, G. Bilger, W. Bohne, G. Gers, J. Kreissl, R.-H. Mauch, K. Sieber, K. O. Velthaus:
Material characterisation of SrS:Ce, Mn, Cl films, Proceedings Inorganic and Organic
Electroluminescence, Berlin 1996, Ed. R.-H. Mauch, H. E. Gumlich, Wissenschaft&Technik
Verlag, Berlin 1996, 182-185

[ERDA Kontakt](#)

[ERDA Anfang](#)



ERDA sample sheet

date

If you want to obtain accurate results from us, you should make sure that

- the **maximum** sample size is 11x12 mm²
- the **minimum** sample size is 6x6 mm²
- the **ideal sample size** is rectangular, 10x10 mm²
- the **maximum** sample thickness is 5 mm
- Samples should be **flat and not rough**. If the sample is rough on the μm scale, one can not measure structures on the nm scale!
- Samples should be **named on the backside**
- **Please provide us with as many information as possible in the form below**, according to the example on page 2.
- **For further information, see http://www.hmi.de/isl/ana/erda-1_en.html**

sample owner:

address:

phone number:

email:

sample name	short description	expected elements	elements of special interest	estimated layer thickness	I am interested in					remarks
					stoichiometry	trace elements	elemental profiles	H content	layer thickness	

ERDA sample sheet (example)

date 27.03.2003

If you want to obtain accurate results from us, you should make sure that

- the **maximum** sample size is 11x12 mm²
- the **minimum** sample size is 6x6 mm²
- the **ideal** sample size is rectangular, 10x10 mm²
- the **maximum** sample thickness is 5 mm
- Samples should be **flat and not rough**. If the sample is rough on the μm scale, one can not measure structures on the nm scale!
- Samples should be **named on the backside**
- **Please provide us with as many information as possible in the form below**, according to the example.
- **For further information**, see http://www.hmi.de/isl/ana/erda-1_en.html

sample owner:

Erik Strub

address:

HMI, SF4, Glienicke Str. 100, 14109 Berlin

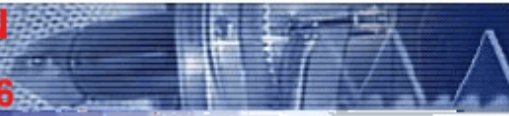
phone number:

030 8062 3039

email:

strub@hmi.de

sample name	short description	expected elements	elements of special interest	estimated layer thickness	I am interested in					questions/remarks
					stoichiometry	trace elements	elemental profiles	H content	layer thickness	
ZnO123	sputtered ZnO on Si	Zn,O,Si,Ar,?	Ar	300 nm	X	X				are there impurities?
TiN345	multilayer Si/TiN/glass	Si,Ti,N,O,?	N	?			X		X	
glass	glass	Si,O,?	-	-	X	X				reference to sample2
Si	H implanted Si	Si,H	H	?			X	X		H shows probably a profile



PIXE

(Induzierte Röntgenemission mit hochenergetischen Protonen)

Bei der PIXE wird die Probe mit hochenergetischen Protonen bestrahlt. Dadurch werden die Atome in der Probe zur Aussendung charakteristischer Röntgenstrahlung angeregt. Da nur geringe Protonenströme nötig sind und die Proben auch an Luft gemessen werden können, eignet sich das Verfahren für große und empfindliche Objekte, z.B. kunsthistorische

[Meßprinzip](#)

[Apparatur](#)

[Kontakt](#)

[Veröffentlichungen](#)

Gegenstände.



PIXE-Meßprinzip

Durch den Beschuß mit Protonen werden im zu untersuchenden Material charakteristische Röntgenübergänge angeregt. Damit können die Elemente in der Probe, allerdings nicht der Typ der chemischen Verbindung festgestellt werden. In den meisten Fällen ist eine Elementanalyse ausreichend. Bei empfindlichen Proben, die nicht ins Vakuum gebracht werden dürfen, ist der Nachweis erst für Röntgenstrahlung oberhalb von ca. 2 keV, d.h. erst ab Phosphor möglich, bedingt durch Absorption der Röntgenstrahlung in der Probe, an Luft und im Eintrittsfenster des Detektors. Bei niederenergetischen Protonen ist der Wirkungsquerschnitt zur Anregung der K-Übergänge von schwereren Elementen zu klein, so daß diese durch ihre L-Linien nachgewiesen werden. Bei hochenergetischen Protonen werden auch die K-Übergänge angeregt. Daher bietet sich der Einsatz eines Ge-Detektors an, der auch bei 100 keV über eine gute Nachweiswahrscheinlichkeit verfügt. Bei niederenergetischen Protonen ist die Analyse durch die kleine Reichweite der Protonen auf etwa 250 μm beschränkt; dies kann aber auch ein Vorteil sein, wenn durch Energievariation Tiefenverteilungen ermittelt werden. Das tiefere Eindringen von hochenergetischen Protonen ins Material und die Anregung der höherenergetischen (und schwächer absorbierten) K-Linien ermöglicht eine zerstörungsfreie Elementanalyse in tiefen Schichten, wie das Testbeispiel unten zeigt. Das Verhältnis von K- zu L-Linien erlaubt ebenfalls eine Aussage über die Tiefe des entsprechenden Elements im Material. Hierbei wird verwendet, daß die Strahlung unterschiedlicher Energien verschieden stark absorbiert wird.

Test on Modern Glass with Thin Gold Foil

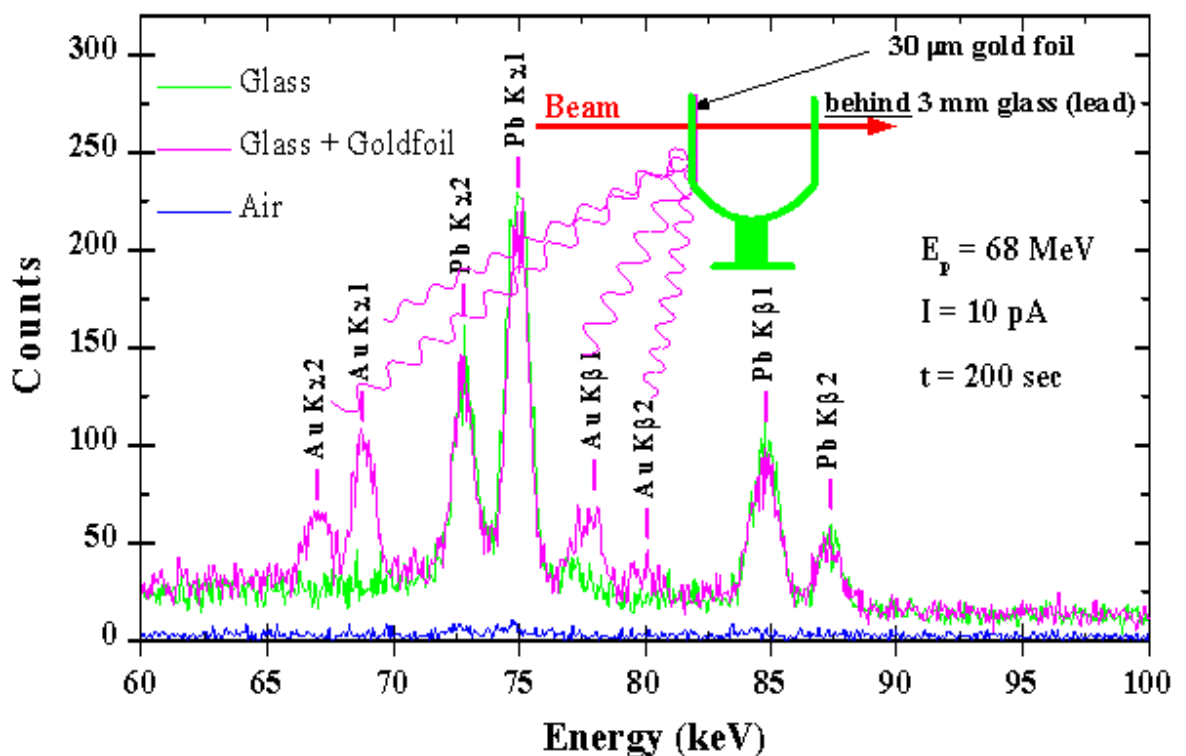


Abb: Zerstörungsfreier Nachweis einer dünnen Goldfolie hinter 3 mm dickem Bleiglas.

