

MBI Interner Newsletter

11. Jahrgang - Ausgabe 39 - August 2020

Inhalte
Editorial
Personalinformationen / Preise
Betriebsrat / Work Council
Vereinbarkeit Beruf und Familie /Work and Family
Gleichstellung/Equal Opportunity
Projekteinwerbung
Forschungsergebnisse/Research Highlights
EDV/IT
Allgemeines / General

Editorial

Liebe Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter,

Unter dem Einfluss der anhaltenden COVID-19-Krise hat sich in den letzten Monaten die Art und Weise, wie viele von uns ihrer Arbeit nachgehen, recht deutlich verändert. Anstelle von vollen Tagesordnungen bei Konferenzen und häufigen Reisen rund um den Globus haben wir uns an Online-Meetings mittels verschiedener Videoplattformen gewöhnt. Anstatt täglich nach Adlershof zur Arbeit zu kommen, haben wir die Vor- und Nachteile der Arbeit von zu Hause aus kennengelernt. Die COVID-19-Krise kann somit nach wie vor sowohl als Herausforderung als auch als Chance angesehen werden.

Eine Herausforderung angesichts der Schwierigkeiten, mit denen wir uns bei der Arbeit im Home Office konfrontiert sehen, weil z.B. einige unserer täglichen Aufgaben am Institut einfach nicht von zu Hause aus erledigt werden können, oder weil wir einen Weg finden müssen, die vielen informellen Gespräche zu ersetzen, die wir täglich mit unseren Kollegen bei der Arbeit im Labor oder beim Kaffee oder Mittagessen führen. Manche finden es vielleicht schwierig, selbst eine feste Arbeitsroutine zu entwickeln oder die Kinder, die erstaunt sind, dass Mama oder Papa so viel Zeit zu Hause verbringen, erfordern viel Aufmerksamkeit.

Eine Gelegenheit bedeutet die Krise, da sie eine Auszeit von der Arbeit im Labor verschafft, Zeit, um endlich das Paper zu schreiben, das im Regal liegt, oder um vielleicht einen Plan zu erstellen, wie das Weiterleben des Labors in den kommenden Jahren sichergestellt werden kann. Weil (in meinem Fall) die Arbeit im Home Office die Chance bot, endlich eine Berechnung durchzuführen, über die ich schon einige Zeit nachgedacht habe. Die Erfahrung hat uns gezeigt, dass es auf einmal viel einfacher war, sich mit Kollegen rund um den Globus online zu treffen und mit ihnen zu diskutieren, und das Ganze auch noch klimaneutral. Und sofern man sich im Vorfeld darauf geeinigt hatte, das Gespräch auch noch in Begleitung eines Gläschen Weins zu führen, dann ähnelte das fast schon einem Gespräch, wie sie so häufig nach dem Abendessen auf einer Konferenz zustande kommen.

Editorial

Dear Members of the MBI,

Under the influence of the ongoing COVID-19 crisis, the past few months have substantially changed the way in which many of us have been doing our work. Instead of busy conference schedules and frequent travels around the globe, we have become accustomed to online meetings using a range of available video platforms. And instead of coming to work in Adlershof on a daily basis, we have discovered the advantages and disadvantages of working from home. As such, the COVID-19 crisis continues to be both a challenge and an opportunity.

A challenge, in the face of difficulties that we may face when working from home, because some of our daily activities at the institute cannot be carried out from home, because we have to find a way to replace the informal discussions that we have with our colleagues when working side-by-side in the lab, over coffee or over lunch, or because we may find it difficult to keep a steady working routine by ourselves. Or, because of attention that needs to be given to children who are amazed that mom or dad is spending so much time at home!

An opportunity, because a time-out from working in the laboratory creates the time to finally write the paper that we had lying on the shelf, or the proposal that ensures the viability of the lab in the coming years. Because (in my case) working from home created the chance to carry out the computational project that I had been considering for some time. Or, because the experience showed us that with everybody working from home it was much easier to meet with colleagues around the globe in online discussions, and moreover in climate-neutral manner. When agreeing ahead of time that these discussions would be accompanied by a glass of wine, they almost resembled the after-dinner discussions at a conference.

It is important that we continue to meet these challenges and exploit these opportunities, because there is every indication that the COVID-19 crisis is going to stay with us for some time to come. At the time that this editorial is written, many of us

MBI Interner Newsletter

11. Jahrgang - Ausgabe 39 - August 2020

Es ist wichtig, dass wir uns diesen Herausforderungen weiterhin stellen bzw. die Chancen nutzen, denn alle Anzeichen sprechen dafür, dass uns die COVID-19-Krise noch einige Zeit erhalten bleibt. Zum jetzigen Zeitpunkt sind viele von uns glücklicherweise wieder in der Lage, täglich ins Institut zu kommen. Solange wir bei der Einhaltung der Hygienevorschriften, die das überhaupt erst möglich machten, wachsam bleiben, können wir auch darauf hoffen, so weitermachen zu können. Aber wir müssen jederzeit bereit sein, ins Home Office zurückzukehren, sollte dies die Situation erfordern. Wenn die COVID-19-Krise einmal wirklich hinter uns liegt, dann werden wir feststellen, dass diese Zeit zu nachhaltigen Veränderungen in der Organisation unseres Arbeitslebens geführt hat.

