

Jahresbericht VH-FZ 006 für die DESY Aktivitäten im Jahre 2005

Inbetriebnahme und Messungen des Cerenkov-Strahlverlustmonitors zur Erfassung von Teilchenverlusten beim VUV-FEL

Der Verlust von hochenergetischen geladenen Teilchen erzeugt in der Glasfaser Cerenkovlicht, so dass orts aufgelöst die Bestimmung der Dosisleistung und die Größe des Strahlverlustes ermöglicht wird.

Bei den aufgebauten Meßsystemen handelt es sich um schnelle, pulsaufgelöste optische Messtechnik, um ein dediziertes Strahlverlustsystem zum Schutz der empfindlichen Magnetstrukturen des FELs vor Strahlenschäden aufzubauen. Zwei stationäre Systeme sind beim VUV-FEL inbetrieb genommen worden. Die erste Meßstrecke mit ca. 35 m Sensorlänge befindet sich zwischen dem Ende des Kollimators und dem Anfang der Undulatorstrecke. Der zweite technisch identische Aufbau befindet sich im Bereich der Undulatomagnete und ist ca. 30 m lang. Beide Systeme arbeiten stabil und liefern der Betriebsmannschaft im Kontrollraum des Beschleunigers wertvolle Erkenntnisse über die temporären Strahlverluste. Mit Hilfe dieser Messtechnik konnten die Verluste auf ein Minimum reduziert werden. Die Messungen mit diesem System sind erstmals auf der DIPAC (Diagnostic Instrumentation Particle Accelerator) Konferenz 2005 in Lyon präsentiert worden. Eine Publikation in der Zeitschrift NIM Nuclear Instruments and Methods war für 2005 geplant und wird schnellstmöglich nachgeholt.

Das Prinzip des Cerenkov-Strahlverlustmonitors soll in mehreren Beschleunigerabschnitten eingesetzt werden. Um die Messmethode während des Betriebs eines Beschleunigers flexibel einsetzen zu können, wurde eine portable Messelektronik vom HMI gebaut. Dieses System wurde erfolgreich von HMI und DESY-Mitarbeitern am Speicherring DELTA der Universität Dortmund getestet und inbetrieb genommen. Es werden bei der Injektion von Elektronen in den Speicherring die Strahlverluste im Transferkanal T2 gemessen. Eine Veröffentlichung der Messergebnisse auf einer der nächsten Beschleunigerkonferenzen ist geplant.

Veröffentlichung:

Beam Loss Position Monitor using Cerenkov Radiation in Optical Fibers, W. Goettmann, M. Körfer, J. Kuhnenn, F. Wulf, Proceedings DIPAC 2005, France

Bericht des Fraunhofer INT zum HGF Projekt VH FZ 006 für 2005

Jochen Kuhnnehn, Udo Weinand

Im zweiten Jahr wurden 2 Themen bearbeitet: Die Fortführung der Entwicklung eines heizbaren Glasfaserkabels und Untersuchungen an extrem strahlungsbeständigen Glasfasern. Nachdem im letzten Bericht dargelegt wurde, dass über das thermische Regenerieren der Dosimetriefasern eine weitgehende „Löschung“ der strahlungsinduzierten Dämpfung erfolgen kann, sollte diese Jahr die Umsetzung in ein konkretes Produkt beginnen.

Dazu wurde (im Januar 2006) nach Vorgaben des INT aus einer selektierten Glasfaservorform eine Polyimid-beschichtete Glasfaser durch die Firma FiberWare (Mittweida) gezogen. Die Vorform ist im Kern mit Phosphor dotiert und wurde unter vier Vorformen der Firma FiberCore (inzwischen j-fiber) nach Bestrahlungstests ausgewählt. Angestrebt war eine möglichst hohe strahlungsinduzierte Dämpfung mit gleichzeitig möglichst geringem Ausheilen (bei Raumtemperatur). Dies gewährleistet eine weitgehende Unabhängigkeit von der Dosisleistung als Voraussetzung für eine quantitative Dosimetrie. Die entsprechenden Sachkosten sind in der unteren Tabelle noch nicht berücksichtigt, da sie erst 2006 angefallen sind.

Die Umsetzung in ein vollständiges Produkt eines heizbaren Kabels konnte noch nicht realisiert werden. Die dafür vorgesehene Firma Horst (Lorsch) stellte sich als ausgesprochen Kooperationsunwillig heraus. Trotz mehrmaligen Nachfragens mit anschließenden Versprechungen konnte bislang kein Prototyp vorgelegt werden.

