

Zwischenbericht (Sachbericht)

Förderinstrument:	Postdoktorandenprogramm
Impulsfonds-Förderkennzeichen:	PD-303
Projekttitle:	Ultrawideband waveform synthesizer to study ultrafast magnetism
Postdoktorand/in:	Anne-Laure Calendron
Helmholtz-Zentrum:	DESY
Berichtszeitraum (=Kalenderjahr!):	01/2016-12/2016

1) Arbeitsfortschritt / Meilensteine

Welche Fortschritte wurden im geplanten Arbeitsprogramm gemacht. Nehmen Sie explizit Bezug auf das im Antrag beschriebene Programm und die dort aufgeführten Meilensteine. Waren Abweichungen vom Programm notwendig?

Während dieses ersten Jahres sind Fortschritte auf der Laserentwicklung, THz-Erzeugung und der Erzeugung höherer-harmonischer (HHG) gemacht worden. Die zweite und dritte Meilensteine wurden aufgrund Mutterschutz und Elternzeit nicht wie geplant eingehalten, sondern meiner Abwesenheit und Teilzeitarbeit entsprechend aufgeschoben.

Der erste Meilenstein am 30. Juni 2016 betrifft das Lasersystem, und beinhaltet die Fertigstellung der optischen Probe-Pulse für direktes Proben oder für HHG, die Entwicklung des Treiberlasers und die Erzeugung der THz-Strahlung; dieser Meilenstein ist aufgrund größerer benötigten Änderungen im Lasersystem nicht eingehalten worden. Allerdings sind Fortschritte gemacht worden:

- der NIR optische Probe-Puls ist für direktes Proben auf 10 fs komprimiert worden und kann verwendet werden. (Teil von WP1.1)
- Das im Antrag vorgeschlagene Lasersystem basierte auf einen kryogen gekühlten Scheibenverstärker, der leider mehr Engineering benötigt, um dauerhaft zuverlässig für Anwendung laufen zu können, deshalb ist er durch einen kryogen gekühlten, Stabverstärker ersetzt worden, der zuverlässiger läuft, dafür aber nur 30 mJ vor der Kompression liefert. Die Kompression ist implementiert worden, und 25mJ, 5ps lange Pulse stehen jetzt für die THz-Erzeugung oder HHG zur Verfügung. Um THz und HHG im parallel erzeugen zu können, werden wir im nächsten Jahr einen zusätzlichen Verstärker zwischen dem Stabverstärker und dem Kompressor einbauen. Dies gehört zu WP1.2.
- Die Pulse aus beiden Armen des Lasersystems sollten gleichzeitig am Interaktionsort ankommen. Dafür ist ein Timingssystem in Entwicklung.
- Experimente haben gezeigt, dass das Lasersystem verglichen mit dem im Antrag beschriebenen System vereinfacht werden kann. Die Vereinfachung bezieht sich auf die Einbindung unseres YLF-basierten Lasersystems, die nicht mehr für eine Vollendung des Projekts benötigt wird. Dies bedeutet, dass die Integration des Yb:YLF Systems wie im WP1.2 beschrieben nicht mehr aktuell ist.
- Der benötigte Ersatz des Verstärkers im Kombination mit dem sich noch in der Bearbeitung befindenden Timingssystem hat dazu geführt, dass die hoch-energie OPCPAs im IR-Bereich für HHG (Teil von WP1.1) noch nicht implementiert worden sind.
- Mit dem Stabverstärker ist Einzyklen THz-Pulse bei 100 GHz mit der Pulse-Front-Tilt-Technik erzeugt worden. Eine maximale Energie von 65µJ ist demonstriert worden. Aufgrund Änderungen im Layout aller Experimenten in unserem Labor soll das THz-Erzeugungs-Setup neu aufgebaut und justiert werden; damit wird WP1.3 abgeschlossen.
- Für die Erzeugung der Röntgen-Strahlung habe ich zwei Monate am MIT verbracht, um

Erfahrung zu sammeln. Die dort implementierte HHG-Linie erlaubt die Erzeugung von Femtosekunden-Röntgenpulsen. Statt den 2µm wenigen Zyklen Treiberlaser direkt zu verwenden sind die fundamentalen 2µm Pulse mit deren Verdreifachung für die HHG verwendet worden. Damit ist die Energie des Röntgen-Pulses signifikant erhöht worden. Dieses Experiment hat mir erlaubt, Erfahrung mit HHG zu gewinnen, um eine Strahlführung hier designen zu können.