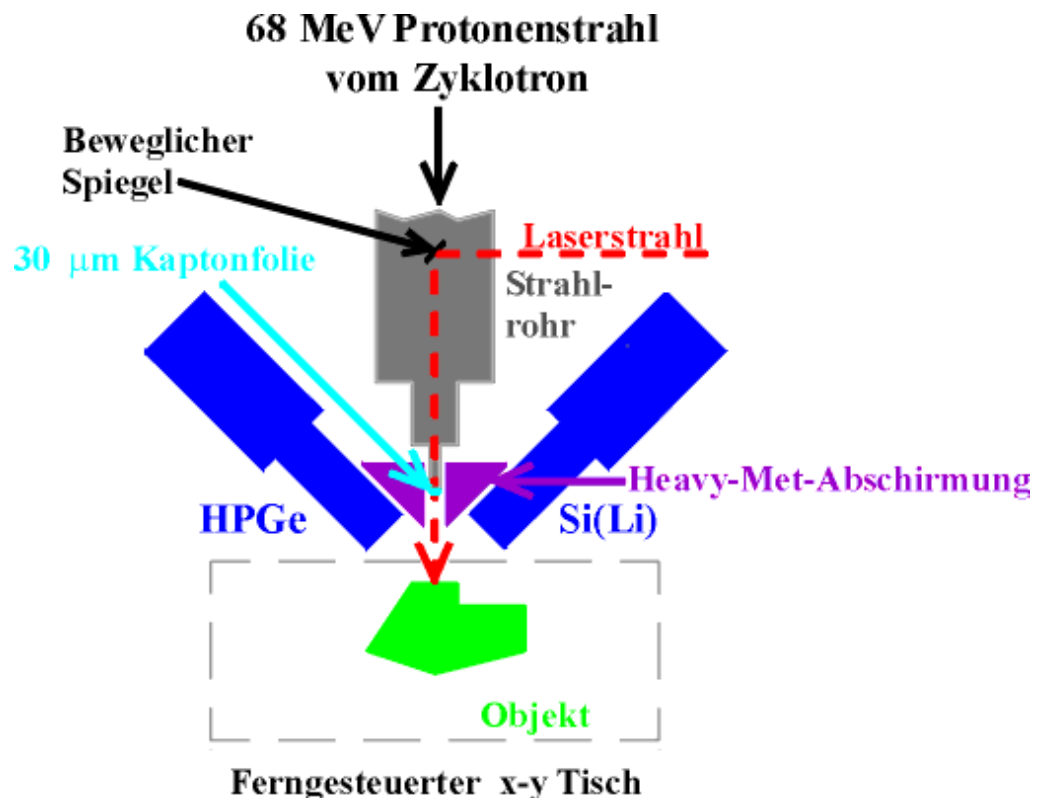




PIXE-Meßapparatur:

Die Meßanordnung für Hochenergie - PIXE ist unkompliziert. Am Targetplatz TW wird der Protonenstrahl durch ein Kaptonfenster in die Atmosphäre gelassen. Etwa 10 cm dahinter ist die Probe auf einem fernbedienbaren xy Tisch angebracht. Der Detektor für die Röntgenstrahlung steht unter 135 Grad zum Protonenstrahl, also unter 45 Grad zur Probe. Der Strahl wird mit einer Intensität von ca. 1 nA auf einem Leuchtschirm fokussiert. Dieser muß anschließend weggenommen werden, da er zu sehr aktiviert wird und die weiteren Messungen stört. Der Detektor wird auch erst nach der Fokussierung aufgebaut, um Schäden durch die bei der Fokussierung auftretenden Neutronen zu vermeiden. Danach wurde der Strahl in seiner Intensität durch Schließen der Schlitze und durch ein Gitter kleinerer Transmission auf maximal 1 pA reduziert. Bei dicken Targets muß wegen der großen Anzahl niederenergetischer Röntgenquanten und der durch Kernreaktionen hervorgerufenen Gammastrahlung der Strom sogar noch weiter reduziert werden.

Aufbau:



Parameter:

Probengröße	beliebig
Abstand Strahlaustritt/ Probe	10 cm
Abstand Detektor Probe	5 cm

Detektor HPGe	180 eV @ 5.9 keV
Detektor Si(Li)	155 eV @ 5.9 keV
Analysestrahl	68 MeV Protonen, unter 10 pA
Meßzeit	200 sec bis 0,5 h
Empfindlichkeit	ppm für mittelschwere Elemente in leichter Matrix, abnehmend auf 0,1% in ungünstigen Fällen
Tiefenauflösung	ca. 10 µm
Analysetiefe	abhängig vom Element: bis cm

[PIXE Kontakt](#)

[PIXE Anfang](#)



Veröffentlichungen PIXE:

ERDA

PIXE

RBS

15 N

2006

COST Action G8: non-destructive testing and analysis of museum objects
A. Denker, A. Adriaens, M. Dowsett, A. Giunlia-Mair (Herausgeber)
ISBN 978-3-8167-7178-4 Fraunhofer IRB Verlag

Materials Analysis Using Fast Ions
A. Denker, W. Bohne, J. Rauschenberg, J. Röhrich, E. Strub
Proceedings of CERN Accelerator School ISBN 978-92-9083-284-3, 417-432

Gemäldeuntersuchungen mit hochenergetischen Protonen
A. Denker, C. Laurenze-Landsberg
Jahrestagung Archäometrie und Denkmalpflege 2006, Eds. O. Hahn, H. Stege, ISSN 0949-4057, 65-67

Röntgenanalytische Methoden im Vergleich
T. Wolff, A. Denker, O. Hahn, S. Merchel, M. Radtke, U. Reinholz
Jahrestagung Archäometrie und Denkmalpflege 2006, Eds. O. Hahn, H. Stege, ISSN 0949-4057, 22-24

2005

Influence of corrosion layers on quantitative analysis
A. Denker, W. Bohne, J. Opitz-Coutureau, J. Rauschenberg, J. Röhrich, E. Strub
[Nucl. Instr. Meth. B 239 \(2005\) 65-70](#)

High-energy PIXE using very energetic protons: quantitative analysis and cross sections
A. Denker, W. Bohne, J. L. Campbell, P. Heide, T. Hopman, J.A. Maxwell, J. Opitz-Coutureau, J. Rauschenberg, J. Röhrich, E. Strub
[X-ray Spectrometry B 34 \(2005\) 376-380](#)

High-energy PIXE on early Medieval metal objects
A. Denker, M.C. Blaich
Georarchaeological and Biolarchaeological Studies 3 (2005) 319-222

Analysis of some coins by energy dispersive X-ray fluorescence (EDXRF) and high energy particle X-ray emission (PIXE) techniques
S. Santra, D. Mitra, M. Sarkar, D. Bhattacharya, A. Denker, J. Opitz-Coutureau, J. Rauschenberg
[Nucl. Instr. Meth. B 229 \(2005\) 465-470](#)

2004

Zerstörungsfreie Analyse mit PIXE - Klassifizierung von Metallen und Pigmenten

A. Denker
[Restauro 6 \(2004\) 390-393](#)

Non-destructive analysis of coins using high-energy PIXE
A. Denker, J. Opitz-Coutureau, M. Griesser, R. Denk, H. Winter
[Nucl. Instr. Meth. B 226 \(2004\) 163-171](#)

High-energy PIXE: quantitative analysis
A. Denker, J. Opitz-Coutureau, J.L. Campbell, J.A. Maxwell and T. Hopman
[Nucl. Instr. Meth. B 219-220C \(2004\) 130-135](#)

Proton induced x-ray emission using 68 MeV protons
A. Denker, J. Opitz-Coutureau
[X-ray Spectroscopy Vol.33 \(2004\) 61-66](#)

Paintings - high-energy protons detect pigments and paint layers
A. Denker, J. Opitz-Coutureau
[Nucl. Instr. Meth. B 213C \(2004\) 677-682](#)

2003

Materials Analysis Using Fast Ions
W. Bohne, A. Denker, S. Lindner, J. Opitz-Coutureau, J. Röhrich, E. Strub
Application of Accelerators in Research and Industry, 17th Intl. Conference
ed. by J.L. Duggan and I.L. Morgan,
AIP Conference Proceedings 680 (2003) 424-427

2002

Analysis of Middle Age Objects Using 68 MeV Protons
A. Denker, M.C. Blaich
[Nucl. Instr. Meth. B 189 \(2002\) 315-319](#)

2001

Applications of PIXE with 68 MeV protons
A. Denker, K. H. Maier
Application of Accelerators in Research and Industry, 16th Int. Conference,
ed. by J.L. Duggan and I.L. Morgan
AIP Conference Proceedings 576 (2001) 417-420

2000

Investigations of objects d'art by PIXE with 68 MeV protons
A. Denker, K. H. Maier
[Nucl. Instr. and Meth. B 161-163 \(2000\) 704-708](#)

1999

High Energy PIXE using 68 MeV Protons
A. Denker, K. H. Maier
[Nucl. Instr. and Meth. B 150 \(1999\) 118-123](#)

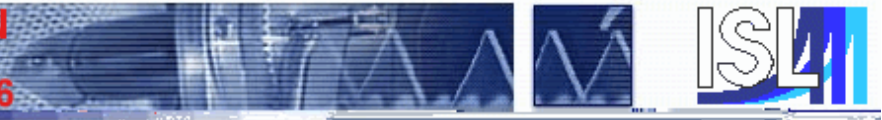
Investigation of Paint Test Samples by High Energy 68 MeV PIXE
A. Denker, M. Griesser, K.H. Maier, H. Musner

Proc. of the 6th International Conference on Non destructive Testing and Mikroanalysis for the
Diagnostics and Conservation of the Cultural and Environmental Heritage, Eds. M. Marabelli,
C. Parisi

[PIXE Kontakt](#)

[PIXE Anfang](#)





RBS

(Rutherford-Rückstreu-Spektroskopie mit Helium und Schwerionen)

Bei der RBS werden energetische Ionen, typischerweise H oder He, auf einen Festkörper geschossen und die Zahl und die Energie der an den Probeatomen unter einem festen Winkel zurückgestreuten Primärionen gemessen. Da die Energie der zurückgestreuten Projektile von der Masse der Targetatome abhängt und die Projektile in der Probe einen Energieverlust erleiden, kann man die Zusammensetzung in Abhängigkeit von der Tiefe bestimmen.