Den größten Arbeitsumfang hatten im vergangenen Jahr die Untersuchungen an möglichen Glasfasern für das Cherenkov-System. Hier konnte mit freundlicher Unterstützung von mehreren Firmen eine systematische Studie verschiedener Parametereinflüsse auf die Strahlungsempfindlichkeit von Stufenindexfasern mit reinem Quarzkern durchgeführt werden. Dabei wurde die Abhängigkeit von geometrischen, prozesstechnischen und Verarbeitungsparametern ermittelt.

Wichtigstes Ergebnis war, dass im Widerspruch zu bisherigen Veröffentlichungen keine generellen Regeln für bestimmte Abhängigkeiten aufgestellt werden können, sondern der Einfluss je nach Hersteller verschieden stark ausgeprägt ist und sich teilweise gegensätzliche Abhängigkeiten ergeben. Diese Ergebnisse bestätigen, dass zur Selektion einer geeigneten strahlungsbeständigen Faser keine prinzipiellen Vorhersagen zum Verhalten einzelner Produkte möglich sind, sondern vergleichende Untersuchungen unter möglichst anwendungsnahen Bedingungen unumgänglich sind.

Diese Arbeiten waren ursprünglich für das dritte Jahr der Projektlaufzeit geplant, aber bereits vorgezogen. Daher sind die Personalmittel aus dem nächsten Jahr bereits 2005 abgeflossen.

Diese Ergebnisse wurden im September 2005 ausführlich auf der RADECS Konferenz in Cap d'Agde präsentiert.

Veröffentlichungen:

Kuhnnehn, J., Henschel, H., Weinand, U.: Influence of coating material, cladding thickness, and core material on the radiation sensitivity of pure silica core step-index fibers, Proceedings of RADECS 2005, September 20. – 23, Cap d'Agde, France

Euskirchen, 2006-02-14

Arbeitspaket 3: Messung der Zeitstruktur und des genauen Timings der Strahlungspulse des VUV-FELs

Ziel dieses Projekts ist die Entwicklung, der Aufbau und der Test von neuen Kreuzkorrelationstechniken für die zeitliche Charakterisierung der VUV-FEL Pulse hinsichtlich Dauer sowie des relativen Jitters bezüglich externer Laserpulse. Dazu soll die simultane Wechselwirkung beider (FEL- und Laser-) Pulse mit einem Gasmedium anhand einer energetischen Verschiebung der kinetischen Photoelektronenenergie orts aufgelöst detektiert werden.

Der Einzelschuß-Kreuzkorrelator wurde im Jahre 2005 weitgehend fertiggestellt. Er besteht aus i) einem Elektronenlinsensystem, ii) der Wechselwirkungskammer mit Vakuumfenstern für die VUV- und Laserstrahlung, iii) Turbomolekular-Vakuumpumpen und Druckmesssystemen, iv) einem justierbaren Gaseinlass, sowie v) einer mechanischen Halterung zur Ausrichtung aller Komponenten relativ zum FEL-Strahl mit Mikrometer-Präzision. Ausgiebige Tests des Elektronenlinsensystems wurden mit Hilfe einer Elektronenkanone im Labor durchgeführt. Als Referenzobjekt wurde ein geätztes Kupfernetz benutzt, das in Transmission erfolgreich in 20-facher Vergrößerung selbst noch bei einer geringen kinetischen Elektronenenergie von 20 eV abgebildet werden konnte. Die so erreichte Auflösung von ca. 30 μm kann durch Erhöhen der Energie weiter verbessert werden.

