

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!):	01/2017-12/2017

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 und THz-Erzeugung gemacht worden, allerdings weniger als erwartet. Die Meilensteine im 2017 sind aufgrund Problemen mit dem Treiberlaser nicht eingehalten worden. Die Meilensteine sind angepasst worden: meine Elternzeit ist nach dem ersten Lebensjahr meines Sohnes mit weitherhin 75% Arbeitszeit verlängert worden, und im 2018 werde ich noch mal Mutterschutz und Elternzeit nehmen.

Der erste Meilenstein am 31. Juli 2017 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 Mängeln im Lasersystem nicht eingehalten worden. Allerdings sind Fortschritte gemacht worden:

- Der kryogen gekühlte Stab-Verstärker hat 30 mJ geliefert, aber Probleme mit dem kryogen-Dewar (Wasserkondensation auf den Kristallen) haben es verhindert, den Verstärker länger als maximal 3 Wochen konsekutiv zu verwenden; danach ist ein aufwendiges Service benötigt worden. Dazu war die Strahlqualität nicht ausreichend, um den Strahl durch den Kompressor zu schicken: am Ausgang war der Strahl extrem verzerrt. Detailliertere Messungen haben gezeigt, dass, obwohl der Kompressor die Strahlqualität verschlechtert, der Strahl noch verwendbar ist, um nicht-lineare Prozesse zu treiben. Die Ursache dieser schlechteren Strahlqualität wird weiterhin im 2018-Anfang 2019 weiterverfolgt.
- Aufgrund dieser kryogen-technischen Problemen ist der Aufbau eines Boosters nach dem Stab-Verstärkers aufgegeben worden. Jetzige Lösungsansätze beruhen sich auf raum-temperatur Lasertechnologien, allerdings bei niedrigerer Wiederholraten.
- Die Pulse aus beiden Armen des Lasersystems sollten gleichzeitig am Interaktionsort ankommen. Das Timingssystem ist demonstriert worden. Das Rauschen ist untersucht worden, manche Ursache sind identifiziert worden. Die Ergebnisse werden bei CLEO18 als Poster vorgestellt. Eine endgültige Lösung ist im Aufbau.
- 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.
- Der THz-Setup ist mit Schwerpunkt auf Optimierung neu aufgebaut worden. Der Treiber-Laser dafür ist der Yb:KYW regenerative Verstärker, der den hoch-energien Laser seedet. Die Parameters des THz-Setups sind gescannt worden, um die Effizienz zu erhöhen. Die kryogenische Kühlung wird noch im 2018 implementiert werden, um die Effizienz zu erhöhen. Wenn der hoch-energie Treiber-Laser fertig ist, werden nur manche Spiegel mit größerer Apertur ersetzt werden müssen.

- Die hoch-harmonische Erzeugungsexperimente am MIT sind durch ein Master-Student, jetzt PhD Student in Prof. Kärtner's Gruppe, weitergeführt worden. Daher ist die Beamline noch am MIT und wird erst später transportiert werden.
- Die Messungen der antiferromagnetischen Probe FeBO₃, der eine einfache Struktur und lineare magneto-optische Effekte ausweist, werden in 2018 möglich mit dem Einsatz eines anderen THz-Setups mit 800 nm-Probe, durch Ti:Sapphire Laser getrieben. Diese Messungen sind im Januar 2018 angefangen worden und extrem versprechend. Der Einsatz des anderen Setups ermöglicht uns, Erkenntnissen für den endgültigen Setup zu gewinnen.

Die Meilensteine sind wie folgt angepasst:

- M1: Laser fertig: 31. Dezember 2018
- M2: Messungen an FeBO₃, mit TiSa-getriebenen Setup: 30. Juni 2018
- M3: HHG fertiggestellt zum Experimentieren: 30. Juni 2019
- M4: Laser angepasst: wird noch definiert
- M5: Interaktionskammer für Experimenten: 31. März 2019
- M6: erstes THz-Anrege - HHG-Abfrage Experiment durchgeführt: Ende 2019
- M7: Identifizierung weiterer Sample und Herstellung: 31. Dezember 2018
- M8: Experimenten mit anderen Samples: bis Projektend

2) Finanz-/Zeitplan

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

Der Zeitplan ist zum einen aufgrund der Treiberlaserproblemen und zum anderen wegen verlängerter Elternzeit (weiterhin 75% statt 100% nach dem ersten Geburtstag meines Sohnes) und zweiter Schwangerschaft (Mutterschutz fängt am 10. Juli 2018 an) angepasst worden. Das neue vorgesehene Enddatum lautet XXX. Im Anhang ist der neue Zeitplan dargestellt.

