



bmb+f - Förderschwerpunkt

Kondensierte Materie

Großgeräte der physikalischen
Grundlagenforschung

Schlussbericht vom 07.09.2004 zum Thema:

Charakterisierung und Nutzung eines Infrarotstrahlrohrs mit Messplatz, FT-IR-Spektrometer und Anregungslasersystem bei BESSY II

Zuwendungsempfänger:	HU Berlin - Universitätsklinikum Charité
Projektleitung:	Prof. Dr. K.P. Hofmann
Förderkennzeichen:	05KS1KK1/4
Förderzeitraum:	01.04.2001 – 30.06.2004
Zuwendung:	334.426,00 EUR
E-Mail:	kph@charite.de
Projektträger:	Projektträger DESY-HS

Genutzte Großgeräte:

BESSY - BESSY

Angaben zum Projekt:

Veröffentlichungen:	16
Konferenzbeiträge:	35
Diplomarbeiten:	2
Dissertationen:	2
Habilitationen:	1
Patente:	0

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.

Schlussbericht-Kurzfassung

Zuwendungsempfänger: **Humboldt-Universität zu Berlin, Charité**

Projektleitung: **Prof. Dr. Klaus Peter Hofmann**

Charakterisierung und Nutzung eines Infrarotstrahlrohrs mit Messplatz, FT-IR-Spektrometer und Anregungslasersystem bei BESSY II

Die Beamline nutzt die infrarote Strahlung aus dem homogenen Magnetfeld des zweiten Dipols am Segment 2 (D2.2) des Speicherrings. Die Infrarot-Experimente sind über diesem Segment auf dem Dach des Strahlenschutz隧nells montiert. Dieser erschütterungsarme Aufbau garantiert eine feste Kopplung der Experimente zur Quelle im Speicherringtunnel. Da der Platz auf dem Dach begrenzt ist, wurde eine Arbeitsbühne neben dem Tunnel errichtet, auf der die Steuerelektronik der Experimente untergebracht wird. Eine Transferoptik führt die IR-Strahlung von der Dipolquelle durch die Decke des Strahlungsschutz隧nells. Der vollständige Strahlengang ist mit Hilfe von Raytracing-Berechnungen mit dem Ziel der Erhaltung der Brillanz optimiert worden. Für den Strahlungstransfer vom Speicherring zum Meßplatz auf der Decke des Tunnells wurde bei BESSY eine anamorphotische Optik entwickelt um mit ihr der räumlichen Tiefe der Quelle Rechnung zu tragen.

In den letzten drei Jahren wurde bei BESSY ein Verfahren zur Generierung von intensiver THz-Strahlung entwickelt. Dieser ferninfrarote Bereich der elektromagnetischen Strahlung an der Grenze der Mikrowellen war bisher den Experimentatoren nur schwer zugänglich, da es an breitbandigen, stabilen und leistungsstarken Quellen mangelte. Der auch als „THz gap“ bezeichnete Wellenlängenbereich konnte nun durch eine neue Quelle bei BESSY bereichert werden, bei der im Speicherring die vom Elektronen-Bunche emittierten Wellen sich kohärent überlagern. Dabei steigt die Intensität quadratisch mit der Anzahl der beteiligten Elektronen an. Der Brillanzgewinn gegenüber der normalen Synchrotronstrahlung in diesem Wellenlängenbereich beträgt dabei etwa 4 Größenordnungen für die sogenannte „low alpha“ Einstellung des Speicherrings.

Ein innerhalb des Projektes entwickeltes rechnergesteuertes Polarisationsgoniometer wurde Ende 2002 am Bruker FTIR Spektrometer an der IRIS Beamline in Betrieb genommen. Dieser Aufbau ist auf die besonderen Eigenschaften der Synchrotronstrahlungsquelle angepasst und erlaubt in seiner aktuellen Konfiguration polarisationsabhängige Transmissions-, Reflektions- und Ellipsometriemessungen im MIR ($400 - 4000 \text{ cm}^{-1}$) für Einfallswinkel zwischen $30^\circ - 90^\circ$. Die Synchrotronstrahlungsquelle hat eine wesentlich höhere Brillanz als die herkömmlich verwendeten Strahlungsquellen zudem ist die Synchrotronstrahlung polarisiert. Durch Ausnutzen dieser Eigenschaften ergibt sich dadurch für Ellipsometrieexperimente an kleinen Proben ($<1 \text{ mm}^2$) ein Intensitätsvorteil von mehr als einer Größenordnung. Für polarisationsabhängige Reflexionsmessungen mit moderaten Öffnungswinkeln sind dadurch nun laterale Auflösungen im Submillimeterbereich möglich.