Bevor ich zum Ende komme, möchte ich Stefan Eisebitt für seine inspirierende und akribische Art danken, wie er das Institut als Geschäftsführender Direktor in den letzten Jahren geleitet hat. Am 1. September werde ich Stefan ablösen. Einerseits kommt dieser Wechsel zu einer Zeit, in der das Institut, nachdem es seine Evaluierung mit Bravour bestanden hat, in sehr guter Verfassung ist. Auf der anderen Seite kommt die Veränderung zu einer Zeit, in der erhebliche Herausforderungen bevorstehen. In den nächsten Jahren müssen wir einen Nachfolger für Thomas Elsaesser finden, der 2022 als Direktor in den Ruhestand geht, und das Institut muss unter noch deutlich engeren finanziellen Rahmenbedingungen als bisher wettbewerbsfähig bleiben. Darüber hinaus muss eine Antwort auf die Empfehlungen aus dem Evaluierungsbericht gefunden werden, wie die Erhöhung der Einnahmen aus drittmittelfinanzierten Projekten um 50% sowie die Erhöhung der Anzahl von Frauen in Leitungspositionen. Wichtige Herausforderungen, die wir – wie die COVID-19-Krise – frontal angehen müssen, um sicherzustellen, dass das Institut auch in Zukunft so erfolgreich bleiben kann wie in den letzten Jahren.

Für das Direktorium:
Marc Vrakking

are fortunately once again able to come to the institute on a daily basis. As long as we stay vigilant in observing the hygiene rules that made this possible, we may hope to continue in this manner. But we have to be prepared to return to home office if and when the situation requires to do so. Perhaps, when the COVID-19 crisis is truly behind us, we may find that going through this period has made lasting changes in the way that we organize our working life.

Before ending this editorial, I would like to thank Stefan Eisebitt for the inspiring and meticulous way that he has shepherded the institute as managing director in the last few years. From September 1st, I will be taking over from Stefan. On the one hand, this change comes at a time that the institute is in very good shape, just having passed its evaluation with flying colors. On the other hand, this change comes at a time when significant challenges loom ahead. In the next few years, the institute needs to find a successor for Thomas Elsaesser, who will retire as director in 2022, and the institute needs to remain competitive under financial conditions that are clearly becoming tighter than before. Moreover, the institute needs to find a response to some of the recommendations that were given in the evaluation report, such as raising the income from third-party funded projects by 50% and raising the number of women in the senior management of the institute. Important challenges, that – like the COVID-19 crisis – we need to face head-on in order to ensure that the institute can remain as successful in future as it has been in the last few years.

For the Board of Directors:
Marc Vrakking

MBI Interner Newsletter

11. Jahrgang - Ausgabe 39 - August 2020

Personalinformationen

Neue Mitarbeiter und Gäste des Max-Born-Instituts
(Stand: 12.08.2020 - alphabetische Reihenfolge)

Dacasa, Hugo
Gastwissenschaftler A2
Tel. n.n.
E-Mail: dacasa@mbi-berlin.de
Beginn: 02.08.2020

Ghosh, Sanat
Gastwissenschaftler A2
Tel. n.n.
E-Mail: sghosh@mbi-berlin.de
Beginn: 02.08.2020

Pisanty Alatorre, Emilio
Gastwissenschaftler T1
Tel. 1207
E-Mail: pisanty@mbi-berlin.de
Beginn: 08.07.2020

Murillo, Marta Luisa
Gastwissenschaftlerin A2
Tel. n.n.
E-Mail: murillo@mbi-berlin.de
Beginn: 02.08.2020



Burkhardt, Mattheus
Carlström, Stefanos, Dr.
Dammer, Katharina
Eckert, Sebastian, Dr.
Filus, Zoltán
Haacke, Stefan, Prof.
Harvey, Alex, Dr.
Hofmaier, Myriam
Hüneburg, Katharina
Jasiulek, Michael, Dr.
Kaushal, Jivesh, Dr.
Knispel, Rosita
Major, Balasz, Dr.
Tímár-Grósz, Tímea, Dr.
Woeste Jonas



Praktikant A2
Gastwissenschaftler T1
Masterstudentin, B2
Wissenschaftler, C1
Gastwissenschaftler A1
Gastwissenschaftler A2
Wissenschaftler, T2
Praktikantin Bt
Drittmittelsachbearbeiterin
Wissenschaftler, C2
Wissenschaftler, T2
Drittmittelsachbearbeiterin
Gastwissenschaftler A1
Gastwissenschaftlerin A1
Masterstudent, C1

Habilitationen/Abgeschlossene Dissertationen/
Master- & Diplomarbeiten

M. Hennecke

Ultrafast spin dynamics of a ferrimagnet revealed by femtosecond soft X-ray and XUV radiation
Dissertation (Technische Universität Berlin) 2020



Herzlichen Glückwunsch zur abgeschlossenen Ausbildung!