[Meßprinzip](#)

[Apparatur](#)

[Arbeitsgruppe](#)

[Veröffentlichungen](#)



[Home - ISL](#)[Suche](#)[English](#)

ERDA

PIXE

RBS

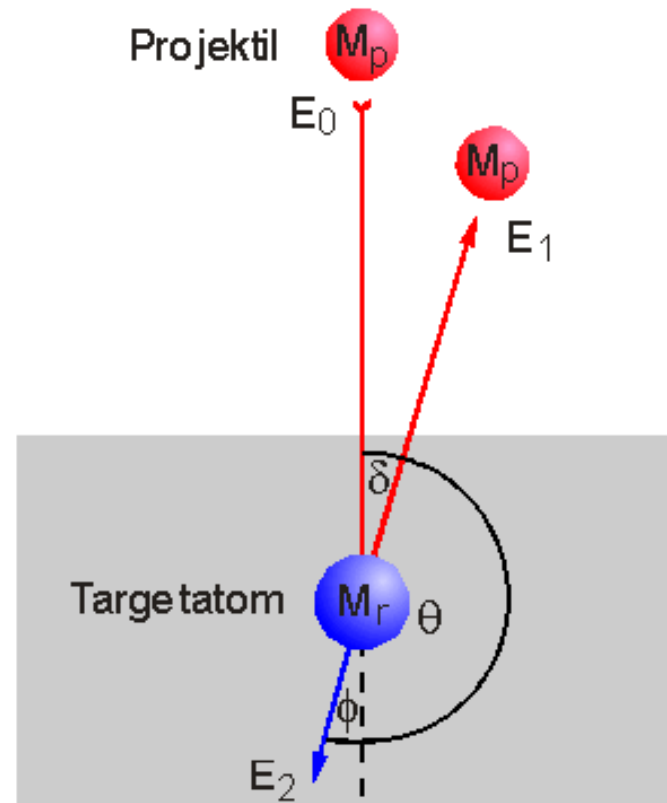
15 N

ISL - BERLIN

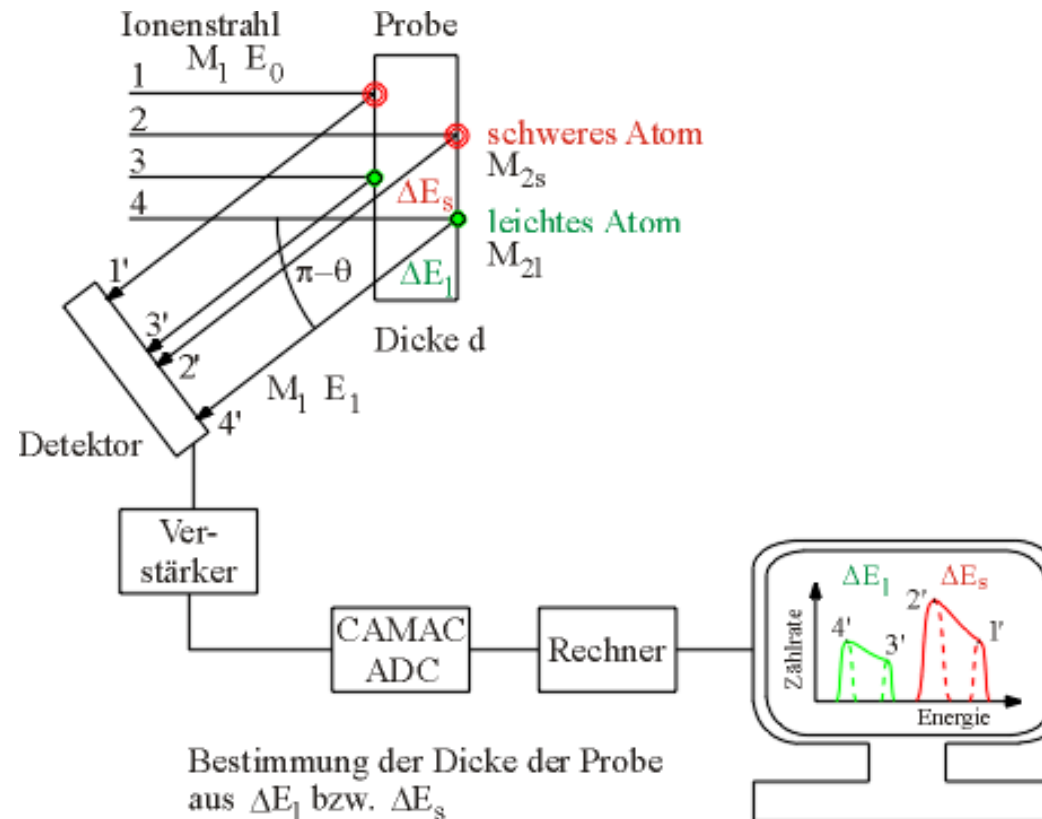
1994-2006

RBS-Meßprinzip

- Beschuß der Probe mit leichten oder mittelschweren Ionen und Rückstreuung der Projektile unter großem Winkel



- die Massenidentifizierung der Targetatome erfolgt über die Energiemessung der rückgestreuten Projektionen mittels Halbleiterdetektoren



- die Verwendung schwerer Ionen z.B. ^{14}N ermöglicht eine bessere Massenseparation im Vergleich zur sogenannten Standard-RBS mit H- oder He-Ionen
- die Schichtdicken und die Konzentrationsprofile werden anhand der Energiedifferenz der rückgestreuten Projektile bezogen auf die maximale, durch den kinematischen Faktor gegebene, Rückstreuenergie berechnet

$$E_1 = k_p E_0$$

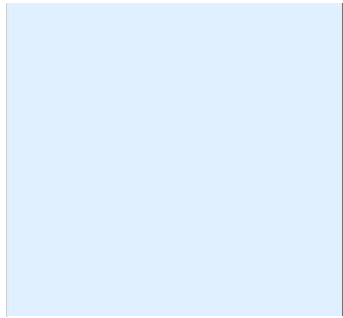
$$k_p = \left(\frac{M_p / M_r \cos \theta + \sqrt{1 - (M_p / M_r)^2 \sin^2 \theta}}{1 + M_p / M_r} \right)^2$$

- bei dickeren Proben ist die Massenidentifikation durch die Überlagerung der Spektrenanteile von verschiedenen Massen erschwert
- die Konzentration eines Elementes kann aus der gemessenen Zahl der rückgestreuten Projektionen N_p berechnet werden

$$N_r = \frac{N_p}{\sigma_p \Delta\Omega N_0}$$

- der Detektorraumwinkel $\Delta\Omega$ für den Meßaufbau ist bekannt
- die Anzahl der Projektionen N_0 wird durch Restgasionisation berührungslos gemessen
- der differentielle Rutherfordquerschnitt für die Projektile mit der Ordnungszahl $Z_{pp-35.624.03j}$ 04083.22d7 Tm (be

wirken sich als Tiefenfehler aus



[RBS Kontakt](#)

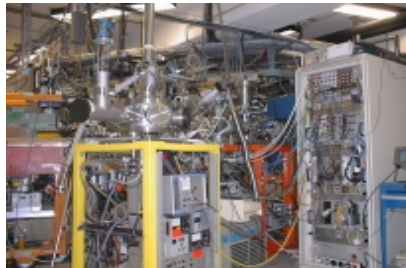
[RBS Anfang](#)





RBS-Meßapparatur:

Streukammer für Schwerionen-RBS:



[vergrößertes Bild \(203 kB\)](#)

Parameter:

Probengröße:	1 cm x 1 cm
Probenschleuse:	7 Proben je Targetleiter
Streuwinkel:	$\theta = 165^\circ$
Abstand Detektor Probe:	$d = 10 \text{ cm}$
Detektoröffnung:	$\Delta\theta = \pm 1,2^\circ$
Raumwinkel (4 Detektoren):	$\Delta\Omega = 22,2 \text{ msr}$
Typischer Analysestrahl:	15 MeV $^{14}\text{N}^{4+}$, ca. 5 TnA
Meßzeit:	10 - 100 min
Empfindlichkeit:	ppm für schwerste Elemente in leichter Probenmatrix abnehmend auf 0,1% für leichte Elemente
Tiefenauflösung:	etwa 10 nm im oberflächennahen Bereich, mit zunehmender Tiefe schlechter
maximale Analysetiefe:	etwa 2 μm , abhängig vom Material

[RBS Kontakt](#)

[RBS Anfang](#)



Veröffentlichungen RBS/ERDA:

ERDA

PIXE

RBS

15 N

2005

S. Seeger, R. Mientus, J. Röhrich, E. Strub, W. Bohne, K. Ellmer: Electrical and optical properties of highly (001) textured WS_x films deposited by reactive magnetron sputtering, *Surface and Coating Technics*, in press

Th. Dittrich, H.-J. Muffler, M. Vogel, T. Guminskaya, A. Ogacho, A. Belaidi, E. Strub, W. Bohne, J. Röhrich, O. Hilt, M. Ch. Lux-Steiner: Passivation of TiO_2 by ultra-thin Al-oxide, *Appl. Surf. Science* 240 (2005) 236-243

N. P. Barradas, N. Added, W. M. Arnoldbik, I. Bogdanovi•Radovi•, W. Bohne, S. Cardoso, C. Danner, N. Dytlewski, P. P. Freitas, M. Jakšić, C. Jaynes, C. Krug, W. N. Lennard, S. Lindner, Ch. Linsmeier, Z. Meduni•, P. Pelicon, R. P. Pezzi, C. Radtke, J. Röhrich, T. Sajavaara, T. D. M. Salgado, F. C. Stedile, M. H. Tabacniks, I. Vickridge: A round robin characterisation of the thickness and composition of thin to ultra-thin AlNO films, *Nucl. Instr. and Methods in Physics Research B* 227 (2005) 397-419