Schlussbericht

Zuwendungsempfänger: **Humboldt-Universität zu Berlin, Charité**

Projektleitung: **Prof. Dr. Klaus Peter Hofmann**

Charakterisierung und Nutzung eines Infrarotstrahlrohrs mit Messplatz, FT-IR-Spektrometer und Anregungslasersystem bei BESSY II

Die IR-Beamline IRIS

Die Beamline nutzt die infrarote Strahlung aus dem homogenen Magnetfeld des zweiten Dipols am Segment 2 (D2.2) des Speicherrings. Die Infrarot-Experimente sind über diesem Segment auf dem Dach des Strahlenschutz隧nells montiert. Dieser erschütterungsarme Aufbau garantiert eine feste Kopplung der Experimente zur Quelle im Speicherringtunnel. Da der Platz auf dem Dach begrenzt ist, wurde eine Arbeitsbühne neben dem Tunnel errichtet, auf der die Steuerelektronik der Experimente untergebracht wird. Weiterhin bietet die Bühne genügend Platz ($4 \times 7 \text{ m}^2$) für die Experimentatoren zur Probenpräparation und Auswertung der Messungen.

Eine Transferoptik führt die IR-Strahlung von der Dipolquelle durch die Decke des Strahlungsschutz隧nells. Der vollständige Strahlengang ist mit Hilfe von Raytracing-Berechnungen mit dem Ziel der Erhaltung der Brillanz optimiert worden. Für den Strahlungstransfer vom Speicherring zum Meßplatz auf der Decke des Tunnells wurde bei BESSY eine anamorphotische Optik entwickelt [Peatman and Schade, 2001], um mit ihr der räumlichen Tiefe der Quelle Rechnung zu tragen.

Eine konventionelle Wasserkühlung des ersten Spiegels bei IR-Außlaßsystemen wurde bisher nur für Leistungsdichten bis 5 W/mm^2 realisiert. Ihr Einsatz beim BESSY II IR-Außlaßsystem kommt aufgrund der hohen Leistungsdichten nicht in Frage. Ein Ausblenden der harten Synchrotronstrahlung bereits vor dem Spiegel ist wegen der geringen vertikalen Ausdehnung des Strahlprofils von etwa 0.5 mm (90 % der Leistung) nicht praktikabel. Es wurde deshalb der Einsatz von zwei Planspiegeln, oberhalb bzw. unterhalb der Ringebene sowie einem Absorber dahinter, favorisiert. Der zusammengesetzte Vorspiegel lenkt die Strahlung senkrecht auf den ersten konischen Spiegel. Dieser richtet die Strahlung waagrecht auf einem zweiten Zylinderspiegel, der die Strahlung mit einer Ablenkung von 90° nach oben durch ein Diamantfenster lenkt. Der Zwischenfokus befindet sich dann über der Decke des Tunneldaches hinter dem Diamantfenster, welches die folgende Optik zu den Experimenten von der Vakuumumgebung des Ringes trennt (Abb. 1).

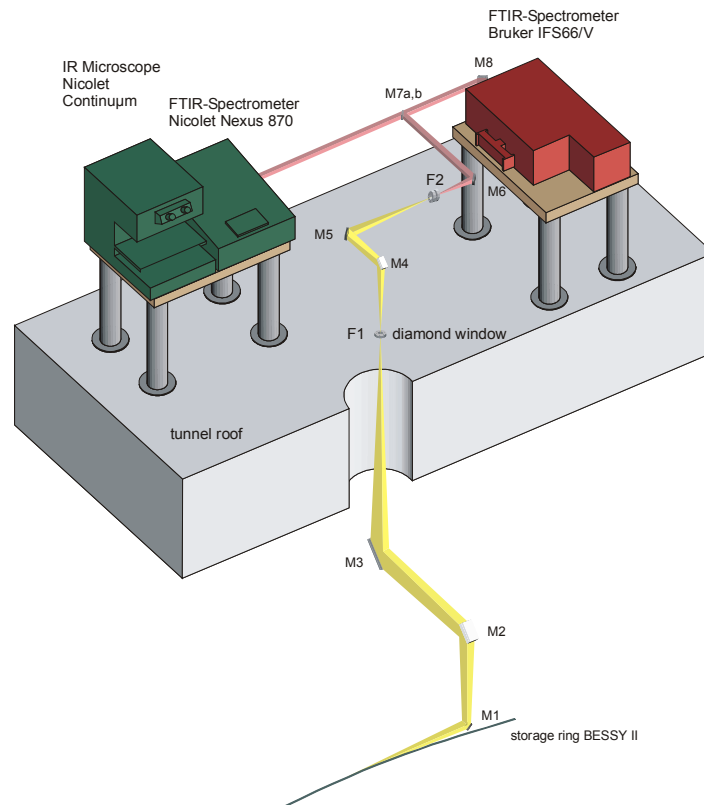


Abb 1: Strahlengang der IR Beamline mit den einzelnen Meßplätzen.