Wir gratulieren unseren (nun ehemaligen) Auszubildenden, Laura Aslangereev und Florenz Legler zur abgeschlossenen Berufsausbildung.
Wir wünschen beiden für ihre weiteren beruflichen und privaten Wege alles Gute.

MBI Interner Newsletter

11. Jahrgang - Ausgabe 39 - August 2020

Betriebsrat

Mobiles Arbeiten am MBI – geht das?

Diese zugegebenermaßen etwas provokant gestellte Frage lässt sich, liebe Kolleginnen und Kollegen, nach den Erfahrungen der vergangenen Monate recht einfach mit „Ja“ beantworten. Gewissermaßen aus der Not geboren, zwang die Covid-19-Pandemie sehr kurzfristig dazu, Verfahren am Institut zu etablieren, die das mobile Arbeiten schnell und unbürokratisch ermöglichten. Allen Zweifeln zum Trotz, funktionierten die neuen Arbeitsabläufe erstaunlich gut und halfen, zum einen das Infektionsrisiko der Belegschaft zu minimieren und zum anderen die wissenschaftliche, administrative und technische Tätigkeit bestmöglich fortführen zu können.

Natürlich ist klar, dass sich das mobile Arbeiten künftig nicht in dem Umfang fortführen lässt, wie das in den vergangenen Monaten der Fall war. Nicht jede Tätigkeitsart ist von ihrem Charakter her gleichermaßen gut für das mobile Arbeiten geeignet. Der Betriebsrat vertritt jedoch die Auffassung, dass keine Beschäftigtengruppe von vornherein von diesem Arbeitsmodell ausgeschlossen werden darf. Vielmehr kommt es darauf an, dass einzelfallbezogen durch die oder den Vorgesetzten geprüft wird, ob dem Wunsch einer Mitarbeiterin bzw. eines Mitarbeiters nach mobilen Arbeiten entsprochen werden kann.

Mobiles Arbeiten vs Home Office

Wichtig ist es in diesem Zusammenhang, mobiles Arbeiten als ein gelegentliches Arbeiten außerhalb des Instituts von dem im allgemeinen Sprachgebrauch häufig verwendeten Begriff des „Homeoffice“ abzugrenzen. „Homeoffice“ würde bedeuten, dass die Arbeit zum überwiegenden Teil von zu Hause aus erledigt wird und damit ein komplett anderer rechtlicher Rahmen wie zum Beispiel die Arbeitsstättenrichtlinie für einen Arbeitsplatz im häuslichen Bereich gelten würde.

Im Rahmen des Audits „Beruf und Familie“ gab es einen Workshop, der die Thematik des mobilen Arbeitens zum Inhalt hatte. Das Resultat war, dass am Institut entsprechende Lösungen geschaffen werden sollen, um eine bessere Vereinbarkeit von Beruf und Familie zu realisieren. Bei den damaligen Überlegungen spielten die besonderen Herausforderungen, mit denen wir jetzt während der Pandemie konfrontiert sind, noch keine Rolle.

Um im Falle einer zweiten Welle der Pandemie oder vergleichbaren Fällen besser gewappnet zu sein, kommt es jetzt darauf an, die organisatorischen und technischen Voraussetzungen für mobiles Arbeiten am Institut zu verstetigen und die notwendigen Verfahren zu etablieren. Der Betriebsrat ist mit dem Direktorium im Gespräch, ob der Abschluss einer Betriebsvereinbarung ein geeignetes Werkzeug wäre, um die Rahmenbedingungen für das mobile Arbeiten institutseinheitlich zu regeln. Die Hinweise, Erfahrungen und Wünsche der Belegschaft sind dabei für uns auf jeden Fall sehr hilfreich.

Works Council

Mobile working at the MBI – is that possible?

This admittedly somewhat provocative question, dear colleagues, can be answered quite simply with „yes“ after the experiences of the past months. Born out of necessity, so to speak, the Covid 19 pandemic forced very shortly to establish procedures at the institute that made mobile work quick and unbureaucratic. Despite all doubts, the aligned workflows worked particularly well and helped to minimize the risk of infection of the Institute's staff members on the one hand and to continue the scientific, administrative and technical work as best as possible on the other hand.

Of course, it is clear that mobile work will not be able to continue to the extent that has been the case in the past few months. Not every type of activity and remit are equally well suited for mobile work in terms of its character. However, the works council is of the opinion that no group of staff members can be excluded from this work model from the outset. The point here is that the supervisor checks on a case-by-case basis whether an employee's request for mobile work can be met.

Mobile working vs home office

In this context, it is important to distinguish mobile work as occasional work outside the institute respectively at home from the term „home office“ that is often used in common usage. „Home office“ would mean that most of the work is done from home. Under this assumption a completely different legal framework, such as „the workplace regulations to a workplace at home“, would then apply.

As part of the „Work and Family“ audit, there was a workshop on the subject of mobile working. The result was that appropriate solutions should be created at the institute in order to achieve a better work-life balance. The particular challenges we now face during the pandemic did not yet play a role in the considerations that time.