Die Probleme mit dem Laser-Verstärker haben das Workpackage 1.1 noch verspätet. Zuerst wird jetzt die möglichen Technologien für einen Lasertreiber abgewogen: verglichen werden der krogenische Rod-Verstärker, ein raum-temperatur Yb:YAG multipass Verstärker, und einen raum-temperatur Yb:YAG thin-disk Laserverstärker verfolgt von raum-temperatur Yb:YAG multipass Verstärker. Leider sind die raum-temperatur Yb:YAG Verstärker in Wiederholrate begrenzt (jeweils 10 Hz und 100Hz), was die Aufnahmezeit der Experimenten verlängern wird. In Prof. Kärtner's Gruppe werden aktuell Fortschritte über Vakuumkammer für kryogenische Laserverstärker gemacht, und sollten bis Ende Juni eine Entscheidung erlauben -- anhand dieser Entscheidung kann ein neues Datum für M4 und ein genaues Datum für M1 gesetzt werden.. Eine Implementierung des Treiberlasers, die es ermöglicht, THz und HHG gleichzeitig aber bei niedrigerer Wiederholrate zu erzeugen, ist jetzt aufgrund von Personal in Prof. Kärtner's Gruppe erst Ende 2018 realistisch, durch den Meilenstein M1 gekennzeichnet. Um Magnetismus-Experimente schon vorher durchführen zu können, wird das Material FeBO₃ mit THz-Anrege-Pulsen und NIR-Abfrage-Pulsen untersucht -- das Setup ist von einem Ti:Sapphire Laser getrieben. Dies wird in diesem Jahr geschehen.

Es ist vorgesehen, die HHG Beamline neu zu bauen -- die teuren Komponenten wie z.B. den XUV Spektrometer werden danach von MIT zum DESY gesendet. Dies erlaubt, die Beamline am MIT noch für ca. 1 Jahr für Experimenten zur Verfügung zu lassen.

Meilenstein M5 ist neu definiert worden, und konzentriert sich auf das Design der Interaktionskammer für THz-Anrege-Pulse und NIR oder XUV-Abfrage-Pulse. Erkenntnissen aus der ersten Messungen mit dem Ti:Sapphire getriebenen Setup werden direkt im Design laufen.

Aufgrund dieser Unsicherheiten über den Laserbau werden weitere, verfügbare Quellen

untersucht. Zum Beispiel könnte der THz-Setup und die Experimentier-kammer zum MIT geschickt werden, und dort die ersten Experimenten mit THz-Anrege-Pulsen und XUV-Abfrage-Pulsen geführt werden. Diese Lösung und seine Machbarkeit wird jetzt (April-Mai 2018) abgewägt. (M6 würde dann auch früher als Ende 2019 durchgeführt worden sein.)

Zwei Meilensteine sind eingeführt worden: M7 und M8. M7 betrifft die Identifizierung weiterer Samples, was in 2018 gemacht wird, und deren Herstellung. Mit diesen Samples wird bis zu Ende des Projekts weiter experimentiert.

Während dieses Jahres sind die Aufbauten mit bereits schon vorhandenen Teilen durchgeführt worden. Komponenten für die THz Erzeugung und die Laserentwicklung waren schon verfügbar; wir überlegen, den THz-Setup zu enginieren, so dass er kompakter wird, und dabei würden wir neue, mehr effiziente Komponenten verwenden -- dies läuft aber mit niedriger Priorität. Die Kosten dafür würden dann in 2018 oder 2019 fällig. Die Kosten für die HHG-Erzeugung werden erst dieses Jahr fällig. Prof. Kärtner möchte das Röntgen-Spektrometer vom MIT zum DESY senden, um es hier verwenden zu können. Auf der Personalseite hat eine PhD-Studentin im Mai 2017 anfangen. Im Anhang liegt ein angepasster Finanzplan vor.

3) Publikationen / Preise

Journals:

- A.-L. Calendron, J. Meier, M. Hemmer, L. Zapata, F. Reichert, H. Cankaya, D. N. Schimpf, Y. Hua, G. Chang, A. Kalaydhzyan, A. Fallahi, N. H. Matlis and F. X. Kärtner, "Laser system design for table-top X-ray light source," High Power Laser Science and Engineering, **6**, E12. doi:10.1017/hpl.2018.5 (2018).
- D. Zhang, A. Fallahi, M. Hemmer, X. Wu, M. Fakhari, Y. Hua, H. Cankaya, A.-L. Calendron, L. E. Zapata, N. H. Matlis, F. X. Kärtner, "Segmented terahertz electron accelerator and manipulator (STEAM)," Nature Photonics, doi:10.1038/s41566-018-0138-z (2018).
- T. Kroh, C. Jin, P. Krogen, P. D. Keathley, A.-L. Calendron, J. P. Siqueira, H. Liang, E. L. Falcao-Filho, C. D. Lin, F. X. Kärtner, and K.-H. Hong, „Enhanced high-harmonic generation up to the soft X-ray region driven by mid-infrared pulses mixed with their third harmonic,“ Optics Expr., submitted.