Die Höhe der Standarddipolkammer bei BESSY II reicht nicht aus, um in vertikaler Richtung entsprechend des großen natürlichen Öffnungswinkels die infrarote Strahlung ausreichend passieren zu lassen. Weiterhin steht am Dipolaustritt der Kammer nicht genügend Platz zur Verfügung, um die Komponenten des ersten Planspiegels aufzunehmen. Eine Dipolkammer wurde nun so konzipiert, dass ein vertikaler Akzeptanzwinkel von bis zu 40 mrad möglich ist, ohne die Speicherringoptik in Mitleidenschaft zu ziehen. Um eine genaue Positionierung des Vorspiegels zu erzielen, wurde eine Fixierung am Ende der Dipolkammer hinzugefügt. Weiterhin sind entsprechende Verstrebungen vorhanden, die eine Dejustierung des Spiegels während der Evakuierung der Kammer ausschließen sollen. Zusätzliche Absorber innerhalb der Kammer verhindern das ungewollte Aufheizen von Komponenten des Vorspiegels in der Ringebene.

Der Vorspiegel besteht aus zwei wassergekühlten Planspiegeln. Als Trägermaterial wird Glidcop verwendet. Der Zwischenraum zwischen den Teilsiegeln lässt den harten Strahlungsfächer passieren und ist zwischen 3-6 mm variabel einstellbar. Durch eine pneumatische Einrichtung kann der Vorspiegel mit seiner Halterung unter Vakuum aus der Ringebene geführt werden. Damit entsteht die Möglichkeit, mit einem darunter befindlichen Ventil die komplette Beamline vom Ringvakuum zu trennen.

Die beiden fokussierenden Spiegel M2 und M3 sind auf einer hysteresefreien monolithischen Montierung befestigt. Ihre Position kann von außen über Stellelemente justiert werden. Zwischen den Spiegeln, mechanisch entkoppelt über Faltenbälge, befindet sich das Pumpsystem. Die beiden senkrecht aufsteigenden UHV-Rohre sind mit einer Hexapod-Aufhängung an dem massiven Tunneldach befestigt und garantieren eine stabile und vibrationsarme Fixierung der Spiegel. Um die Gewichtskraft des Vakuumsystems auf die Dipolkammer zu minimieren, ist die eine Hexapod-Aufhängung an einer Federscheibe befestigt. Im Vakuumsystem befinden sich an geeigneten Stellen Fenster, durch die man die Strahlage über CCD-Kameras kontrollieren kann.

Die Optik der Beamline bis zum Diamantfenster befindet sich unter UHV. Der weitere Strahlenverlauf zu den Experimenten ist für Vorvakuum (VV) ausgelegt. Hier refokussiert eine weitere anamorphotische Anordnung von zwei Zylinderspiegeln die Strahlung im Bereich zweier Fensterventile mit Quarz und KBr als Fenstermaterial.

Die Fenster ermöglichen das Justieren von Experimenten im MIR und FIR-Bereich in Luft, ohne das Diamantfenster mit Atmosphärendruck auf einer Seite zu belasten. Die divergente Strahlung hinter dem Fensterbereich wird dann über ein Torroidspiegel kollimiert und mit Hilfe eines planen Schiebepiegels entweder direkt über ein KBr Fenster dem mit trockener Luft gespültem FT IR Spektrometer Nexus 870 und dem IR Mikroskop Continuum zugeführt, oder über einen weiteren Torroidspiegel M8 in der Ebene der Jacquinotblende des Vakuumspektrometers IFS 66/sv fokussiert. An diesem Spektrometer befindet sich auch das innerhalb des Projektes entwickelte spektrale MIR-Ellipsometer. Eine Zusammenfassung der Daten der Beamline sowie Messungen zur Performance sind in [Schade et. al, 2002] dargestellt.

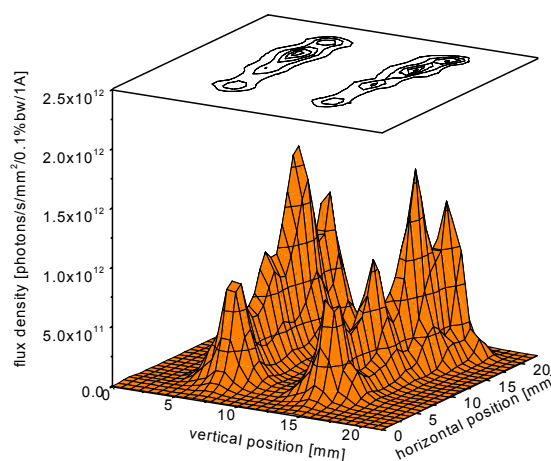


Abb. 2: Verteilung des absoluten Photonenflusses auf einer Ebene 1200 mm hinter dem ersten Fokus.