In order to be better equipped in case of a second wave of the pandemic or other incidents on this scale, it is now vital and essential to confirm the organizational and technical requirements for mobile work at the institute and to establish the necessary procedures within a sound but flexible regulatory framework. The works council is in discussion with the board of directors as to whether the conclusion of a works agreement would be a suitable tool to regulate the framework conditions for mobile working across the institute.

All information, experiences and wishes in this context of all staff members are definitely very helpful for us.

Viele Grüße im Namen des Betriebsrates/
Best regards on behalf of the works council
Peter Scholze

Forschungsergebnisse

Hammer-on – wie man Atome schneller schwingen lässt

Schwingungen von Atomen in einem Kristall des Halbleiters Galliumarsenid (GaAs) lassen sich durch einen optisch erzeugten Strom impulsiv zu höherer Frequenz verschieben. Die mit dem Strom verknüpfte Ladungsverschiebung zwischen Gallium- und Arsen-Atomen wirkt über elektrische Wechselwirkungen zurück auf die Schwingungen.

Hammer-on ist eine von vielen Rockmusikern benutzte Technik, um mit der Gitarre schnelle Tonfolgen zu spielen und zu verbinden. Dabei wird eine schwingende Saite mit einem zweiten Finger verkürzt, um zu einem höheren Ton zu wechseln. Forscher aus Berlin und Paris haben jetzt eine analoge Methode für atomare Schwingungen in einem Kristall demonstriert. Durch einen impulsiv erzeugten elektrischen Strom lässt sich die Schwingungsfrequenz der Atome verändern. Wie sie in der neuesten Ausgabe der Zeitschrift *Physical Review Letters* berichten, erhöht ein durch optische Anregung mit Femtosekunden-Lichtimpulsen erzeugter Strom die Frequenz bestimmter Schwingungen des Kristallgitters, der transversal optischen (TO) Phononen.

Das Kristallgitter von GaAs besteht aus einer regelmäßigen Anordnung von Gallium- und Arsenatomen, die durch kovalente chemische Bindungen zusammengehalten werden (Abb. 1). Die Atome des Kristallgitters können eine Vielzahl von Schwingungsbewegungen ausführen, darunter die TO Phononen mit einer Frequenz von 8 THz = 8 000 000 000 000 Schwingungen pro Sekunde. Die Elektronendichte der Arsenatome ist etwas höher als diejenige der Galliumatome, was zu einem lokalen elektrischen Dipolmoment führt und das Kristallgitter elektrisch polar macht. Damit werden Schwingungsbewegungen der Atome empfindlich für elektrische Kräfte.

In den Experimenten regte ein erster ultrakurzer optischer Impuls die TO-Schwingung der Atome an. Die Schwingung wurde durch einen zweiten Impuls gestört, der Elektronen vom Valenz- ins Leitungsband des Halbleiters beförderte. Diese Anregung führt zu einer Ladungsverschiebung zwischen den Atomen, dem Verschiebestrom. Dabei wird die Elektronendichte der Galliumatome leicht erhöht und eine kurzzeitige elektrische Polarisation erzeugt. Letztere ist mit einer elektrischen Kraft verbunden, die auf die atomaren Schwingungen zurückwirkt und deren Frequenz verschiebt.

Die Messung extrem kleiner Verschiebungen der Phononfrequenz stellt eine besondere experimentelle Herausforderung dar. Hier wurde die TO-Phonon-Schwingung direkt über die THz-Welle verfolgt, welche das schwingende Dipolmoment des Kristallgitters abstrahlt. Die THz-Welle wurde zeitaufgelöst in Amplitude und Phase mit höchster Präzision vermessen (Abb. 2). Sie weist eine Frequenzerhöhung auf, nachdem der zweite Impuls den Verschiebestrom erzeugt hat. Diese Frequenzver-

Research Highlights

Hammer-on technique for atomic vibrations in a crystal

Vibrations of atoms in a crystal of the semiconductor gallium arsenide (GaAs) are impulsively shifted to a higher frequency by an optically excited electric current. The related change in the spatial distribution of charge between gallium and arsenic atoms acts back on their motions via electric interactions.

To hammer-on a guitar, a technique deployed by many rock guitarists, means to shorten a vibrating string quickly with a second finger and, thus, switch to a higher tone. This technique allows for faster playing and legato, a smoother linking of subsequent tones. Researchers from Berlin and Paris have now demonstrated a hammer-on analogue in crystals by switching the frequency of atomic motions with an impulsively generated electric current. As they report in the most recent issue of the journal *Physical Review Letters*, an electric current generated by femtosecond optical excitation shifts particular lattice vibrations, the transverse optical (TO) phonons, to a higher frequency.

The crystal lattice of GaAs consists of a regular arrangement of gallium and arsenic atoms (Fig. 1) held together by covalent chemical bonds. The atoms in the lattice can undergo a variety of vibrations, among them the TO phonon with a frequency of 8 THz = 8 000 000 000 000 vibrations per second. The electron density on the arsenic atoms is somewhat higher than on the gallium atoms, leading to a local electric dipole moment and making the crystal lattice electrically polar. This property makes the vibrational motion susceptible to electric forces.

