

# Symposium Actual trends in pulsed power technology (SYPP)

gemeinsam veranstaltet von  
 International Society on Pulsed Power Applications e.V.,  
 dem Deutschen Chapter Nuclear and Plasma Science von IEEE,  
 und  
 dem Fachverband Kurzzeitphysik der DPG

Thorbjörn Siaenen  
 ISP e.V.  
 Neidenburger Straße 10  
 45897 Gelsenkirchen  
 t.siaenen@gmx.de

Andreas Görtler  
 Maristenkolleg  
 Champagnatplatz 1  
 87719 Mindelheim  
 AGoertler@gmx.de

Die letzten Jahre brachten einen großen Fortschritt in der Hochleistungspulstechnik. Diese zeichnet sich durch höchste Leistungen und die damit verbundenen Kräfte und Materialbelastungen aus. Neue Materialien, rechnergestützte Analysemethoden sowie ein tieferes Verständnis für die multiphysikalischen Vorgänge ermöglichten die Weiterentwicklung von Technologien im Laborstadium hin zu kommerziell erfolgreichen Anwendungen. Die Hochleistungspulstechnik diene somit Fortschritten insbesondere in der Materialwissenschaft, Medizin sowie der Lebensmitteltechnologie. Das Symposium bringt führende Experten in dem Gebiet zusammen, schafft ein Austausch von neusten Erkenntnissen und dokumentiert damit die Grenzen des technisch Möglichen.

## Übersicht der Hauptvorträge und Fachsitzungen

(Hörsaal V57.03)

### Hauptvorträge

SYPP 1.1	Tue	10:30–11:00	V57.03	<b>Hochspannungsmodulator mit zweifacher Impulstransformatorstufe</b> — WERNER HARTMANN, •KLAUS-DIETER ROHDE, NORBERT GRASS, MARTIN SCHWENDNER
SYPP 1.2	Tue	11:00–11:30	V57.03	<b>SiC-Thyristoren für die Hochleistungsimpulstechnik</b> — •SIGO SCHARNHOLZ
SYPP 1.3	Tue	11:30–12:00	V57.03	<b>Aktuelle Trends in der Hochspannungs- und Hochstromschalterentwicklung in Frankfurt</b> — •CHRISTIAN TESKE, MARCUS IBERLER, CHRISTIAN HOCK, GREGOR LOISCH, ANDREAS SCHÖNLEIN, JÖRG WIECHULA, JOACHIM JACOBY
SYPP 1.4	Tue	12:00–12:30	V57.03	<b>UV-Lamps: Principles, Technology and Applications</b> — •ALEX VORONOV
SYPP 2.1	Tue	14:00–14:30	V57.03	<b>Generation of pulsed magnetic fields – stretching the limits</b> — •JOACHIM WOSNITZA
SYPP 2.2	Tue	14:30–15:00	V57.03	<b>Stand der Technik und Entwicklungen für Pulsed Power Module in Medizinischen Excimerlaser</b> — •CLAUS STROWITZKI, MATTHIAS DAHLKE
SYPP 2.3	Tue	15:00–15:30	V57.03	<b>Pulsed Power Applications at Karlsruhe Institute of Technology</b> — •GEORG MUELLER
SYPP 2.4	Tue	15:30–16:00	V57.03	<b>Pulsed Electric Fields in Food Processing: Equipment Design and Commercial Applications</b> — •STEFAN TOEPFL

### Fachsitzungen

SYPP 1.1–1.4	Tue	10:30–12:30	V57.03	<b>Pulsed Power I: Komponenten und Modulatoren</b>
SYPP 2.1–2.4	Tue	14:00–16:00	V57.03	<b>Pulsed Power II: Anwendungen</b>

## SYPP 1: Pulsed Power I: Komponenten und Modulatoren

Time: Tuesday 10:30–12:30

Location: V57.03

**Invited Talk** SYPP 1.1 Tue 10:30 V57.03  
**Hochspannungsmodulator mit zweifacher Impulstransformatorstufe** — WERNER HARTMANN<sup>1</sup>, •KLAUS-DIETER ROHDE<sup>1</sup>, NORBERT GRASS<sup>2</sup> und MARTIN SCHWENDNER<sup>2</sup> — <sup>1</sup>Siemens AG Corporate Technology, Erlangen, Germany — <sup>2</sup>Georg-Simon-Ohm Universität, Nürnberg, Germany