- Eine antiferromagnetische Probe für erste Messungen wurde identifiziert: FeBO₃, der eine einfache Struktur und lineare magneto-optische Effekte ausweist. Messungen an dieser Probe werden in diesem Jahr mit NIR-Abfrage-Pulsen durchgeführt.

Die Meilensteine sind wie folgt angepasst:

- M1: Laser fertig (30mJ): 31. July 2017
- M2: Messungen an FeBO₃: 30. September 2017
- M3: HHG fertiggestellt zum Experimentieren: 31. Januar 2018
- M4: Laser angepasst (>50mJ): 30. April 2018
- M5: Gesamtaufbau des Experimentes fertiggestellt: 30. September 2018
- M6: THz-Anrege - HHG-Abfrage Experiment durchgeführt: 31. März 2019

2) Finanz-/Zeitplan

Können Sie Finanz- und Zeitplan einhalten oder sind Anpassungen notwendig?

Der Zeitplan ist zum einen aufgrund des verspäteten Starttermins (1. März 2016 statt 1. Januar 2016) und zum anderen wegen der Geburt meines Sohnes und dem nachfolgenden Mutterschutz bzw. Elternzeit angepasst worden; das neue vorgesehene Enddatum lautet 31. August 2019. Im Anhang ist der neue Zeitplan dargestellt.

Die Probleme mit dem ersten Verstärker haben das Workpackage 1.1 verspätet. Eine Implementierung des Treiberlasers, die es ermöglicht, THz und HHG gleichzeitig zu erzeugen, ist jetzt aufgrund von Personal erst Anfang 2018 realistisch, durch den Meilenstein M4 gekennzeichnet. Um Magnetismus-Experimente schon vorher durchführen zu können, wird das Material FeBO₃ mit THz-Anrege-Pulsen und NIR-Abfrage-Pulsen untersucht. Dies wird in diesem Jahr geschehen.

Es ist vorgesehen, das HHG Setup im letzten Quartal 2017 basierend auf dem MIT-Setup aufzubauen. WP1.4 sollte dann mit M3 abgeschlossen sein.

Während dieses ersten Jahres sind die Aufbauten mit bereits schon vorhandenen Teilen durchgeführt worden. Komponenten für die THz Erzeugung und die Laserentwicklung werden jetzt nachbestellt; die Kosten dafür sind daher auf das 2. Jahr des Programms verschoben. Die Kosten für die HHG-Erzeugung werden dieses Jahr fällig. Das Röntgen-Spektrometer (Modell XX) ist bestellt worden. Auf der Personalseite wird eine PhD-Studentin im Mai anfangen. Im Anhang liegt ein angepasster Finanzplan vor.

3) Publikationen / Preise

- G. Cirimi; M. Hemmer; K. Ravi; F. Reichert; L. E. Zapata; A.-L. Calendron; H. Cankaya; F. Ahr; O. D. Mücke; N. H. Matlis; F. X. Kaertner, „Cascaded second-order processes for the efficient generation of narrowband terahertz radiation“ Journal of Physics B: Atomic, Molecular and Optical Physics **50**, 044002 (2017)
- X. Wu, A.-L. Calendron, K. Ravi, C. Zhou, M. Hemmer, F. Reichert, D. Zhang, H. Cankaya, L. E. Zapata, N. H. Matlis, F. X. Kärtner, "Optical generation of single-cycle 10 MW peak power 100 GHz waves," Opt. Express **24**, 21059-21069 (2016) -- Shared first coauthorship
- H. Çankaya, A.-L. Calendron, C. Zhou, S.-H. Chia, O. D. Mücke, G. Cirimi, F. X. Kärtner, "40-

μ J passively CEP-stable seed source for ytterbium-based high-energy optical waveform synthesizers," Opt. Express **24**, 25169-25180 (2016)
- W. R. Huang, A. Fallahi, X. Wu, H. Cankaya, A.-L. Calendron, K. Ravi, D. Zhang, E. A. Nanni, K.-H. Hong, F. X. Kärtner, "Terahertz-driven, all-optical electron gun," Optica **3**, 1209-1212 (2016)