In the experiments, a first femtosecond optical pulse launches a TO phonon oscillation, which is disturbed by a second pulse exciting electrons from the valence to the conduction band of the semiconductor. This excitation is connected with a shift of local charge, i.e., a so-called electric shift current. The shift current enhances the electron density on the gallium atoms. This change in the crystal's electron distribution leads to a transient electric polarization, which generates an electric force and, thus, acts back on the TO phonon motion. As a result, the TO phonon frequency in the excited crystal changes by a small amount.

The measurement of the tiny phonon frequency shift represents a big experimental challenge. In the present study, the TO phonon oscillation was mapped in real-time via the THz wave radiated from the oscillating phonon dipole moment. The THz wave was measured in amplitude and phase with extremely high precision (Fig. 2). The radiated THz wave displays a frequency up-shift after the second pulse has interacted with the sample. The frequency shift is obvious from the slightly shorter oscillation period of the THz wave (red trace in Fig. 2) compared to the case without the second pulse (black trace). The up-shift of the TO phonon frequency has a value of 100

MBI Interner Newsletter

11. Jahrgang - Ausgabe 39 - August 2020

schiebung ist in Abb. 2 an der etwas kürzeren Schwingungsperiode (rote Kurve) im Vergleich zur ungestörten Schwingung (schwarze Kurve) zu erkennen. Die Frequenz des TO-Phonons ist um 100 GHz oder ungefähr 1% der anfänglichen Frequenz erhöht. Eine genaue Analyse der experimentellen Ergebnisse zeigt, dass es hierfür ausreicht, wenn ein Elektron pro 20000 Elementarzellen durch Photoanregung verschoben wird. Die hier erstmals beobachtete Verschiebung der TO-Phonon-Frequenz sollte in anderen Halbleitermaterialien mit polarem Gitter und in Ferroelektrika ebenfalls auftreten.

Contact: A. Ghalgaoui, Tel. 1471, K. Reiman, Tel. 1476, M. Woerner, Tel. 1470, T. Elsaesser, Tel. 1400

GHz or approximately 1 percent of the initial frequency. An analysis of the experimental results shows that one photo-excited electron in a crystal volume of 20 000 GaAs unit cells induces the one-percent frequency up shift. The change of TO phonon frequency observed here for the first time should also occur in a wider range of semiconductors with a polar lattice and in ferroelectric materials.

Original publication:

Ahmed Ghalgaoui, Klaus Reimann, Michael Woerner, Thomas Elsaesser, Christos Flytzanis, and Klaus Biermann
„Frequency upshift of the transverse optical phonon resonance in GaAs by femtosecond electron-hole excitation“
Physical Review Letters **125** (2020) 027401/1-5. DOI:/10.1103/
<https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.125.027401>

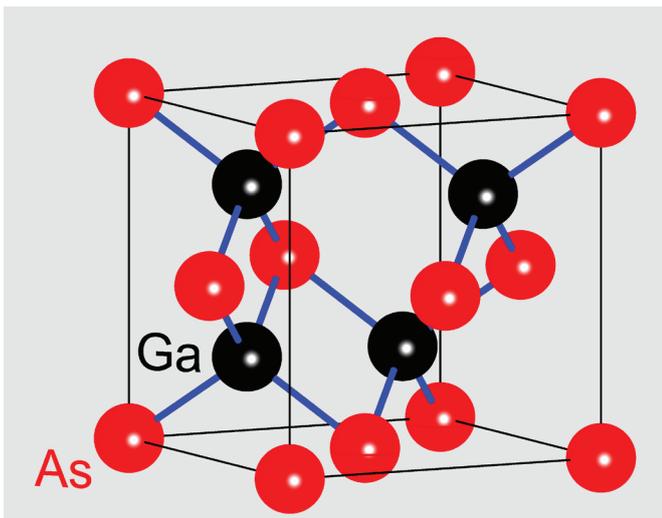


Abb. 1

Abb. 1. Elementarzelle von Galliumarsenid (Würfel mit einer Kantenlänge von 0.56 nm [ein millionstel von 0.56 mm]) mit Galliumatomen (schwarz) und Arsenatomen (rot), die durch kovalente Bindungen (blau) zusammengehalten werden. Ein Galliumarsenidkristall besteht aus vielen Milliarden solcher Einheitszellen.

Fig. 1.

Unit cell (a cube having an edge length of 0.56 nm [one millionth of 0.56 mm]) of gallium arsenide with gallium (black) and arsenic atoms (red) connected by covalent bonds (blue). A gallium arsenide crystal consists of many billions of such unit cells.