Eine erste Möglichkeit zum Testen der Zusammenspiels dieser Komponenten war in einer zweiwöchigen Strahlzeit am VUV-FEL im August 2005 gegeben. Sehr hilfreich in dieser Phase war die personelle Verstärkung durch Herrn Dipl. Phys. Roland Kalms, der aus dem Projekt bis einschl. Januar 2006 bezahlt wurde. Bei den Messungen wurde der FEL dabei bei einer Photonenenergie von 39 eV und einer 2 Hz Repetitionsrate der Makropulse betrieben. Besonderes Augenmerk galt der sorgfältigen relativen Justierung zwischen dem FEL-Strahl, dem Laserstrahl und der Achse des Elektronenlinsensystems. Schließlich konnten so erstmals räumlich aufgelöste Abbildungen von Photoelektronen aus einem mit dem VUV-FEL ionisierten Gas erhalten werden. Dabei wurden keine nachteiligen Einflüsse durch Raumladungseffekte festgestellt. Von großer Bedeutung ist neben der räumlichen Justage auch eine weitgehende Vorjustierung des zeitlichen Überlapps der beiden Lichtpulse, denn nur die gleichzeitig räumliche wie auch zeitliche Überlagerung ergibt das gewünschte Meßsignal in Form spektraler Seitenbänder. Hierfür wurde eine spezielle Zeitsonde entwickelt, die den zeitlichen Überlapp von ursprünglich ca. 1 ns auf besser als 20 ps verbesserte. Die Erfahrungen aus diesen vorbereitenden Messungen lassen erwarten, daß mit der aufgebauten Apparatur in nachfolgenden Strahlzeiten die vorhergesagten Effekte nachweisbar sind. Die geplanten höheren Photonenenergien und Pulsintensitäten am VUV-FEL begünstigen dabei die Empfindlichkeit der Anordnung.

Kurze Beschreibung der Aktivitäten (bisher geleistete Arbeit, Zeitplan und Perspektive):

Ziel des von der Universität Bielefeld bearbeiteten Projekts ist die Charakterisierung der VUV-FEL Pulse hinsichtlich ihrer Synchronisation mit einer externen Laserpulsquelle. Die Messung des von Schuß-zu-Schuß variierenden Delays kann dann zur Einsortierung der Daten eines parallel durchgeführten pump-probe Experiments und damit zur Erheblichen Verbesserung der Zeitauflösung genutzt werden. Der dazu aufgebaute Einzelschuß-Kreuzkorrelator wird derzeit am VUV-FEL getestet. Er basiert auf dem physikalischen Prinzip der Seitenbänderzeugung in einem Gasmedium durch gleichzeitige Anregung mit sichtbarem- und VUV Licht. Die Funktion der dazu notwendigen dispersiven Elektronenoptik konnte erfolgreich nachgewiesen werden. Die bisher in Vorversuchen erreichte Zeitauflösung liegt bei etwa 20 ps. Ziel ist die weitere Verbesserung der Auflösung bis besser als 100 fs.

Das Ziel der Arbeitsgruppe an der TU Darmstadt ist es, die Erzeugung der im ersten Bunch Compressor erzeugten Synchrotronstrahlung (SR) und deren Ausbreitung bis zum Detektor auf numerischem Weg zu berechnen. Die Berechnung erfolgt dabei im mehreren Schritten. Für die Erzeugung und Ausbreitung in der Vakuumkammer werden optische Methoden (geometrische Optik, UTD, ...) verwendet. Die Abstrahlung aus dem Kammerfenster kann dann mittels der Randelementmethode (BEM) oder Fourier-Optik berechnet werden. Die Ausbreitung über die optische Strecke bis zum Detektor erfolgt zur Zeit mittels eines Fourier-Optik Transportcodes, welcher am DESY entwickelt wurde.

Für den ersten Teil der Simulation, welche besonders den Einfluss der metallischen Vakuum Kammer auf das erzeugte SR Spektrum untersuchen soll, stehen zur Zeit zwei Simulationstools zur Verfügung. Zum einen eine eigene Matlab Implementierung einer geometrischen Optik Methode und zum anderen das kommerzielle BEM/UTD Programm FEKO. Vorteile des eigens entwickelten Matlab Programms ist eine sehr gute Anpassbarkeit and die hier vorliegende Problemstellung sowie die Möglichkeit einer gezielten Optimierung der Berechnung. Allerdings können derzeit noch keine Brechungseffekte an Kanten erfasst werden. Diese können zwar mit FEKO untersucht werden, Nachteil des kommerziellen Programms ist jedoch, dass es nicht zur Berechnung von Synchrotron Strahlung konzipiert ist. Die verwendeten Algorithmen können daher nicht für die hier vorliegende spezielle Struktur angepasst und damit nur Simulationen bis minimal 1mm Wellenlänge durchgeführt werden, anstatt bis zu den gewünschten 10um.

