

Kapitel 7

Zusammenfassung

Gegenstand dieser Arbeit war die Synchronisation eines 80 MHz Femtosekunden--Titan:Saphir-Lasers auf die Synchrotronpulse des BESSY Speicherrings zur Durchführung von Pump-Probe-Experimenten an Oberflächen sowie die Durchführung erster Experimente an ausgewählten Systemen. Außerdem wurde eine UHV-Oberflächenapparatur konzipiert und aufgebaut, mit der an BESSY II in Zukunft kombinierte Laser-und Synchrotronexperimente durchgeführt werden können.

Die Synchronisierung wurde durch eine aktive Regelung der Laserrepetitionsfrequenz (d.h. der Laserresonatorlänge) auf den Masteroszillator des BESSY-Speicherrings realisiert. Hierzu wurden zwei unterschiedliche Regeltechniken, ein digitaler Fensterkomparator und ein analoger Diodenmischer eingesetzt und bei BESSY I charakterisiert. Es zeigte sich, daß der analoge Regler flexibler auf die unterschiedlichen Frequenzverhältnisse im Multi- und Singlebunchbetrieb und auf den späteren Einsatz bei BESSY II angepaßt werden kann. Mit ihm wird eine Synchronisationsgenauigkeit von 18 ps (relativ zum Masteroszillator) erreicht.

In einem kombinierten Laser-Synchrotron Pump-Probe-Experiment wurde die Relaxation der laserinduzierten Oberflächenphotospannung an InSe beobachtet. Mit dem anregenden Laserpuls werden hier zusätzliche Ladungsträger im Bereich der Bandverbiegung (Raumladungszone) an der Oberfläche erzeugt. Diese Ladungsträger besitzen eine Lebensdauer in der Größenordnung von 100 ns. Die Beobachtung dieses Effektes stellt unter den gegebenen Bedingungen bei BESSY I ein ideales Experiment zur

Erprobung der Synchronisation dar.

In einem weiteren kombinierten Laser/Synchrotron Pump-Probe-Experiment wurde das C_{60}/Ni Monolagensystem untersucht. Mit dem Ziel, einen möglichen Ladungstransfer vom Nickelsubstrat in das LUMO des C_{60} zu identifizieren, wurden mit dem Laserpumpimpuls (1,6 eV) Elektronen aus diesem Niveau in das LUMO+1 des C_{60} angeregt. Ein zeitkorrelierter Synchrotron(probe)puls emittiert die Elektronen ins Vakuum, womit sich im PES eine zusätzliche Struktur 1,8 eV oberhalb der Fermikante zeigt. Allerdings besteht auch grundsätzlich die Möglichkeit, daß das LUMO+1 durch resonante Streuung, der an der Nickeloberfläche vorhandenen und mit dem Laser angeregten d-Elektronen, besetzt wird.

Eine weitergehende Untersuchung der Bindungseigenschaften von $C_{60}/Ni(110)$ erfolgte mit Einfarben-Photoelektronenspektroskopie. Aus der Abhängigkeit des Photoelektronenspektrums von der Schichtdicke erkennt man eine, mit Literaturergebnissen konsistente, starke chemische Wechselwirkung zwischen Substrat und Adsorbat. Die Oszillation des Ionisationsquerschnitts des C_{60} HOMO und HOMO-1 als Funktion der Anregungsenergie wurden untersucht und die Ergebnisse eines dicken C_{60} -Films mit denen des Monolagensystems verglichen. Es zeigte sich, daß es trotz einer starken chemischen Wechselwirkung zwischen C_{60} und Nickel offensichtlich zu keiner nennenswerten Deformation der Ladungsverteilung im C_{60} -Molekül kommt.

Als vorbereitendes Experiment für eine spätere Kombination von Laser und Synchrotron in einem Pump-Probe-Experiment wurde ein weiteres Oberflächensystem untersucht. Dabei handelt es sich um dünne, geordnete organische Filme (OOTF¹). Durch Photoemission von Elektronen aus dem unterliegenden Metallsubstrat wird die Elektronentransmission durch diese Filme untersucht. In einem Synchrotron-Photoemissionsexperiment wird eine oszillierende Transmissionswahrscheinlichkeit als Funktion der kinetischen Energie der Elektronen festgestellt - ein Hinweis auf das Vorhandensein einer Art „Bandstruktur“, die für solche Filme postuliert wird.

Auch wenn in dieser Arbeit bereits erfolgreich kombinierte Laser-Synchrotron-Experimente durchgeführt wurden, so sind dennoch die derzeit verfügbaren experimentellen Möglichkeiten keinesfalls optimal. Die vielfältigen Schwierigkeiten bei der

¹OOTF - Organized Organic Thin Films

Durchführung kombinierter Laser-Synchrotron Experimente zeigten sich insbesondere bei der Untersuchung von Oberflächenzuständen an GaAs. Durch die große Pulslänge der Synchrotronstrahlung von 450 ps sind bei BESSY I dynamische Messungen auf Prozesse begrenzt, die auf dieser Zeitskala ablaufen.

Bei BESSY II, einem Synchrotronspeicherring der 3. Generation, stehen kürzere Bunchlängen von ~ 30 ps zur Verfügung. Auch begrenzt das Jittern der Bunche um ihre vom Masteroszillator vorgegebene Sollage die mögliche Präzision in einem kombinierten Experiment. Bei BESSY I beträgt der Jitter 40 ps im Singlebunch (20 ps im Multibunch). Die Idee einer jitterfreien Synchronisierung mit optischen Mitteln, die unabhängig ist vom Jittern der Bunche, wird skizziert. Hierbei wird mittels einer optischen Korrelationsmessung die Synchronisationsgenauigkeit eines Laser-Synchrotron Puls-paares zusammen mit dem Pump-Probe-Signal gemessen.

Die im Rahmen dieser Arbeit aufgebaute UHV-Anlage ist speziell auf die Durchführung kombinierter Laser- und Synchrotronexperimenten an Oberflächen abgestimmt. Sie ist neben der Beamline und einer noch in Planung befindlichen Gasphasenapparatur ein Teilstück der „MBI-Nutzer-Facility“², die derzeit bei BESSY II fertiggestellt wird.

An der „MBI-Nutzer-Facility“ wird erstmals das Konzept kombinierter Laser-Synchrotron-Pump-Probe-Experimente an einer speziell auf diese Anwendung hin ausgerichteten Beamline verwirklicht. Die Beamline bildet zusammen mit der Experimentierapparatur und dem Lasersystem eine komplexe Anlage, die experimentelle Möglichkeiten bietet, welche weit über das in dieser Arbeit mit einer mobilen Anlage Realisierbare hinausgehen.

²BMBF Förderkennzeichen 05 650BMA 6