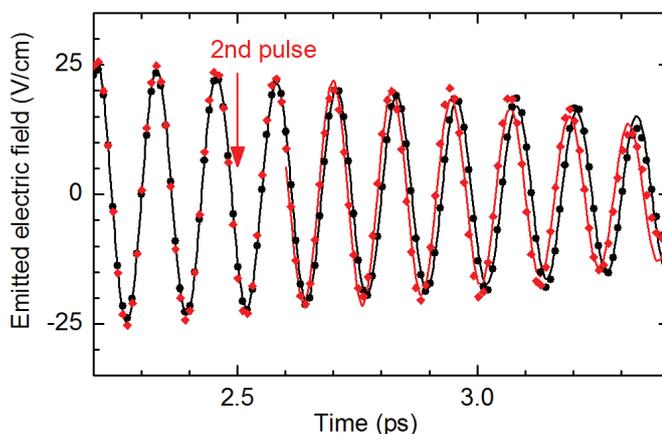


Abb. 2

Abb. 2. Von TO-Phononen emittiertes elektrisches Feld mit (rot) und ohne (schwarz) Anregung durch einen zweiten optischen Impuls. Das elektrische Feld ist als Funktion der Zeit gezeigt. Der zweite Impuls führt zu einer Verkürzung der Schwingungsperiode was einer Frequenzerhöhung von 8 auf 8.1 THz entspricht.

Fig. 2

THz emission of the TO phonons with (red) and without (black) excitation by a second pulse. The electric field is plotted as a function of time. The second optical pulse leads to a shortening of the oscillation period, corresponding to an increase of the frequency from 8 to 8.1 THz.

Forschungsergebnisse

Synthetische Dimensionen höherer Ordnung in Gittern aus photonischen Wellenleitern: Parallelisieren von hochdimensionalen Zufallsbewegungen

Die intuitive Beschreibung der Zeitentwicklung eines physikalischen Systems geschieht normalerweise durch die Angabe von Funktionen der raum-zeitlichen Koordinaten. Andererseits gibt es auch Freiheitsgrade, durch die sich eine Zeitentwicklung betrachten lässt und die nicht ohne weiteres durch räumliche Koordinaten erfasst werden können.

Diese Tatsache ist die Grundlage des Begriffs der synthetischen Dimensionen: Koexistierende Strukturen in denen eine Wellenfunktion, welche durch geeignete Freiheitsgrade definiert wird, eine neue Gestalt annimmt und dadurch in einem abstrakten Phasenraum „lebt“, dessen Dimensionalität weit höher sein kann als die Geometrie der ursprünglichen Struktur vermuten lässt. Ein derartiger Zugang ist besonders deshalb attraktiv, da sich dadurch Dimensionen jenseits unserer 3-dimensionalen Welt ansteuern und untersuchen lassen.

In unserer Veröffentlichung haben wir gezeigt, dass sich im abstrakten Raum der Photon-Anzahlzustände auf natürliche Weise eine Vielzahl hoch-dimensionaler synthetischer Gitter erzeugen lassen, indem ein mehrkanaliges photonisches Gatter durch N ununterscheidbare Photonen angeregt wird. Tatsächlich führt die Fock-Darstellung eines N -Photon-Zustands in einem System aus M evaneszent gekoppelten, einmodigen Wellenleitern zu einer neuen abstrakten Beschreibungsebene in der die Zustände als Energieniveaus eines synthetischen Atoms betrachtet werden können. In kompletter Analogie zu realen Atomen zeigen solche synthetischen Atome erlaubte und verbotene Übergänge zwischen ihren Energieniveaus.

Diese Konzepte haben weitreichende Auswirkungen, da sie einen neuen Weg eröffnen zur gleichzeitigen Verwirklichung einer prinzipiell unbeschränkten Anzahl von Gittern und Graphen mit unterschiedlich vielen Knoten und Dimensionen. Dadurch lassen sich z.B. hochgradig-parallelisierte quantenmechanische Zufallsbewegungen realisieren, bei denen der Irrläufer verschiedene Anzahlen an Schritten in verschiedenen planaren, nicht-planaren und mehr-dimensionalen Graphen ausführen kann, welche von der Zahl der Photonen abhängt, die im jeweiligen Prozess involviert sind. Beispielsweise können solche quantenmechanischen Irrläufe durch eine Standard-Lichtquelle, welche eine kohärente Überlagerung von Zuständen bereitstellt, realisiert werden (z.B. ein Laser, dessen Emission mit einem kohärenten Zustand $|\alpha\rangle$ korrespondiert (Fig. 1)). In ähnlicher Weise zeigen sich, bei symmetrischer Anregung von zwei Wellenleitern mit identischen Photonen und geeigneter Betrachtung mittels der Fock-Darstellung, die Phänomene der diskreten Beugung und Bloch-Oszillationen im synthetischen Raum (Fig. 2).

Research Highlights

High-order synthetic dimensions in waveguide photonic lattices: parallelizing high-dimensional random walks

In physics, a very intuitive way of describing the evolution of a system proceeds via the specification of functions of the spatiotemporal coordinates. Yet, there often exist other degrees of freedom in terms of which the physical entities pertaining to a variety of structures can be seen to evolve and that are not amenable to a description via spatial coordinates.