Modulatoren hoher mittlerer Leistung sind häufig die Basis umweltfreundlicher industrieller Verfahren wie etwa die Beseitigung von Geruchs- und Schadstoffen, die Extraktion von Wertstoffen aus pflanzlichen Zelle mithilfe der Elektroporation, die Entkeimung von Lebensmitteln, und viele mehr. Stand der Technik moderner Modulatoren ist der Einsatz von Festkörperschaltern in der gesamten Impulsformungskette, unter Einsatz von Hochleistungs-Halbleiterschaltern zur Pulserzeugung und ein- oder mehrstufiger Impulskompression mit sättigbaren magnetischen Schaltern. Aufgrund der begrenzten Spannungsfestigkeit von Halbleiterschaltern ist meist eine Spannungserhöhung mithilfe eines Impulstransformators erforderlich ist. Das hier dargestellte Konzept verwendet zwei serielle Impulstransformatoren mit dazwischen liegender Impulskompressionsstufe. Vorteil dieser Topologie ist die Minimierung der Isolationsanforderungen in den einzelnen Stufen bei gleichzeitiger Optimierung der parasitären Komponenten. Trotz einer zusätzlichen Komponente (zweiter Impulstransformator) wird der Modulator hinsichtlich Kompaktheit und Energieeffizienz im Vergleich zu herkömmlichen Schaltungen verbessert. Das Prinzip wird vorgestellt und erste experimentelle Ergebnisse werden präsentiert.

**Invited Talk** SYPP 1.2 Tue 11:00 V57.03  
**SiC-Thyristoren für die Hochleistungsimpulstechnik** — •SICO SCHARNHOLZ — Deutsch-Französisches Forschungsinstitut (ISL), Saint Louis, Frankreich

Bei der Konzeption und Realisierung von Pulsed-Power Systemen werden heute zunehmend Leistungs-Halbleiterbauelemente als Schalter in Betracht gezogen. Für Anwendungen, die ein hohes Lastintegral und Spitzenströme im Bereich von mehreren hundert Kilo-Ampere erfordern, sind Hochleistungs-Thyristoren das Schaltbauelement der Wahl. Um die Limitierung heutiger, auf Silizium-Thyristoren basierender Pulsed-Power Systeme hinsichtlich Leistungsdichte und Schaltgeschwindigkeit zu überwinden, erscheinen Thyristoren aus Siliziumkarbid (SiC) besonders vielversprechend.

Ausgehend von einem Vergleich mit anderen, für die Hochleistungsimpulstechnik zukunftssträchtigen Halbleitermaterialien (GaN, Diamant) und -Bauelementen, möchte dieser Beitrag einen Überblick über die Evolution und den aktuellen Stand der Entwicklung von SiC-

Thyristoren vermitteln. Dabei sollen sowohl die aktuellen Ergebnisse und Trends der weltweiten Forschung auf diesem Gebiet als auch ganz konkrete, von der Forschungsgruppe des ISL und seinen Partnern durchgeführte Arbeiten beleuchtet werden.

**Invited Talk** SYPP 1.3 Tue 11:30 V57.03  
**Aktuelle Trends in der Hochspannungs- und Hochstromschalterentwicklung in Frankfurt** — •CHRISTIAN TESKE, MARCUS IBERLER, CHRISTIAN HOCK, GREGOR LOISCH, ANDREAS SCHÖNLEIN, JÖRG WIECHULA und JOACHIM JACOBY — Institut für Angewandte Physik, Frankfurt, Deutschland

Mit dem Bau der künftigen Generation von Hochenergiebeschleuniger, werden höhere Anforderungen an alle Beschleunigerkomponenten gestellt, wie zum Beispiel den Schaltelementen für die Ansteuerungen des magnetischen Horns des FAIR p-bar-Separators und der schnellen FAIR-Kickermagneten zur Injektion und Extraktion am SIS100. Hier unterscheidet man prinzipiell zwischen Hochspannungs- und Hochstromanwendungen. Beim Betrieb des magnetischen Horns werden Ströme von mehreren hundert Kiloampere benötigt, wohingegen bei den schnellen Kickermagneten Schaltsystem zum Einsatz kommen, die Spannungen von nahezu 100kV bewältigen können. Es wurden bereits drei verschiedene Hochspannungsschaltssysteme auf Thyristorbasis entwickelt und an induktiv gekoppelten Entladungsplasmen erfolgreich getestet. Diese Thyristor-Stacks wurden bei Impulsströmen bis 50kA, Anstiegsraten von 10 kA/mikros und Sperrspannungen bis 18kV bei Pulsdauern zwischen 100-500 mikrosek betrieben. Neben den Single-Pulse-Anwendungen wurde für die Ansteuerung einer Hochstrom-Ionenquelle ein wassergekühltes Stack-System für Repetitionsraten bis 100Hz mit Impulsströmen von 10kA, Stromanstiegsraten von 2 kA/mikrosek und Sperrspannungen von 6,5kV entwickelt.

**Invited Talk** SYPP 1.4 Tue 12:00 V57.03  
**UV-Lamps: Principles, Technology and Applications** — •ALEX VORONOV — Heraeus Noblelight GmbH, Heraeusstr. 12-14, 63452 Hanau

Abstract:

UV-light is widely used in various industrial applications, such as curing in the printing industry, disinfection of water, air, packaging, etc. The presentation gives a short overview about the main lamp types their typical parameters and applications. In focus are: mercury based lamps, excimer and pulsed lamps. The advantages of every lamp type are presented and discussed.