2004

W. Bohne, S. Lindner, J. Röhrich, E. Strub: Calibration of various analytical methods with Heavy-Ion ERDA, *Surface and Interface Analysis* 36 (2004) 1089-1092

M. Bär, W. Bohne, J. Röhrich, E. Strub, S. Lindner, M. C. Lux-Steiner, Ch.-H. Fischer: Determination of the band gap depth profile of the pentenary $Cu(In_{(1-x)}Ga_x)(S_ySe_{(1-y)})_2$ chalcopyrite from its composition gradient, *J. Appl. Phys.* 96 No. 7 (2004) 3857-3860

A. del Prado, E. San Andrés, I. Mártel, G. González-Díaz, W. Bohne, J. Röhrich, B. Selle: Influence of H on the composition and atomic concentration of "N-rich" plasma deposited $SiO_xN_yH_z$ films, *J. Appl. Phys.* 95 No. 10 (2004) 5373-5382

O. Papanthasiou, S. Siebentritt, W. Bohne, J. Klaer, I. Laueremann, K. Rahne, J. Röhrich, M. Rusu, E. Strub, M.Ch. Lux-Steiner: Cd-free buffer layers for $CuInS_2$ solar cells prepared by a dry process, In: W. Hoffmann [Eds.]: 19th Europ. Photovoltaic Solar Energy Conf. Paris 7.-11. June 2004, Proceedings Munich, Florence: WIP, ETA (2004) 1951-1954

T. Thamm, K.-U. Körner, S. Stöckel, G. Marx, E. Strub, W. Bohne, J. Röhrich: PECVD-Abscheidung von harten Schichten im System B-C-N, In: B. Wielage [Ed.]: Neue Materialien und Verfahren in der Beschichtungstechnik: Tagungsband zum 7. Werkstofftechnischen Kolloquium in Chemnitz, 30. September bis 1. Oktober 2004, Chemnitz: TU, Lehrstuhl für Verbundstoffe, 2004 (Schriftenreihe Werkstoffe und werkstofftechnische Anwendungen, Bd. 18), ISBN 3-00-013553-7, 275-280

V. Weiss, W. Bohne, J. Röhrich, E. Strub, I. Sieber, K. Ellmer, R. Mientus, F. Porsch: Reactive magnetron sputtering of molybdenum sulfide thin films: In situ synchrotron x-ray diffraction and transmission electron study, *J. Appl. Phys.* 95 No. 12 (2004) 7665-7671

M. Rusu, S. Wiesner, D. Fuertes Marrón, A. Meeder, S. Doka, W. Bohne, S. Lindner, Th. Schedel-Niedrig, Ch. Giesen, M. Heuken, M. Ch. Lux-Steiner: $CuGaSe_2$ thin films prepared by a novel CCSVT technique for photovoltaic application, *Thin Solid Films* 451-452 (2004) 556-561

W. Bohne, J. Röhrich, A. Schöpke, B. Selle, I. Sieber, W. Fuhs, A. del Prado, E. San Andrés, I. Mártil, G. González-Díaz: Compositional analysis of thin $\text{SiO}_x\text{N}_y\text{:H}$ films by Heavy-Ion ERDA, standard RBS, EDX and AES: a comparison, Nucl. Instr. and Methods in Physics Research B 217 (2004) 237-245

P. Reinig, F. Fenske, B. Selle, W. Bohne, J. Röhrich, I. Sieber, W. Fuhs: Low-temperature silicon homoepitaxial growth by pulsed magnetron sputtering, Appl. Surf. Science 227 (2004) 114-121

E. Strub, M. Bär, W. Bohne, Ch.-H. Fischer, B. Leupolt, S. Lindner, J. Röhrich, B. Schöneich: Intensity calibration of an FT-IR spectrometer by Heavy-Ion ERDA, Nucl. Instr. and Methods in Physics Research B 219-220 (2004) 499-502

2003

W. Bohne, A. Denker, S. Lindner, J. Opitz-Coutureau, J. Röhrich, E. Strub: Materials analysis using fast ions. In: J. L. Duggan [et al.] [Eds.]: Application of accelerators in research and industry: 17th international conference, Denton, Texas, 12.-16. November 2002, Melville, NY: American Institute of Physics, 2003 (AIP conference proceedings 680), ISBN 0-7354-0149-7, 424-427

A. Denker, W. Bohne, J. Heese, H. Homeyer, H. Kluge, S. Lindner, J. Opitz-Coutureau, J. Röhrich, E. Strub: Swift ion beams for solid state and materials science, Nukleonika 48 [Suppl. 2] (2003) S175-S180

C.-M. Herbach, D. Hilscher, U. Jahnke, V. Tishchenko, W. Bohne, J. Galin, A. Letourneau, B. Lott, A. Peghaire, F. Goldenbaum, L. Pienkowski: A combination of two 4pi-detectors for neutrons and charged particles, Part II, The Berlin silicon ball BSiB for light- and heavy-ion detection, Nucl. Instr. and Methods in Physics Research A 508 (2003) 315-336

A. del Prado, E. San Andres, I. Martil, G. Gonzalez-Diaz, D. Bravo, F. J. Lopez, W. Bohne, J. Röhrich, B. Selle, F.L. Martinez: Optical and structural properties of $\text{SiO}_x\text{N}_y\text{H}_z$ films deposited by electron cyclotron resonance and their correlation with composition, J. Appl. Phys. 93 (2003) 8930-8938

M. Rusu, S. Wiesner, S. Lindner, E. Strub, J. Röhrich, R. Würz, W. Fritsch, W. Bohne, Th. Schedel-Niedrig, M.Ch. Lux-Steiner, Ch. Giesen, M. Heuken: Deposition and characterization of Ga_2Se_3 thin films prepared by a novel chemical close-spaced vapour transport technique, J. Phys.: Condensed Matter 15 (2003) 8185-8193

E. San Andres, A. del Prado, I. Martil, G. Gonzalez-Diaz, D. Bravo, F. J. Lopez, M. Fernandez, W. Bohne, J. Röhrich, B. Selle, I. Sieber: Bonding configuration and density of defects of SiO_xH_y thin films deposited by the electron cyclotron resonance plasma method, J. Appl. Phys. 94 (2003) 7462-7469

J. Schwarzkopf, B. Selle, W. Bohne, J. Röhrich, I. Sieber, W. Fuhs: Disorder in silicon films grown epitaxially at low temperature. J. Appl. Phys. 93 (2003) 5215-5221

E. Strub, W. Bohne, S. Lindner, J. Röhrich: Possibilities and limitations of ERDA: examples from the ERDA ToF set-up at the Hahn-Meitner-Institut, Surface and Interface Analysis 35 (2003) 753-756

H.H. Bertschat, J. Röhrich, G. Schiwietz [Eds.]: Annual Report 2002. Hahn-Meitner-Institut Berlin / ISL, Ionenstrahllabor Berlin: Hahn-Meitner-Institut, 2003 (HMI-B 591)

2002

A. del Prado, E. San Andrés, F. L. Martínez, I. Mártil, G. González-Díaz, W. Bohne, J. Röhrich, B. Selle, M. Fernández: Composition and optical properties of silicon oxynitride films deposited by cyclotron resonance, Vacuum 67 (2002) 507-512

W. Bohne, W. Fuhs, J. Röhrich, B. Selle, I. Sieber, A. del Prado, E. San Andrés, I. Mártil, G.

González-Díaz: Compositional analysis of $\text{SiO}_x\text{N}_y\text{:H}$ films by Heavy-Ion ERDA: the problem of radiation damage, *Surface and Interface Analysis* 34 (2002) 749-753

W. Eisele, A. Ennaoui, C. Pettenkofer, W. Bohne, M. Giersig, M. Lux-Steiner, T. P. Niesen, S. Zweigart, F. Karg: Structure of $\text{Zn}/(\text{Se},\text{OH})$ Buffer Layers Grown on Production-Scale $\text{Cu}(\text{In}, \text{Ga})(\text{S},\text{Se})_2$ -Absorbers by Chemical Bath Deposition, *Proc. 17th European Photovoltaic Solar Energy Conf.* ed. by B. McNelis, W. Palz, H. A. Ossenbrink, P. Helm, Vol. II (2002) 1023-1026

S. Neve, W. Bohne, J. Klaer, R. Klenk, R. Scheer: $\text{ZnS}_x\text{O}_y\text{H}_z$ -Buffer Layers for Chalkopyrite Solar Cells, *Proc. 17th European Photovoltaic Solar Energy Conf.* ed. by B. McNelis, W. Palz, H. A. Ossenbrink, P. Helm, Vol. II (2002) 1102-1104

S. Lindner, W. Bohne, A. Jäger-Waldau, M. Ch. Lux-Steiner, J. Röhrich, G. Vogl: Investigations of atomic diffusion at $\text{CIGSSe}/\text{ZnSe}$ interfaces with heavy ion elastic recoil detection analysis (HI-ERDA), *Thin Solid Films* 403-404 (2002) 432-437

J. Platen-Schwarzkopf, W. Bohne, W. Fuhs, K. Lips, J. Röhrich, B. Selle, I. Sieber: Experimental Study on the Role of Hydrogen in the Breakdown of Low-temperature Si Epitaxy, *Mat. Res. Soc. Symp. Proc.* 686 (2002) A3.1.1

W. Bohne, S. Lindner, J. Röhrich: Study of In diffusion into ZnSe buffer-layer material of chalcopyrite solar cells with rough surfaces by means of ERDA measurements, *Nucl. Instr. and Methods in Physics Research B* 188 (2002) 55-60