This is precisely the idea of synthetic dimensions: coexisting frameworks in which a wavefunction, defined in specific degrees of freedom, takes another form that “lives” in a domain with much higher dimensions than what the structures’ (apparent) geometry would suggest. This approach is rather appealing as it can be used to access and probe dimensions beyond our 3-dimensional world, e.g. 5-dimensional or 8-dimensional, etc. In our recent work we have shown that a multitude of high-dimensional synthetic lattices naturally emerge in (abstract) photon-number space when a multiport photonic lattice is excited by N indistinguishable photons (see Fig. 1). More precisely, the Fock-representation of N -photon states in systems composed of M evanescently coupled single-mode waveguides yields to a new layer of abstraction, where the associated states can be visualized as the energy levels of a synthetic atom. In full analogy with ordinary atoms, such synthetic atoms feature allowed and disallowed transitions between its energy levels.

These concepts have far-reaching implications as they open a route to the simultaneous realization of, in principle, an infinite number of lattices and graphs with different numbers of nodes and many dimensions. This possibility is rather appealing for realizing parallel quantum random walks where the corresponding walkers can perform different numbers of steps on different, planar and nonplanar, multidimensional graphs that depend on the number of photons involved in each process. These quantum walks can be implemented, for instance, by exciting a simple four-waveguide system with a standard quantum light source comprising infinite coherent superpositions of states, e.g. a coherent state $|\alpha\rangle$ (Fig. 1). Similarly, the symmetric excitation of a two-waveguide system with identical photons, when properly viewed in abstract space, feature the phenomena of discrete diffraction and Bloch oscillations (Fig. 2).

Original publication:

Konrad Tschernig, Roberto de J. León-Montiel, Armando Pérez-Leija, Kurt Busch „Multiphoton synthetic lattices in multiport waveguide arrays: synthetic atoms and Fock graphs “
Photonics Research 8(7), 1161 (2020)

<https://www.osapublishing.org/prj/abstract.cfm?uri=prj-8-7-1161>

MBI Interner Newsletter

11. Jahrgang - Ausgabe 39 - August 2020

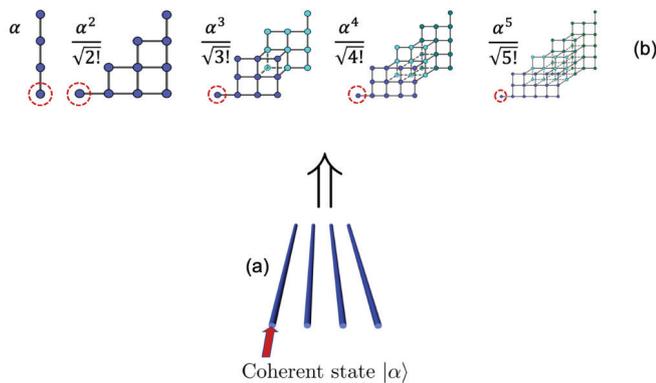


Figure 1:

(a) Schema für ein Gatter aus vier Wellenleitern, das durch einen kohärenten Zustand angeregt wird (der rote Pfeil zeigt auf den angeregten Wellenleiter).

(b) Synthetische Graphen, die sich für den in (a) gezeigten Aufbau aus Wellenleiter-Gatter und Anregung durch einen kohärenten Zustand ergeben. Aufgrund der Anregung durch einen kohärenten Zustand ist die Wahrscheinlichkeit des Auftretens für jedes Ereignis gegeben durch $\alpha^n/\sqrt{n!}$

Figure 1:

(a) Scheme of a four-waveguide array excited by a coherent state $|\alpha\rangle$ (red arrow indicates the excited waveguide).

(b) Synthetic graphs emerging from the coherent state excitation of the system in (a). Since we are exciting with a coherent state, the probability amplitudes for each event are given by $\alpha^n/\sqrt{n!}$

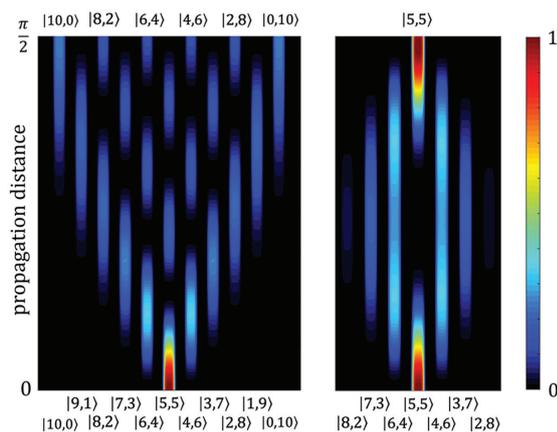


Figure 2:

Diskrete Beugung und Bloch-Oszillationen im abstrakten Fock-Raum der durch einen einfachen Strahlteiler aus zwei Wellenleitern hervorgeht, die durch den Zustand $|5,5\rangle$ mit 10 Photonen angeregt werden

Figure 2:

Discrete diffraction and Bloch oscillations in abstract Fock-space that emerge from a simple two-waveguide beam splitter system excited by the ten-photon state $|5,5\rangle$.

