

Kebbel, Volker:

Untersuchung zur Erzeugung und Propagation ultrakurzer optischer Bessel-Impulse

Strahltechnik, Bd. 25, Bremen; BIAS Verlag, 2004. Hrsg.: F. Vollertsen, W. Jüptner

Zugl.: Bremen, Univ., Diss., 2004

ISBN Nr. 978-3-933762-15-3

Schlüsselwörter: Bessel-Strahl – X-Impuls – Axicon – Modellierung ultrakurzer Laser-Impulse

Bessel-Strahlen sind beugungsfreie Strahlen, deren Amplitude und Phase senkrecht zur optischen Achse bei Propagation konstant bleibt. Die polychromatische Verallgemeinerung der Bessel-Strahlen führt zur Beschreibung von ultrakurzen Bessel-Impulsen. Neben der beugungsfreien Propagation bieten diese Impulse die Möglichkeit zur Dispersionskompensation in optisch dichteren Medien. In dem Zeitbereich von ultrakurzen Laser-Impulsen unter 100fs führt eine Kopplung von räumlichen und zeitlichen Effekten zur Bildung einer X-Struktur in Raum-Zeit-Koordinaten, dem sog. X-Impuls. In dieser Arbeit wird die Entstehung und Propagation von optischen X-Impulsen theoretisch, in Simulationen und im Experiment untersucht. Die analytische Beschreibung von X-Impulsen sagt deren Entstehung für Impulsdauern unter 100fs voraus. Zusätzlich werden optische Elemente benötigt, die eine Laufzeitdifferenz unter 70fs zwischen dem Zentrum und den Armen der X-Struktur erzeugen können. In dieser Arbeit wird eine Mikrooptik mit gaußförmigem Höhenprofil verwendet. Eine detaillierte Analyse der Propagationseigenschaften zeigt, dass dieses Element Bessel-Strahlen in einem Tiefenbereich von ca. 2mm erzeugen. Im experimentellen Teil der Arbeit wird erstmals die Entstehung von X-Impulsen mit Hilfe von ultrakurzen Laser-Impulsen mit Impulsdauern von ca. 10fs nachgewiesen. Für die Detektion der X-Struktur in Raum und Zeit wird eine 2D-Autokorrelationstechnik verwendet. Die Ergebnisse zeigen eine sehr gute Übereinstimmung mit einer vergleichenden Simulation. Schließlich wird eine Messmethode zur räumlich aufgelösten Charakterisierung ultrakurzer Laser-Impulse basierend auf der Erzeugung von X-Impulsen vorgeschlagen sowie deren prinzipielle Eignung nachgewiesen.

Generation and propagation of ultrashort optical Bessel-pulses

Keywords: Bessel-beam – X-pulse – Axicon – Modelling of ultrashort Laser-pulses

Bessel beams are known as nondiffracting waves, which remain unchanged in amplitude and phase perpendicular to the optical axis during propagation. The polychromatic generalization of Bessel beams leads to the description of ultrashort Bessel-pulses. Despite of the diffraction-free behaviour these pulses are propagating without dispersion, even in homogenous media. In the time domain of ultrashort pulses, i.e. below 100fs, a coupling of spatial and temporal effects leads to the formation of an X-structure in space-time-coordinates, the so-called X-pulses. In this thesis the generation and propagation of optical X-pulses is investigated in theory, simulation and experiment. An analytical description of X-pulses predicts the formation for pulse durations below 100fs. In addition, optical elements are required, which introduce a delay time below 70fs between the pulse centre and the arms of the X-structure. In this work a Gaussian shaped microoptical element is used. A detailed analysis of the beam properties shows, that this element creates Bessel-beams in a good approximation in a limited depth of about 2mm. In the experimental part the formation of X-pulses is shown for the first time using ultrashort laser pulses in the time domain of about 10fs. For the detection of the X-structure in space and time a 2D-autocorrelation technique is applied and the results are compared to a simulation using the experimental parameters. Finally, a concept for characterisation of ultrashort pulses based on the formation of X-pulses is proposed and its principle suitability is demonstrated.