Erste Untersuchungen zeigen dabei folgende Ergebnisse. Zum einen ist für die korrekte elektromagnetische Feldsimulation eine physikalisch sinnvolle Quellenmodellierung sehr wichtig. Zudem muss besonders für kürzere Wellenlängen entgegen ursprünglicher Annahmen der Coulomb-Anteil der erzeugten Strahlung unbedingt mit berücksichtigt werden. Des Weiteren hat sich gezeigt, dass nur der Einfluss der Wände nahe des Kammer Fensters die abgestrahlten Felder maßgeblich beeinflussen, jedoch Brechungseffekte an den Kanten unbedingt zu berücksichtigen sind. Schließlich hat ein Vergleich von Simulation und Messung der Synchrotronstrahlung kurz nach dem Kammerfenster eine gute Übereinstimmung gezeigt.

Nachdem gezeigt wurde, dass eine Simulation mittels geometrischer Methoden grundsätzlich möglich ist und sinnvolle Ergebnisse liefert, gilt es nun diesen Ansatz weiter auszubauen und genauer zu untersuchen. Dabei ist vorgesehen, die Brechungseffekte auch in das Matlab Programm einzubauen, so dass damit die Felder für Wellenlängen kleiner als 1mm korrekt berechnet werden können. Da zur Zeit nur die Strahlung eines einzelnen Teilchens betrachtet wird, wird einer der nächsten Schritte auch sein, eine größere Anzahl von Teilchen durch den Bunch Compressor zu tracken und die gesamte erzeugte Strahlung inklusive Kohärenzeffekte zu simulieren. Für die Berechnung der Strahlung nach Verlassen der Vakuumkammer ist zudem geplant das Simulationsprogramm an den am DESY Hamburg entwickelten THz-Transportcode zu koppeln.

Report on the progress in "Bunch length measurement using THz spectroscopy"

The project has two major issues: Optics, Detectors.

Optics consists of: 1. Transfer of the radiation from the source to the experimental station. 2. Dispersive optics (including preparatory optics). 3. Collecting optics (focusing optics to the detectors).

1. Transfer of the radiation from the source to the experimental station: There are two stations named TOSYLAB and CTR140 which are made to provide experiments with the radiation from the electron bunches. TOSYLAB is a container at the end of a CSR (Coherent Synchrotron Radiation) almost at the end of first bunch compressor of TTF2. CTR140, a Coherent Transition Radiation beam-line which is positioned after all accelerating modules, is newly commissioned. Starting from May 2004 there where a Martin-Pupplet interferometer based bunch length measurement at TOSYLAB, which unexpectedly was suffering from suboptimal design of the transfer-line. Using THz-Transport code (a code which is developed at FLA-DESY) at the beginning of the year 2005 the main failure in the design has been found and the possible correction calculated. Fortunately CTR140 has been commissioned successfully and became available to be used for the rest of the spectroscopic studies. The comparison between measured profile of the radiation and predicted one with THz-Transport shows excellent agreement.

2. At the beginning of the year different possibilities for dispersive optics studied and diffraction-gratings turned out to be the optimal solution. TG (Transmission Grating) studied first and because they have several disadvantages, RBG (Reflectance Blazed Grating) with more dispersed power efficiency and dispersive power selected to be used (especially for shorter wavelengths, the most interesting part of the radiated spectra from the electron-bunch). A TG base spectrometer designed, made and tested successfully. Meantime a RBG base spectrometer with manual rotating arm designed, made and tested. For simulation of the RBG base spectrometer, calculations based on rigorous vector diffraction theory was mandatory. The first series of measurement with this device made at FELIX and showed very good agreement with the simulations.

3. Having the dispersive part of the spectrometer working, it was necessary to find appropriate collecting optics to put dispersed radiation to detectors without mixing them up again. After developing codes suitable to design such an optics and doing in parallel several experiments this problem is also solved and at the end of the year a new mirror, DELMIR, ordered to a company. This mirror will make it possible to focus the dispersed radiation to the diffraction limited beam size with highest efficiency for the whole dispersed radiation range on corresponding detectors.

For the detectors, mainly studied room temperature detectors, the main deal is proper design of the crystal geometry and the fast enough high signal to noise ratio amplifiers. Fortunately there are experiences and expertise at FLA group at DESY. Different type of pyro-electric detectors and amplifiers are designed and either tested or will be tested in the next year. Generally, results show that room temperature pyro-electric detectors arranged geometrically in an array and having integrated amplifier and shaping amplifier will do the required job.