Konferenzen:

- E. Kueny, A.-L. Calendron, X. Levecq, N. Varkentina, J. Meier, F. X. Kaertner, „Wavefront Analysis of White-light Supercontinuum,“ CLEO presentation (2018).
- S. Valente, A.-L. Calendron, J. Meier, E. Kueny, H. Cankaya, N. H. Matlis, G. Cirmi, F. X. Kaertner, „Timing Stabilization of Solid-State Yb-Based Laser System“, CLEO poster (2018).
- N. H. Matlis, F. Ahr, A.-L. Calendron, H. Cankaya, G. Cirmi, T. Eichner, A. Fallahi, M. Fakhari, M. Hemmer, A. Hartin, H. Ishizuki, S. W. Jolly, V. Leroux, A. R. Maier, J. Meier, W. Qiao, K. Ravi, D. N. Schimpf, T. Taira, X. Wu, L. Zapata, C. Zapata, D. Zhang, C. Zhou, F. X. Kärtner, « Acceleration of electrons in THz driven structures for AXSIS, » in Nuclear Inst. And Methods in Physics Research, A, EAAC proceedings, paper (2018).
- F. X. Kärtner, K. Ravi, S. W. Jolly, F. Ahr, D. Zhang, X. Wu, M. Fakhari, H. Cankaya, A.-L. Calendron, C. Zhou, F. Lemery, W. Qiao, R. W. Huang, S. Carbajo, D. N. Schimpf, A. R. Maier, M. Hemmer, L. Zapata, O. D. Mücke, G. Cirmi, A. Fallahi, N. H. Matlis, H. Ishizuki, and T. Taira, "Terahertz Accelerator Technology," in *Nonlinear Optics*, OSA Technical Digest (online) (Optical Society of America, 2017), paper NW2A.1.
- A.-L. Calendron, J. Siquiera, C. Jin, P. Krogen, T. Kroh, P. D. Keathley, H. Liang, E. Falcao-Filho, C. Lin, K. Hong, and F. X. Kärtner, "Enhanced soft X-ray high-harmonic generation driven by two-color ($\omega+3\omega$) mid-IR laser pulses," in Conference on Lasers and Electro-Optics, OSA

Technical Digest (online) (Optical Society of America, 2017), paper JTh2A.50.

- T. Kroh, C. Jin, P. Krogen, A.-L. Calendron, P. D. Keathley, J. P. Siqueira, H. Liang, E.-L. Falcao-Filho, C. D. Lin, F. X. Kärtner, K.-H. Hong, "Enhanced soft-X-ray high-harmonic generation driven by mid-IR pulses mixed with their third harmonic," ATTO2017, poster 216
- M. Fakhari, D. Zhang, A. Fallahi, X. Wu, H. Cankaya, A.-L. Calendron, F. Ahr, K. Ravi, N. H. Matlis, F. X. Kärtner, "THz Linear Acceleration for Compact Electron and X-ray Sources," IRMMW 2017, Oral presentation
- A.-L. Calendron, J. P. Siqueira, C. Jin, P. R. Krogen, T. Kroh, P. D. Keathley, H. Liang, E. L. Falcão-Filho, C. D. Lin, K.-H. Hong, F. X. Kärtner, «Enhanced soft X-ray high-harmonic generation driven by two-color ($\lambda+3\lambda$) mid-IR laser pulses », CLEO 2017, poster JTh2A.50
- G. Cirimi, H. Çankaya, G. M. Rossi, A.-L. Calendron, R. Mainz, S.-H. Chia, S. Fang, H. Suchowski, O. D. Mücke, F. X. Kärtner, "Frontiers of femtosecond parametric amplifiers: sub-optical-cycle pulses from the visible to the mid-infrared by coherent synthesis", CLEO Pacific Rim, Oral presentation (2017)
- D. Zhang, A. Fallahi, X. Wu, M. Fakhari, H. Cankaya, A.-L. Calendron, C. Zhou, W. R. Huang, D. Haynes, F. Lemery, F. Ahr, W. Qiao, N. H. Matlis, F. X. Kärtner, « THz-driven electron streak camera based on a multilayer structure, » CLEO Europe, Oral presentation CC-1.4 (2017)
- F. X. Kärtner, D. Zhang, A. Fallahi, X. Wu, M. Fakhari, H. Cankaya, A.-L. Calendron, C. Zhou, F. Ahr, F. Lemery, W. Qiao, R. W. Huang, K. Ravi, N. H. Matlis, „THz Linear Acceleration for Compact Electron and X-ray Sources“, OTST London (2017)
- M. Hemmer, G. Cirimi, K. Ravi, F. Reichert, F. Ahr, A.-L. Calendron, H. Cankaya, D. N. Schimpf, L. E. Zapata, O. D. Mücke, N. H. Matlis, F. X. Kärtner, "Strategies for High Efficiency, High Energy, Multi-cycle THz-wave Generation", PIERS 2017, Oral presentation (2017)
- D. Zhang, A. Fallahi, X. Wu, M. Fakhari, H. Cankaya, A.-L. Calendron, C. Zhou, W. R. Huang¹, Frederike Ahr, F. Lemery, W. Qiao, N. H. Matlis, F. X. Kärtner, "Thz Driven Electron Acceleration With a Multilayer Structure“, IPAC'17, Oral presentation ID3048 (2017)