D. Wruck, R. Boyn, M. Wienecke, F. Henneberger, U. Troppenz, B. Hüttl, W. Bohne, B. Reinhold, H.-E. Mahnke: The configuration of Cu centers in electroluminescent $\text{SrS}:\text{Cu}$ phosphors: a X-ray absorption fine structure and optical study, *J. Appl. Phys.* 91 (2002) 2847-2852

R. Würz, W. Bohne, W. Fuhs, J. Röhrich, M. Schmidt, A. Schöpke, and B. Selle: Composition and Structure of Epitaxial CaF_2 Layers at the First Stage of Their Growth on $\text{Si}(111)$, *Mat. Res. Soc. Symp. Proc.* 696 (2002) N3.21.1

C. Kaufmann, R. Bayón, W. Bohne, J. Röhrich, R. Klenk, and P. J. Dobson: Chemical Bath Deposition of Indium Oxyhydrogensulfide Thin Films, *J. of the Electrochem. Society* 149 (2002) C1-C9

2001

W. Bohne, J. Röhrich, B. Selle, M. Birkholz, F. Fenske, W. Fuhs, J. Platen-Schwarzkopf, and P. Reinig: Characterization of Microcrystalline Si Films by MeV Ion Scattering Techniques, *Mat. Res. Soc. Symp. Proc.* 638 (2001) F14.24

H. Homeyer, P. Arndt, W. Bohne, W. Busse, A. Denker, B. Martin, W. Pelzer, J. Röhrich: Status of ISL, *American Inst. of Phys. Conf. Proc.*, ed. by F. Marti, Melville, NY, 600 (2001)

S. Neve, W. Bohne, J. Röhrich, R. Scheer: ERDA analysis of $\text{ZnS}_x(\text{OH})_y$ thin films obtained by chemical bath deposition, *Mat. Res. Soc. Symp. Proc.* 668 (2001) H5.3.1

W. Bohne, J. Röhrich, M. Schmidt, A. Schöpke, B. Selle, R. Würz: Composition and morphology studies of ultrathin CaF_2 epitaxial films on silicon, *Appl. Surf. Science* 179 (2001) 73-78

F. L. Martínez, A. del Prado, I. Mártel, G. González-Díaz, W. Bohne, W. Fuhs, J. Röhrich, B. Selle, I. Sieber: Molecular models and activation energies for bonding rearrangement in plasma-deposited $\alpha\text{-SiN}_x\text{:H}$ dielectric thin films treated by rapid thermal annealing, *Phys. Rev. B* 63 (2001) 245320/1-11

I. Luck, U. Störkel, W. Bohne, A. Ennaoui, M. Schmidt, H. W. Schock, D. Bräunig: Influence of buffer layer and TCO deposition on the bulk properties of chalcopyrites, *Thin Solid Films* 387 (2001) 100-103

2000

C. Kaufmann, S. Neve, W. Bohne, J. Klaer, R. Klenk, C. Pettenkofer, J. Roehrich, R. Scheer, U. Stoerkel, P. J. Dobson: Growth analysis of chemical bath deposited $\text{In}(\text{OH})_x\text{S}_y$ films as buffer layers for CuInS_2 thin film solar cells, Proc. 28th IEEE PVSC, Anchorage 2000, 688-691

W. Bohne, G.-U. Reinsperger, J. Röhrich, G. Röscher, B. Selle, P. Stauß: Comparative concentration analysis of Cr and Co in FeSi_2 films performed by ERDA and RBS, Nucl. Instr. and Meth. in Physics Research B 161-163 (2000) 467-470

W. Bohne, W. Fuhs, J. Röhrich, B. Selle, G. González-Díaz, I. Mártil, F. L. Martínez, A. del Prado: Compositional analysis of amorphous SiN_x films by ERDA and infrared spectroscopy, Surf. Interface Anal. 30 (2000) 524-537

1999

M. Weber, J. Krauser, A. Weidinger, J. Bruns, C.-H. Fischer, W. Bohne, J. Röhrich, R. Scheer: Hydrogen impurities in chemical bath deposited CdS, J. of the Electrochemical Society 146 (1999) 2131-2138

M. Birkholz, W. Bohne, J. Röhrich, A. Jäger-Waldau, M.C. Lux-Steiner: Stoichiometry and impurity concentrations in II-VI compounds measured by elastic recoil detection analysis (ERDA), J. of Crystal Growth 197 (1999) 571-575

J. Oertel, K. Ellmer, W. Bohne, J. Röhrich, H. Tributsch: Growth of n-type polycrystalline pyrite (FeS_2) films by metalorganic chemical vapour deposition and their electrical characterization, J. of Crystal Growth 198-199 (1999) 1205-1210

B. Thomas, K. Ellmer, W. Bohne, J. Röhrich, M. Kunst, H. Tributsch: Photoeffects in cobalt doped pyrite (FeS_2) films, Solid State Communications 111 (1999) 235-240

W. Bohne, G.-U. Reinsperger, J. Röhrich, A. Schöpke, B. Selle, I. Sieber, P. Stauß, I. Urban: Analysis of Co and Cr dopants in epitaxial films of $\beta\text{-FeSi}_2$ by ERDA, RBS, EDX and AES, Fresenius J. Anal. Chem. 365 (1999) 258-262

B. Hüttl, S. Schlüter, T. Gaertner, U. Troppenz, W. Bohne, J. Röhrich, G. Bilger, K.-O. Velthaus: Blau emittierende $\text{SrS}:\text{Cu},\text{Ag}$ -Dünnschichten für die Farb-Elektrolumineszenz (EL) und neue Applikationen der EL Technologie, proceedings of the 14th Electronic Displays, Berlin (1999) 167-172

1998

W. Bohne, J. Röhrich, G. Röscher: The Berlin time-of-flight ERDA setup, Nucl. Instr. and Methods in Physics Research B 136-138 (1998) 633-637

W. Bohne, G.-U. Reinsperger, J. Röhrich, G. Röscher, B. Selle: Composition analysis of Co doped FeSi_x films by combining standard and heavy-ion RBS, Nucl. Instr. and Methods in Physics Research B 136-138 (1998) 273-277

D. Wruck, R. Boyn, L. Parthier, F. Henneberger, J. Röhrich: Incorporation of rare earths into II-VI compounds during molecular epitaxial growth: Extended x-ray absorption fine structure study of Sm-doped ZnTe, J. Appl. Phys. 84 (1998) 6049-6054

W. Bohne, J. Röhrich, G. Röscher: The new time-of-flight ERDA setup at the HMI-Berlin, Nucl. Instr. and Methods in Physics Research B 139 (1998) 219-224

1996

W. Bohne, S. Hessler, G. Röscher: Beam-current measurement based on residual gas ionization, Nucl. Instr. and Methods in Physics Research B 113 (1996) 78-80

W. Bohne, F. Fenske, S. Kelling, A. Schöpke, B. Selle: Refined RBS and AES techniques for

the analysis of thin films used in photovoltaic devices, phys. stat. sol. (b) 194 (1996) 69-78

U. Troppenz, G. Bilger, W. Bohne, G. Gers, J. Kreissl, R.-H. Mauch, K. Sieber, K. O. Velthaus:
Material characterisation of SrS:Ce, Mn, Cl films, Proceedings Inorganic and Organic
Electroluminescence, Berlin 1996, Ed. R.-H. Mauch, H. E. Gumlich, Wissenschaft&Technik
Verlag, Berlin 1996, 182-185

[RBS Kontakt](#)

[RBS Anfang](#)



Ionenbestrahlung am ISL

Mit seiner breiten Palette an Beschleunigern stellt das ISL leichte bis schwere Ionen über einen sehr großen Energiebereich für Bestrahlungen zur Verfügung. Dabei werden Eindringtiefe, Energiedosis, Dosisleistung und bestrahlte Fläche den experimentellen Bedürfnissen angepaßt.

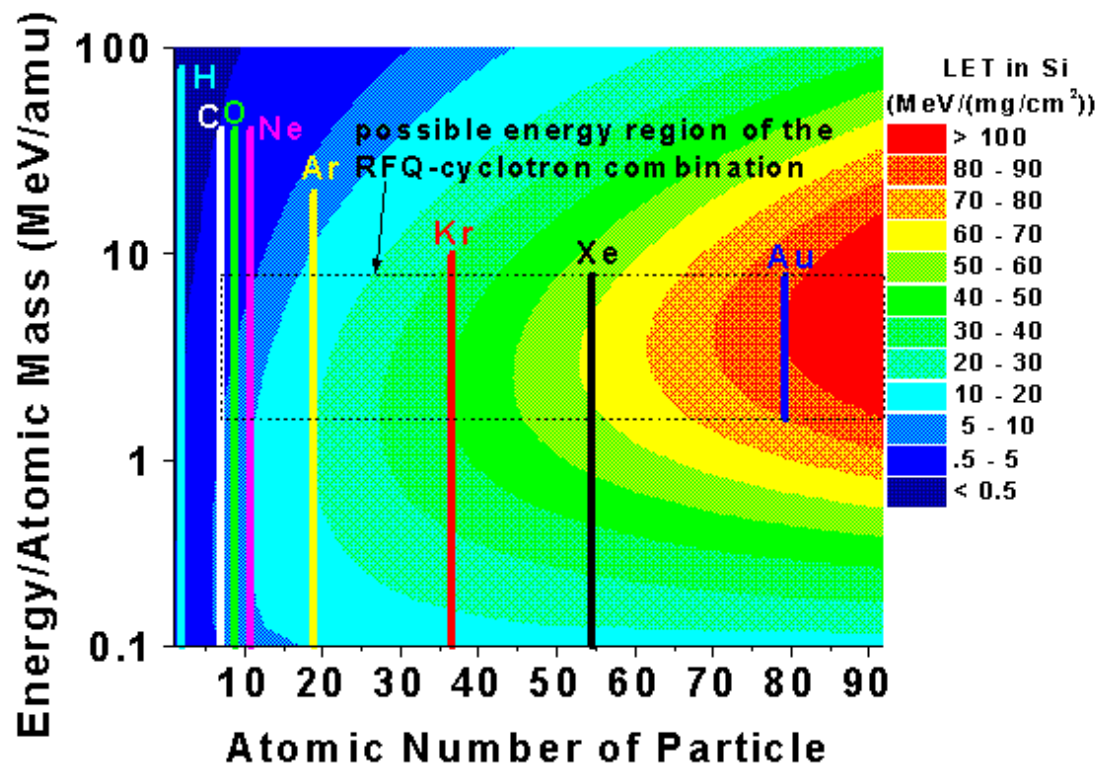


Abb. 1: Linearer Energietransfer (LET) der Ionen in Silizium.