## SYPP 2: Pulsed Power II: Anwendungen

Time: Tuesday 14:00–16:00

Location: V57.03

**Invited Talk** SYPP 2.1 Tue 14:00 V57.03  
**Generation of pulsed magnetic fields – stretching the limits** — •JOACHIM WOSNITZA — Hochfeld-Magnetlabor Dresden, Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf, Germany

High magnetic fields are one of the most powerful tools available to scientists for the study, modification, and control of the state of matter. The application of magnetic fields, therefore, has become a commonly used instrument in condensed-matter physics. Consequently, the demand for ever higher magnetic-field strengths is increasing. At the Dresden High Magnetic Field Laboratory (Hochfeld-Magnetlabor Dresden, HLD), pulsed magnetic fields up to about 90 T are readily available for users. For the generation of such high pulsed magnetic fields a specially designed world-unique capacitor bank has been installed. Operating at a maximum voltage of 24 kV, peak currents of up to 500 kA with a pulsed power of about 5 GW can be supplied. Besides this high-energy (50 MJ) capacitor bank, a number of smaller capacitive pulsed-power generators are designed at the HLD, some of which supply currents beyond 1.5 MA on a microsecond time scale.

**Invited Talk** SYPP 2.2 Tue 14:30 V57.03  
**Stand der Technik und Entwicklungen für Pulsed Power Module in Medizinischen Excimerlaser** — •CLAUS STROWITZKI<sup>1</sup> und

MATTHIAS DAHLKE<sup>2</sup> — <sup>1</sup>MLase AG, Industriestr. 17, 82110 Germering — <sup>2</sup>MLase AG, Industriestr. 17, 82110 Germering

Die Pulsed Power Module zum Pumpen von Excimerlaser sind komplexe Systeme, die für die Leistungsfähigkeit des Lasers entscheidend sind. Seit ca. 10 Jahren haben halbleiterbasierte Systeme Thyratrons fast vollständig verdrängt. Neuer Entwicklungen zielen darauf ab das Netzteil in das Pulsed Power Modul zu integrieren. Damit einher geht eine intelligente Steuerung der Funktion.

**Invited Talk** SYPP 2.3 Tue 15:00 V57.03  
**Pulsed Power Applications at Karlsruhe Institute of Technology** — •GEORG MUELLER — Karlsruhe Institute of Technology (KIT), Institute for Pulsed Power and Microwave Technology (IHM), 76344 Eggenstein-Leopoldshafen, Germany

In this paper we review the progress that has been achieved at Karlsruhe Institute of Technology (KIT) for several industrial scale projects and in basic investigations based on intense particle beams and pulsed power technologies. Using intense large area pulsed electron beams thin layers at the surface of materials can be heated adiabatically above the melting point and through rapid cooling restructure or alloy the surface to improve corrosion or wear resistance properties. This technique was applied to solve the corrosion problems of future heavy liquid

metal (Pb, PbBi) cooled nuclear power plants. Substantial progress has also been made in the development and optimisation of electrodynamic fragmentation facilities. Using adequate high current switch electrode materials, low loss capacitors and optimised component arrangements for minimum energy loss, service intervals of the high repetition rate pulse generators used in such facilities could be extended to beyond one year. Electrodynamic fragmentation facilities are now marketed by our Swiss industry partner, in particular in the fields of mineral exploration and processing. Pulsed electric fields of microsecond duration with electric field strengths of few to tenth of kV/cm can induce pores in the membrane of biological cells. This effect is used to extract foodstuff from plant cells, to accelerate the drying of biomass for energetic use or to reduce bacterial contamination in waste water.

**Invited Talk**

SYPP 2.4 Tue 15:30 V57.03

**Pulsed Electric Fields in Food Processing: Equipment Design and Commercial Applications** — ●STEFAN TOEFL — DIL German Institute of Food Technologies, Quakenbrueck, Germany

Pulsed electric fields allow a short-time, low energy disintegration of plant and vegetable tissue as well as preservation of liquid media. In

comparison to a thermal processing product quality and freshness are retained for heat sensitive products. For plant and vegetable tissue an increase of juice or oil yield during pressing or extraction is observed. The techniques impact on textural properties allows a targeted modification of structural properties, e.g. to enhance cutting performance. Low energy and time requirements are major benefits in comparison to a mechanical grinding or a thermo-break application. To allow a preservation of heat sensitive liquids, the inactivation of target strains such as (*E. coli*, *L. innocua* and *S. cerevisiae*) in orange juice, mango and melon puree as well as smoothies has been evaluated. An inactivation of 4 to 5 log cycles has been achieved. An increase of shelf life from 7 to 21 days has been obtained. Since 2011 is commercially used in European Food industry. Equipment with an average power of up to 80 kW has been developed. Dependent on type of application tubular as well as belt treatment chambers are available. At present a capacity of up to 50 t/h can be achieved for cell disintegration. For preservation of heat sensitive liquids units with a capacity of up to 5.000 l/h have been realized. During the presentation application examples will be shown and the technical, commercial and legal framework will be discussed.