

VA 3: Vacuumnanoelectronics: fabrication, properties and applications

Time: Monday 14:00–16:40

Location: H9

Invited Talk

VA 3.1 Mon 14:00 H9
Feldemittierende Nanostrukturen für neuartige Flachbildschirme und Röntgenröhren — ●GÜNTER MÜLLER — FB C Physik, Bergische Universität Wuppertal, Gauss-Str. 20, D-42097 Wuppertal

Die Entdeckung selbstwachsender Kohlenstoff-Nanoröhren (CNTs) mit hervorragenden Leitfähigkeits- und Feldemissions-(FE)-Eigenschaften hat im letzten Jahrzehnt zu einer deutlichen Belebung der Vakuumelektronik geführt. Mehrwandige CNTs sind einfach herstellbare Elektronenemitter, die im Hochvakuum bei Feldstärken von weniger als 20 V/ μm stabile Ströme bis zu 20 μA liefern können [1]. Solche Werte werden neuerdings auch mit metallischen Nanodrähten (NW) erreicht, die in Templaten mit geätzten Schwerionenspuren elektrochemisch kontrolliert abgeschieden werden können [2]. Dadurch werden kalte FE-Kathoden mit hohen Emitteranzahldichten ($> 1\text{E}5/\text{cm}^2$), niedrigen Steuerspannungen ($< 100\text{ V}$) und hohen Stromdichten ($> 1\text{ A}/\text{cm}^2$) möglich, die z.B. in effizienten Flachbildschirmen und kompakten Röntgenröhren eingesetzt werden können. Zur Optimierung der FE-Eigenschaften von CNT- und NW-Kathoden werden deshalb hochauflösende und integrale Messtechniken eingesetzt [3]. Im Vortrag werden die Wirkungsweise und der Entwicklungsstand von feldemittierenden Nanostrukturen für vakuumelektronische Anwendungen dargestellt.

[1] D. Lysenkov and G. Müller, *J. Vac. Sci. Technol. B* 24, 1067 (2006).

[2] F. Maurer et al., *Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. B* 245, 337 (2006), A. Dangwal et al., *subm. to JVSTB* (2007).

[3] D. Lysenkov and G. Müller, *Int. J. Nanotechnology* 2, 239 (2005).

VA 3.2 Mon 14:40 H9

Fabrication and electrical transport properties of bismuth nanowires — ●THOMAS CORNELIUS¹, MARIA EUGENIA TOIMIL-MOLARES¹, SHAFQAT KARIM², and REINHARD NEUMANN¹ — ¹Gesellschaft für Schwerionenforschung (GSI), Planckstr. 1, 64291 Darmstadt, Germany — ²Fachbereich Chemie, Marburg University, Hans-Meerwein-Str., 35032 Marburg, Germany

In recent years, nanowires attracted enormous interest due to their possible future applications, e.g. in vacuum-nanoelectronics. When the object size becomes comparable to the electronic mean free path and Fermi wavelength, classical and quantum size effects are expected [1], respectively. Both are large in Bi compared to conventional metals, making it an ideal material for studies on the nanoscale.

Single bismuth nanowires are deposited electrochemically in ion track-etched polycarbonate membranes and subsequently contacted electrically while left embedded in the template [2]. The specific electrical resistivity is a function of the wire crystallinity and increases for smaller mean grain size. The wire resistance is a non-monotonic function of temperature. In bulk bismuth the carrier mobility increases from 100 nm to 400 μm when cooling down from 300 to 4 K. In contrast, in wires the mobility of charge carriers saturates at low temperatures, being one to two orders of magnitude smaller than in bulk bismuth. The saturation originates from finite-size effects [3].

[1] V.B. Sandormirskii *Sov. Phys. JETP* 25 (1967) 101 [2] T.W. Cornelius et al. *Nanotechnology* 16 (2005) S246 [3] T.W. Cornelius et al. *J. Appl. Phys.* 100 (2006) 114307

VA 3.3 Mon 15:10 H9

Thermal instability of gold nanowires — ●SHAFQAT KARIM¹, MARIA EUGENIA TOIMIL-MOLARES², ADAM BALOGH³, WOLFGANG ENSINGER³, THOMAS CORNELIUS², and REINHARD NEUMANN² — ¹Fachbereich Chemie, Marburg University, 35032 Marburg — ²Gesellschaft für Schwerionenforschung (GSI), 64291 Darmstadt — ³Institute of Materials Science, Darmstadt University of Technology, 64287 Darmstadt

The technological implementation of nanostructures in future nano- and opto-electronic devices requires the capability to withstand elevated temperatures often encountered during routine operation. However, due to their reduced size and high surface to volume ratio, nanowires are expected to display structural and morphological instabilities. The Rayleigh instability concept, introduced to describe the instability of liquid jets, is applied to the fragmentation of metal nanowires during heating [1, 2].

Gold nanowires are electrochemically deposited in etched ion track

membranes [3]. After dissolving the template, the wires are put on a substrate and heated to temperatures between 300 and 600 °C. The wires decay driven by Rayleigh instability, and the process depends on annealing temperature, wire diameter, and crystallinity. Wires of diameter 20 nm already fragment at 300 °C being far below the bulk melting temperature of 1064 °C.