Kontakt: [Dr. A. Denker](#)



Materialmodifikation am ISL

Schnelle schwere Ionen deponieren im Material mehr Energie in einer kürzeren Zeit als die derzeit leistungstärksten Laser. Der extrem hohe Energieeintrag kann entlang der Flugbahn des Ions sämtliche chemischen Bindungen zerstören, so dass es in der Spur zu deutlichen, bleibenden Materialveränderungen kommen kann.

Gezielte Materialveränderungen durch Ionenspuren werden technisch bereits vielfach genutzt:

- Veränderung der optischen Eigenschaften in der Ionenspur (z.B. Laserdioden)
- Ionenlithographie
- Herstellung von Mikrofiltern durch Aufätzen der Ionenspuren

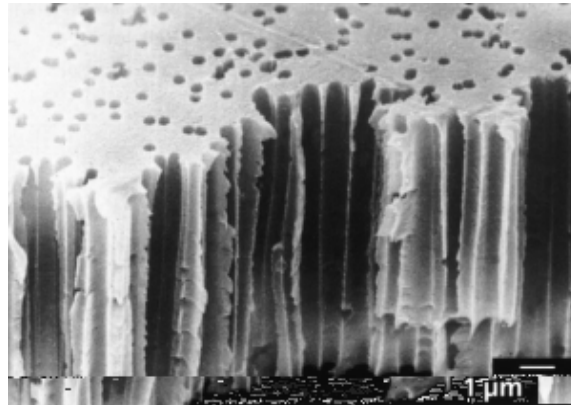


Abb. 1: Raster-Elektronen-Mikroskop-Aufnahme einer bestrahlten Folie nach dem Ätzprozess. Die Aufnahme zeigt die Einschusslöcher auf der Oberseite der Folie und die Kanäle an der Bruchkante.

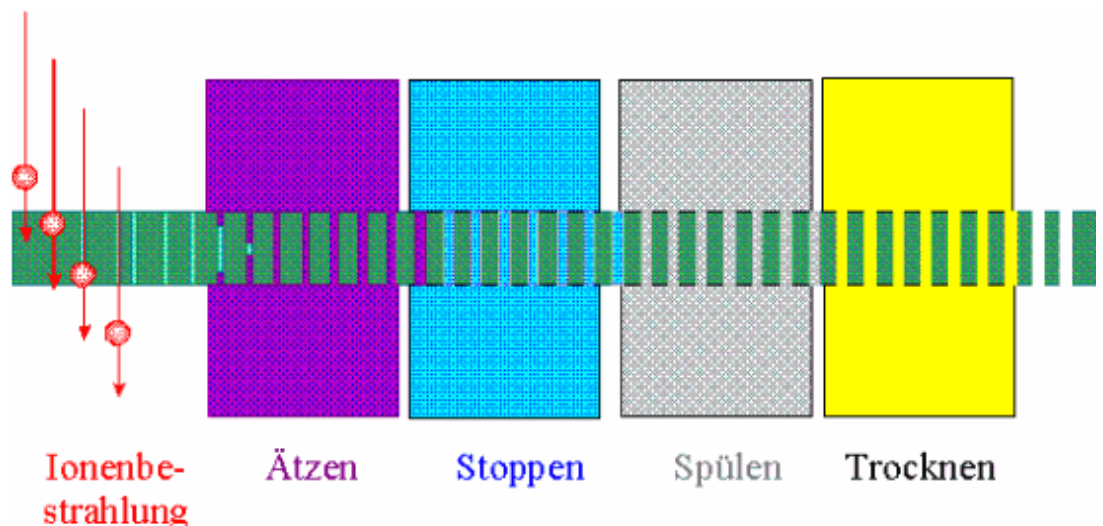


Abb. 2: Schematische Darstellung des Produktionsprozesses.

Anwendungen der Mikrofilter:

- Zähler für rote Blutkörperchen (Einzelspur)
- Partikelfilter, z.B. staubfreie Luftzufuhr in Reinräumen
- Luftfilter, z.B. gekapselte Elektromotoren

Kontakt: [Dr. A. Denker](#)





Strahlenhärte tests am ISL

Trifft ein Ion mit hoher Energie auf ein elektronisches Bauelement, so kann durch die Ionisation in der Spur das Bauelement zerstört oder funktionsunfähig gemacht werden. Jeder messbare Effekt auf Schaltkreise oder Bauelemente durch ein auftreffendes Ion wird Single Event Effect (SEE) genannt.

[Kontakt](#)[Artikel](#)

Hochenergetische Ionen sind Bestandteil der kosmischen Strahlung, des Sonnenwindes und der Strahlungsgürtel der Erde. Besonders die Elektronik in Luft- und Raumfahrzeugen ist dieser Strahlung ausgesetzt. Die Strahlenhärte der Bauelemente kann durch Ionenbestrahlungen getestet werden, die die Einsatzbedingungen simulieren. Dabei erhalten die Bauelemente dieselbe Dosisleistung wie während ihrer vorgesehenen Einsatzdauer.

Am ISL sind zwei [Experimentierplätze](#) auf der Hochenergieseite der Beschleunigeranlage installiert, bei denen der Ionenstrahl durch dünne Folien aus dem Vakuum der Strahlführung an die Luft tritt. Es entfallen hier die bei Vakuumbestrahlungen oftmals entscheidenden Beschränkungen in Bezug auf Größe oder Empfindlichkeit der zu bestrahlenden Gegenstände. Dadurch können elektronische Bauelemente während der Bestrahlung regulär betrieben bzw. gleichzeitig optische oder elektrische Messungen durchgeführt werden.

Ionenbestrahlungen im Vakuum können an verschiedenen [Experimentierplätzen](#) durchgeführt werden. Am Zweistrahlplatz des Ionenstrahl Labors ISL am Hahn-Meitner-Institut wurde mit der Berliner IonenBestrahlungEinRichtung [BIBER](#) ein Bestrahlungsplatz für unterschiedlichste Anforderungen eingerichtet.



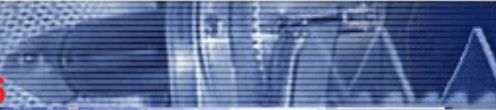
[Home - ISL](#)

[Suche](#)

[English](#)

ISL - BERLIN

1994-2006



BIBER

**Material-
modifikation**

**Strahlenhärte-
tests**

BIBER



[Home - ISL](#)[Suche](#)[English](#)[Material-
modifikation](#)[Strahlenhärte-
tests](#)[BIBER](#)**ISL - BERLIN****1994-2006**

Veröffentlichungen zu Strahlenhärte- tests am ISL

(Artikel von Gastgruppen sind in grün markiert.)

2000

Charge Carrier Avalanche Multiplication in High-Voltage Diodes Triggered by Ionizing Radiation

G. Soelkner, P. Voss, W. Kaindl, G. Wachutka, K.H. Maier, H.-W. Becker
IEEE Transactions on Nuclear Science, Vol. 47, No. 6 (2000), 2365-2372

Calibration of Si-Detectors for Dosimetry in Space

C. Gericke, J. Kopp, R. Beaujean, S. Küchler
ISL Jahresbericht 1999 (2000) 101

1999

Strahlungstest der ABRIXAS-Sternkamera

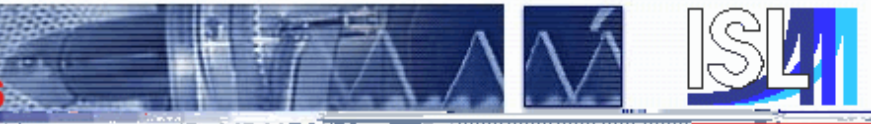
D. Meinert, K. Fritze, M. Bischof, E. Popow, B. Luebke-Ossenbeck, K.H. Maier
ISL Jahresbericht 1998 (1999) 74

1998

Single Event Burnout of High-Power Diodes

K.H. Maier, A. Denker, P. Voss, H.-W. Becker
NIM B 146 (1998) 596-600

[SEE Kontakt](#)[SEE Anfang](#)



**Material-
modifikation**

Strahlenhärtetests

BIBER

BIBER-Kammer:

BIBER bietet neben den sehr variablen Bestrahlungsmöglichkeiten durch unterschiedlichste Ionenstrahlen:

