

Im ersten Teil dieser Arbeit wird der Aufbau einer Laser-Plasma basierten Röntgenquelle diskutiert. Die Quelle wurde entwickelt, um zeitaufgelöste Röntgenbeugungsexperimente mit fs-Zeitauflösung durchführen zu können. Aus der Anwendung heraus ergeben sich eine Vielzahl von Konstruktionskriterien, die die Quelle zu erfüllen hat. Das Laserplasma wird auf einem umlaufenden Titandraht erzeugt, und zwar mit Hilfe des 10-Hz-Titan-Saphir-Lasersystems des Instituts für Laser- und Plasmaphysik der Universität Essen. Zur Erzeugung der Ti-K α -Röntgenstrahlung bei einer Energie von 4,5 keV werden die Laserimpulse auf den Draht fokussiert und Intensitäten von maximal 10^{18} W/cm² erzielt. Die Elektronen werden im Fokus direkt vom Laserfeld beschleunigt und erzeugen bei der Wechselwirkung mit dem Material charakteristische, inkohärente Röntgenstrahlung in Form von sehr kurzen Röntgenblitzen. Die Impulsdauer der so erzeugten Strahlung liegt weit unterhalb einer Pikosekunde. Zur Detektion der Röntgenstrahlung wird eine gekühlte, röntgenempfindliche CCD-Kamera verwendet.

Im zweiten Teil der Arbeit wird demonstriert, wie die inkohärente Röntgenstrahlung mittels eines torisch gebogenen Röntgenspiegels – bestehend aus Si (311) – auf eine zu untersuchenden Probe fokussiert werden kann. Mit dem gebogenen Kristall konnte die Strahlung der Ti-K α -Quelle auf *ca.* 80 μ m fokussiert werden. Gegenüber Experimenten mit unfokussierter Strahlung wird dadurch eine Verbesserung des Röntgenflusses um zwei Größenordnungen erreicht.

Die fokussierten Röntgenimpulse stehen dann den eigentlichen Anwendungen zur Verfügung. So konnten Anrege-Abfrage-Experimente realisiert werden, die zeitaufgelöste *Bragg*beugung auf einer fs-Zeitskala demonstrieren. Bei dieser Technik wird ein Teil des Laserimpulses zur optischen Anregung einer Probe abgespalten und zeitlich zum röntgenerzeugenden Laserimpuls verzögert. Mit der zeitlich exakt synchronisierten Röntgenstrahlung kann der zeitliche Verlauf der Beugungsintensität verfolgt werden. Mit dieser Methode konnte der direkte Übergang eines laserbestrahlten Materials von der Fest- in die Flüssigphase auf einer fs-Zeitskala beobachtet werden. Als Proben wurden dünne, einkristalline Ge-Schichten (111) auf einem Si-Substrat (111) verwendet. Es wurde nachgewiesen, daß es sich bei dem beobachteten Schmelzvorgang um einen nicht-thermischen, durch elektronische Hochanregung ausgelösten Phasenübergang handelt, und beobachtet, daß der Phasenübergang von der Fest- in die Flüssigphase innerhalb von 300 fs stattfindet. Durch Entfalten der Meßdaten kann die Länge des Röntgenimpulses auf *ca.* 250-300 fs abgeschätzt werden. Aus der Winkelverschiebung der Beugungsprofile lassen sich Drücke, Temperaturen sowie die thermische Expansion des Materials abschätzen.

In einem weiteren zeitaufgelösten Experiment wurde die kohärente A1g-Phononenmode durch Röntgenbeugung verfolgt. Die Kristallschwingung läßt sich durch einen kurzen Laserimpuls anregen. Die Effizienz der *Bragg*beugung wird durch das Phonon moduliert. Durch Berechnung des Strukturfaktors als Funktion der Auslenkung des Phonons lassen sich die Amplituden durch die *Bragg*beugung messen. Es wurden Experimente in den Beugungsrichtungen (111) und (222) durchgeführt. Beide Richtungen zeigen übereinstimmend eine Phononenfrequenz von ungefähr 2,1 THz. Bei massiver Anregung entstehen Amplituden von 10 % des nächsten Nachbarabstandes.

Die Stärke der Amplitude erfüllt das *Lindemann*-Kriterium für die Schmelzschwelle. Aus den Winkelverschiebungen konnte eine Temperatur abgeschätzt werden, die über dem Schmelzpunkt von Bi liegt.

Die Meßdaten beider Experimente dokumentieren erstmals die Beobachtung schneller Strukturänderungen mit Hilfe zeitaufgelöster Röntgenbeugungsexperimente mit subfs-Zeitauflösung.