[1] M.E. Toimil Molares et al. *Appl. Phys. Lett.* 85 (2004) 5337,

[2] S. Karim et al. *Nanotechnology* 17 (2006) 5954, [3] S. Karim et al. *Appl. Phys. A* 84 (2006) 403

VA 3.4 Mon 15:30 H9

Field emission properties of bare and gold coated metallic nanowires grown in polymer ion-track membranes — ●ARTI DANGWAL¹, GÜNTER MÜLLER¹, FLORIAN MAURER², JOACHIM BRÖTZ², HARTMUT FUESS², and CHRISTINA TRAUTMANN³ — ¹FB C Physics, University of Wuppertal, D-42097 Wuppertal — ²Department of Material and Earth Sciences, Darmstadt University of Technology, D-64287 Darmstadt — ³Gesellschaft für Schwerionenforschung (GSI), D-64291 Darmstadt

We have measured the field emission (FE) properties of randomly distributed free-standing bare and gold coated Cu and Ni nanowires grown electrochemically into the pores of etched ion-tracked polycarbonate membranes [1]. The emission site density and current distribution of nanowires were measured with the field emission scanning microscope. Onset fields of some V/ μm for nA current were observed for all samples. In the best case, at 5 V/ μm bundled Cu and Au-coated Ni nanowires yielded more than 10^5 emitters/ cm^2 . Average field enhancement factors for all measured samples lie in the range 245–331, which correspond well to the field enhancement estimated from their cylindrical shape in SEM images [2]. Au-coated bundled Cu nanowires sample showed best results among all measured samples in terms of carrying high and stable FE currents, i.e. most of the emitting sites produced FE currents in 10–35 μA range without destruction.

[1] F. Maurer et al., *Nuclear Instruments Methods in Physics Research B* 245, 337 (2006).

[2] A. Dangwal et al., *subm. to JVST B*.

VA 3.5 Mon 15:50 H9

Copper nanowire field emission cathodes for cryogenic electron sources — ●FLORIAN MAURER¹, JOACHIM BRÖTZ¹, HARTMUT FUESS¹, STEFAN ULMER², JOSEBA ALONSO², CHRISTINA TRAUTMANN³, and WOLFGANG QUINT³ — ¹Darmstadt Technical University, Petersenstraße 23, D-64287 Darmstadt — ²University of Mainz, Staudingerweg 7, D-55128 Mainz — ³Gesellschaft für Schwerionenforschung, Planckstraße 1, D-64291 Darmstadt

Due to their small radii of curvature the tips of metallic nanowires are expected to exhibit high amplification factors of externally applied electric fields [1]. For copper nanowire ensembles, these enhanced electric fields lead to remarkable field emission properties [2]. Such an ensemble fabricated with the polymer template technique [3] has been tested as possible cryogenic electron source in a double Penning trap setup for the high-precision measurement of the g-factor of the proton [4]. The requirements to the electron source for these investigations are a stable current of a few tens of nA in pulsed mode and long-term stability, as well as durability at low temperatures and under high magnetic fields. In this contribution first promising experimental data of the field emission properties of a copper nanowire cathode under cryogenic conditions will be presented.

[1]*T. Utsumi; IEEE TRANSACTIONS ON ELECTRON DEVICES 38, 2276 (1991). [2]*F. Maurer et al.; *Nucl. Instr. and Meth. in Phys. B* 245, 337 (2006). [3]*M.E. Toimil Molares et al.; *Nucl. Instr. and Meth. in Phys. Res. B* 185, 192 (2001). [4]*J. Verdu et al.; *Proc. LEAP05* (2005) 260.

VA 3.6 Mon 16:10 H9

Untersuchungen zur Vakuumdruckmessung einer BAG mit CNT-Feldemissionskathode — ●WOLFRAM KNAPP¹, DETLEF SCHLEUSSNER¹ und MARTIN WÜEST² — ¹Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, IEP, Universitätsplatz 2, D-39106 Magdeburg, Deutschland — ²Inficon GmbH, Alte Landstr. 6, LI-9496 Balzers, Liechtenstein

Seit dem Vorschlag von Baptist, Feldemitterarrays (FEAs) mit

Microtip-Kathoden [1] als Elektronenquellen in Vakuummessgeräten einzusetzen, ist über ein Jahrzehnt vergangen, ohne dass nennenswerte Anwendungen erzielt werden konnten. Die Ursachen hierfür sind die kostenintensive Herstellung der FEAs im Vergleich zu Glühkathoden und die Anfälligkeit der Microtips gegenüber den Vakuumbelastungen. Ausgehend von Grundlagenforschungen zur Stressbelastung von CNT-Feldemittern mit erfolgsversprechenden Ergebnissen [2], werden eigene Untersuchungen zum Einsatz von Elektronenquellen mit CNT-

Feldemittern, externer und eigener Fertigung [2], in einer Bayard-Alpert-Messröhre mit Emissionsströmen bis 1 mA und einer oberen Druckmessgrenze von über 1 Pa vorgestellt, mit gleichwertigen Untersuchungen von Dong [3] verglichen und einige Besonderheiten und Vorteile im Vergleich zur BAG mit Glühkathode diskutiert.

[1] R. Baptist et al., J. Vac. Sci. Technol. B 14 (1996) 2119.

[2] W. Knapp et al., Appl. Surf. Science 251 (2005) 164.

[3] C. Dong et al., Applied Physics Letters 84 (2004) 5443.