- Probenmanipulator für große Bestrahlungsobjekte (bis 300×300mm² und bis 4 kg)
- umfangreiche Montagemöglichkeiten für Proben auf beiden Seiten des Halters
- Bestrahlungen unter beliebigen Winkeln
- große Bestrahlungsfelder
- zerstörungsfreie online-Dosimetrie
- schnelle Probenwechsel
- eine große Auswahl unterschiedlicher elektrischer Durchführungen

[Dosimetrie](#)

[Kammer](#)

[Kontakt](#)

[Veröffentlichungen](#)

[BIBER Kontakt](#)

[BIBER Anfang](#)



[Home - ISL](#)[Suche](#)[English](#)**ISL - BERLIN****1994-2006**

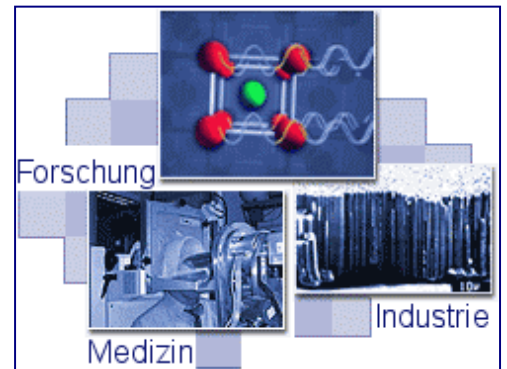
Forschung mit Ionenstrahlung

Neben der Bereitstellung und Nutzung für Medizin, Industrie und Analytik betreibt die Abteilung: [Struktur & Dynamik](#) (SF 4) das ISL-Berlin auch zur Durchführung von Grundlagen- und angewandter Forschung.

Außer Ionenstrahlung kommen allerdings zusätzlich eine Vielzahl anderer Methoden und Sonden zum Einsatz, insbesondere durch Kooperationen mit den anderen Berliner Großgeräten wie Bessy II und BER II.

Detailliertere Informationen zur Forschung an ISL und mit dem Einsatz von Ionenstrahlen finden Sie bitte auf der Homepage der Abteilung: [Struktur & Dynamik](#).

Ferner erstellt das ISL eine quartalsweise erscheinende, gedruckte Informationsbroschüre mit aktuellen Informationen und Forschungsergebnissen. Die letzten Ausgaben finden sie unter: [ISL-Info](#).



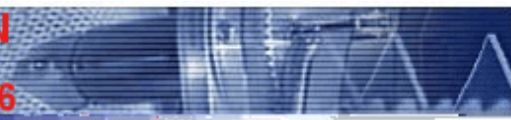
[Home - ISL](#)

[Suche](#)

[English](#)

ISL - BERLIN

1994-2006



ISL - Berlin

- Eine Einrichtung für Nutzer von Ionenstrahlen -

Ionenstrahlen sind wichtige und einzigartige Werkzeuge moderner Forschung und Technologie. Wissenschaftler staatlicher und industrieller Forschungsbereiche finden am ISL ein breites Spektrum von Ionenstrahlen über einen großen Energiebereich vor. Sie können eine Vielzahl von festinstallierten _____

Kontakt

Strahlplätze

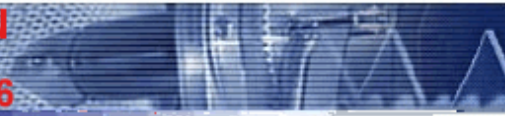
Benutzerausschuß

Strahlzeitverteilung

Strahlzeitpläne

ISL - Info





Bestrahlungsplätze

Für diverse Experimenttypen sind spezifische Bestrahlungsplätze eingerichtet. Sie verfügen über die für das Experiment notwendige Infrastruktur, wie Vakuumsysteme, Strahldiagnostik, spezifische Detektoren, Zuführungen von Kühlungen oder Heizungen. Die Geographie der Anlage erlaubt die Einrichtung sogenannter Zweistrahlplätze, die sowohl von Strahlen sehr hoher Energie (Zyklotronstrahlen mit RFQ-Injektor) als auch mittlerer Energie (Van de Graaff Strahlen) gleichzeitig oder kurz nacheinander erreichbar sind. Im Einzelnen sind derzeit 15 Bestrahlungsplätze installiert und zwar für:

Kontakt

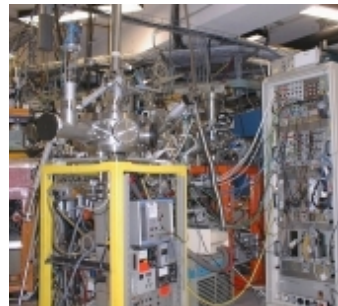
Strahlplätze

Benutzerausschuß

Strahlzeitverteilung

Strahlzeitpläne

ISL - Info

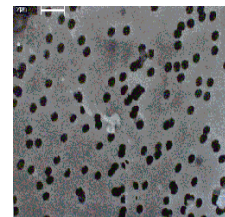


Ionenstrahlanalytik

- [ERDA \(Elastic Recoil Detection Analysis\) mit Flugzeitspektrometer](#)
- ERDA mit Magnetspektrometer
- [RBS \(Rutherford Back Scattering\) Apparatur](#)
- γ -Messplatz für die Wasserstoffprofilanalyse
- [Hoch-Energie PIXE \(Proton induced X-ray Emission\)](#)

Materialmodifikation

- Folienbestrahlungsplatz
- Tieftemperaturplatz
- μ -Metallkammer mit Elektronenspektrometer

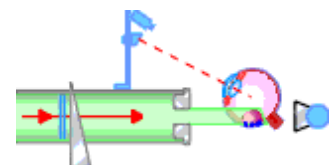


Arbeiten mit kurzlebigen radioaktiven Sonden

- Mößbauerspektroskopie
- zwei Meßplätze für PAD (Perturbed Angular Distribution)
- Aktivierungsplatz für PAC (Perturbed Angular Correlation)

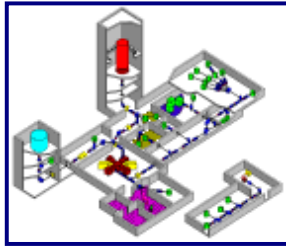
Medizinische Anwendungen

- [Therapieplatz zur Bestrahlung von Tumoren des Auges](#)



Sonstige Anwendungen

- Senkrechtstrahlplatz, z.B. für flüssige Proben
- Große Streukammer



Detailliertere Informationen zu den einzelnen Einrichtungen des ISL finden sie auf der anklickbaren Graphik.

Zusätzlich sind an der 14 GHz EZR Ionenquelle 4 Meßplätze installiert. Die Ausrüstung der Bestrahlungsplätze unterliegt einem ständigen Wandel. Damit ist ISL offen für neue Anforderungen.



[Home - ISL](#)[Suche](#)[English](#)**ISL - BERLIN****1994-2006**[Kontakt](#)[Strahlplätze](#)[Benutzerausschuß](#)[Strahlzeitverteilung](#)[Strahlzeitpläne](#)[ISL - Info](#)

Benutzerausschuß

Antragsmodalitäten für Strahlzeiten im ISL-Berlin

Alle Experimente am ISL-Berlin müssen durch einen Benutzerausschuß (BA) begutachtet werden. Der BA tagt jährlich, um Strahlzeitquoten auf Grundlage der eingereichten Anträge und in der Regel mündlicher Präsentation zu beschließen.

Die letzte Sitzung des BA fand am 30.09.2005 statt.

Aus dem Protokoll:

"Die insgesamt für das Jahr 2006 beantragte Strahlzeit übersteigt wie in den vergangenen Jahren das Kontingent, das vom ISL zur Verfügung gestellt wird, bei weitem. Der BA bedauert außerordentlich den vom Aufsichtsrat des HMI getroffenen Beschluss, das ISL bis Ende 2006 zu schließen. Für einen großen Teil der Nutzer-Gemeinschaft bedeute dies das Aus ihrer bisherigen Forschung mit Ionenstrahlen, da viele der am ISL durchgeführten Experimente nicht an andere Beschleuniger verlagert werden können."



Home - ISL

Suche

English

ISL - BERLIN

1994-2006

Termine der ISL-Strahlzeit-Verteilungen

Dieser Plan wird nur noch als pdf-Datei angeboten. Wenn Sie damit nicht einverstanden sind, wenden Sie sich mit Ihren Wünschen bitte an den Strahlzeit-Koordinator [Dr. H. G. Bohlen](#)

[ISL-Strahlzeit-Termine](#)



Kontakt

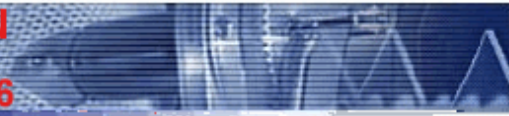
Strahlplätze

Benutzerausschuß

Strahlzeitverteilung

Strahlzeitpläne

ISL - Info

[Home - ISL](#)[Suche](#)[English](#)**ISL - BERLIN****1994-2006**

ISL - Strahlzeitpläne

Die nachfolgenden Pläne werden nur noch als pdf-Dateien angeboten. Sollte dies nicht Ihr Einverständnis finden, wenden Sie sich mit Ihrem Wunsch bitte an den Strahlzeitkoordinator.

[Aktuelle Periode](#)

[Nächste Periode](#)

[Übernächste Periode](#)

Für Fragen zur Strahlzeitkoordination wenden Sie sich bitte an: [Dr. H. G. Bohlen](#)

[Kontakt](#)[Strahlplätze](#)[Benutzerausschuß](#)[Strahlzeitverteilung](#)[Strahlzeitpläne](#)[ISL - Info](#)



ISL Info

Neu: Juni 2005

[ISL Info No. V, 2005](#) (0.7 Mb)

(in Englisch)

Aus dem Inhalt:

Editorial

Nachruf Dr. H. Bertschat

Novel Ion Track-Based Electronic Structures, an Overview

Memorandum zur Ionenstrahlphysik

und mehr

[ISL Info No. IV, 2004](#) (0.3 Mb)

(in Englisch)

Aus dem Inhalt:

Editorial

Neuigkeiten aus dem Benutzerausschuss

Interface Mixing in Ceramic Thin Layer Systems

Induced by Electronic Energy Loss of Swift Heavy Ions

Neue Projekte am ISL

und mehr

[ISL Info No. III, 2004](#) (0.7 Mb)

(in Englisch)

Aus dem Inhalt:

Editorial

Defect Annealing in konventionell vorgeschädigten GaAs and InP mit schnellen schweren Ionen

Französisch-Deutsche Sommerschule "Tracks03"

Neue Projekte am ISL

und mehr

[ISL Info No. II, 2003](#) (1,2 Mb)

(in Englisch)

Aus dem Inhalt:

Editorial

Fünf Jahre Augentumorthherapie

wichtige Daten

Mai 2003: [ISL Info No. I, 2003](#) (0,4 Mb, in Englisch)

Aus dem Inhalt:

Editorial

Intensive Hochenergie-Goldstrahlen für Festkörperphysik am ISL

Informationen des Benutzerausschußes

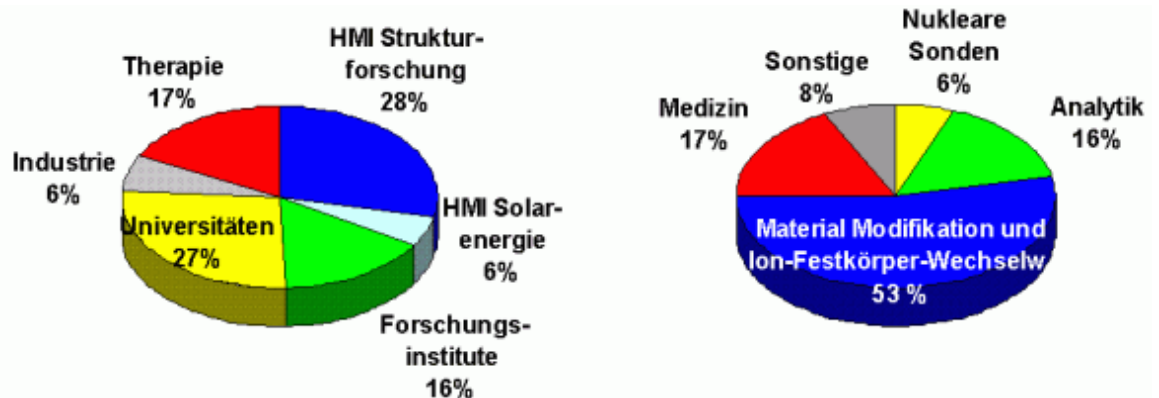
und mehr





Betrieb und Technik

Strahlzeitverteilung in 2006:



ISL-Crew:

Wissenschaftler:

[A. Denker](#), W. Bohne, W. Busse, [H. Homeyer](#), W. Pelzer, [C. Rethfeldt](#), J. Röhrich,

Ingenieure und Techniker:

P. Arndt, M. Birnbaum, G. Brüning, [J. Bundesmann](#), D. Draht, W. Hahn, D. Hildebrandt, M. Jung, U. Müller, J. Reinicke,

Schichtleiter:

R. Grünke, G. Heidenreich, H. Lucht, E. Seidel, H. Stapel

Tumorthherapie:

D. Cordini, J. Heufelder, H. Kluge, R. Stark, A. Weber, plus
S. Höcht, S. Runge (Charité, Universitätsmedizin Berlin)
M. Fitzek (Universitätsklinikum Essen)

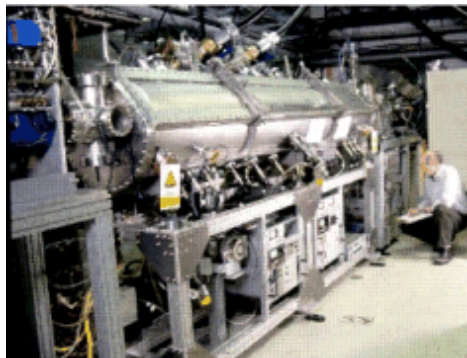


Die Beschleuniger des ISL

Die Beschleuniger am ISL sind speziell ausgebaut und zusammengestellt, damit möglichst viele Gebiete der Anwendung von Ionenstrahltechniken optimal abgedeckt sind.

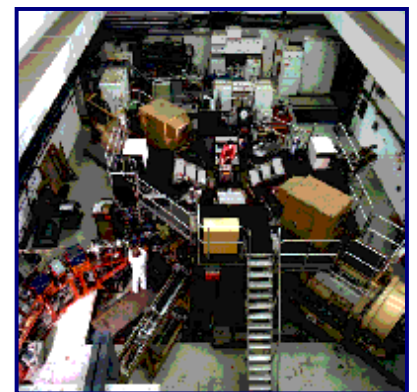
Ionen mit den niedrigsten Energien werden am ISL mit einem speziellen Abbremsler erzeugt: Hochgeladene Ionen, die mit einer Spannung von 15 kV aus der ECRIS4 extrahiert werden, erfahren kurz vor dem Bestrahlungsplatz durch ein spezielles Elektrodensystem eine Abbremsung bis auf wenige Elektronenvolt. Damit erhält man Teilchen mit hoher potentieller und niedriger kinetischer Energie, interessante Werkzeuge für Grundlagenforschung und Anwendungen.

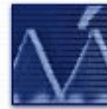
Ionenstrahlen höherer Energie werden mit zwei Beschleunigern erzeugt, die sich in ihrem Leistungsprofil gegenseitig ergänzen: Der Van de Graaff mit seiner maximalen Hochspannung von 5 MV liefert Strahlen mit extrem guter Energieschärfe. Die Energie lässt sich schnell ändern. Die für den Betrieb auf dem Hochspannungspol entwickelte EZR-Quelle -bislang die einzige weltweit - produziert niedrige und hohe Ladungszustände. Somit steht ein sehr großer Energiebereich für die schweren Ionen zur Verfügung. Zusammen mit der EZR-Quelle ist der Van-de-Graaff ein ideales Werkzeug für die Materialanalytik.



Die RFQ-Struktur, ein Produkt neuester Beschleunigertechnologie und speziell für die Bedürfnisse des ISL entwickelt, liefert hohe Ströme für fast alle Ionensorten und ist damit ausgelegt für Hochdosisbestrahlungen.

Das Zyklotron, als Großgerät wichtigste Einrichtung des ISL, liefert höchste Energien. Mit seiner sehr variablen Hochfrequenz und Magnetkonfiguration kann ein Energiebereich von 1 bis 70 (in Einheiten Energie pro Masseneinheit des Ions) überstrichen werden. Das Zyklotron kann allerdings nur mit einem der beiden Injektoren, dem Van de Graaff oder der RFQ-Struktur betrieben werden. Es ist ein Energievervielfacher mit dem festen Multiplikator von 17. Die Eigenschaften der Injektoren werden an das Zyklotron weitergereicht. Mit seinen hohen Energien und seiner großer Variabilität eröffnet das Zyklotron viele Bereiche aktueller Anwendungen. Sie reichen von der Bestrahlung von Augentumoren mit sehr schnellen Protonen über die Erzeugung kurzlebiger Isotope mit vorwiegend leichten und mittelschweren Ionen bis zu plastischen Deformationen von Materialien mit sehr schweren Ionen hoher Energie.





Ionenquellen

Das ISL betreibt fast ausschließlich EZR (Elektron-Zyklotron-Resonanz) Ionenquellen: Bei diesen Quellen wird ein Plasma in einem Magnetfeld eingeschlossen. Eine dem Magnetfeld angepaßte Hochfrequenzstrahlung im GHz-Bereich wird zur Heizung des Plasmas eingestrahlt. Die Stärke des Magnetfeldes, die Frequenz und die Leistung der eingestrahlten Mikrowellen charakterisieren eine EZR-Ionenquelle.

ECRIS4 verfügt über die größte Variabilität und erzeugt Ionen höchster Ladungszustände. Sie dient der Forschung mit hochgeladenen Ionen.

Die beiden weiteren Quellen, die SUPERANOGUN und die BECRIS sind für den Betrieb auf einer Hochspannungsplattform ausgelegt. Die Magnetfelder dieser Quellen sind deshalb aus Permanentmagneten konfiguriert. Das verringert den Bedarf an elektrischer Leistung für den Betrieb enorm.

	Frequenz	Magnetfeld	Verbrauch	Zweck	Beschleuniger
ECRIS4	14 GHz	10 kG El.Magn.	130 kW	Hochgeladene Ionen	Abbremsung
Super-nanogun	14 GHz	10 kG Perm.Magn	10 kW	hohe Ströme Q/A 1/8-1/5	200 kV Plattform
BECRIS	5 GHz	3 kG Perm.Magn	1 kW	hochgeladene leichte Ionen	5.5 MV Van de Graaff
HF				p, d, He	2 MV Van de Graaff

Electron Cyclotron Resonance Ion Source