MBI Interner Newsletter

11. Jahrgang - Ausgabe 39 - August 2020

Forschungsergebnisse

Licht aus dem Inneren des Tunnels

Physiker vom MBI und der Universität Rostock haben jetzt einen bislang unbekanntem Mechanismus für optische Nichtlinearität aufgedeckt und ihre Ergebnisse nun in „Nature Physics“ veröffentlicht. Der Mechanismus entsteht durch das lichtinduzierte Tunneln von Elektronen im Inneren von nichtleitenden Stoffen. Das Tunneln bezeichnet einen Quantenprozess, bei dem ein Elektron auf einem klassisch verbotenen Weg eine Barriere durchquert, die durch die kombinierte Wirkung der Lichtkraft und des atomaren Potentials entsteht. Für Strahlungsintensitäten nahe der Zerstörungsschwelle des Materials wird der beim Tunneln entstehende nichtlineare Strom zur dominanten Quelle heller Lichtblitze, die Harmonische niedriger Ordnung der einfallenden Strahlung sind.

Diese Ergebnisse des Forscherteams erweitern nicht nur das grundlegende Verständnis von optischer Nichtlinearität elektrisch nichtleitender Materialien, sondern auch das Potenzial für ihre Anwendung in der Informationsverarbeitung und optischer Materialverarbeitung erheblich. Das heutige Verständnis von nichtlinearer Optik bei moderaten Lichtintensitäten basiert auf der sogenannten Kerr-Nichtlinearität, die die nichtlineare Verschiebung fest gebundener Elektronen unter dem Einfluss eines einfallenden optischen Lichtfeldes beschreibt. Dieses Bild ändert sich dramatisch, wenn die Intensität dieses Lichtfeldes hoch genug ist, um die gebundenen Elektronen aus ihrem Grundzustand herauszuschleudern, was bei langen Wellenlängen des einfallenden Lichtfeldes mit dem Phänomen des Tunnelns beschrieben wird.

Dass die Elektronen, die am „Ende des Tunnels“ entstanden sind, eine wichtige Quelle für optische Nichtlinearität darstellen, ist bereits seit den 1990er Jahren aus bahnbrechenden Arbeiten des kanadischen Wissenschaftlers François Brunel bekannt. Dieser Tunnelprozess findet mit maximaler Wahrscheinlichkeit am Scheitelpunkt der Lichtwelle statt. Brunel hatte gezeigt, dass die Elektronenbewegung nach dem Verlassen des Tunnels eine Quelle für eine intensive Lichtemission darstellt. Dieses Bild hat sich nun grundlegend geändert. „In dem neuen Experiment an Glas konnten wir zeigen, dass der mit dem quantenmechanischen Tunnelprozess verbundene Strom selbst eine optische Nichtlinearität erzeugt, die den traditionellen Brunel-Mechanismus deutlich übertrifft“, erklärt A. Mermillod-Blondin der das Experiment leitete. Bei dem Experiment wurden zwei ultrakurze Lichtpulse mit unterschiedlichen Wellenlängen und leicht unterschiedlichen Ausbreitungsrichtungen auf eine dünne Platte aus Glas fokussiert und eine zeit- und frequenz aufgelöste Analyse der entstehenden Lichtemission durchgeführt.

Research Highlights

Light from inside the tunnel

Steering and monitoring the light-driven motion of electrons inside matter on the time-scale of a single optical cycle is a key challenge in ultrafast light wave electronics and laser-based material processing. Physicists from the MBI and the University of Rostock have now revealed a so-far overlooked nonlinear optical mechanism that emerges from the light-induced tunneling of electrons inside dielectrics. For intensities near the material damage threshold, the nonlinear current arising during tunneling becomes the dominant source of bright bursts of light, which are low-order harmonics of the incident radiation. These findings, which have just been published in “Nature Physics”, significantly expand both the fundamental understanding of optical non-linearity in dielectric materials and its potential for applications in information processing and light-based material processing.

Our current understanding of non-linear optics at moderate light intensities is based on the so-called Kerr non-linearity, which describes the non-linear displacement of tightly bound electrons under the influence of an incident optical light field. This picture changes dramatically when the intensity of this light field is sufficiently high to eject bound electrons from their ground state. At long wavelengths of the incident light field, this scenario is associated with the phenomenon of tunneling, a quantum process where an electron performs a classically forbidden transit through a barrier formed by the combined action of the light force and the atomic potential.

Already since the 1990's and pioneered by studies from the Canadian scientist François Brunel, the motion of electrons that have emerged at the “end of the tunnel”, which happens with maximal probability at the crest of the light wave, has been considered as an important source for optical non-linearity. This picture has now changed fundamentally. “In the new experiment on glass, we could show that the current associated with the quantum mechanical tunneling process itself creates an optical non-linearity that surpasses the traditional Brunel mechanism”, explains A. Mermillod-Blondin who supervised the experiment. In the experiment, two ultrashort light pulses with different wavelengths and slightly different propagation directions were focused onto a thin slab of glass, and a time- and frequency-resolved analysis of the emerging light emission was performed.

Identification of the mechanism responsible for this emission was made possible by a theoretical analysis of the measurements that was performed by the group of T. Fennel. “The analysis of the measured signals in terms of a quantity that we termed the

MBI Interner Newsletter

11. Jahrgang - Ausgabe 39 - August 2020

Der Gruppe um Professor Thomas Fennel gelang es dann den für die Emission verantwortlichen Mechanismus zu identifizieren. „Umfangreiche Simulationen und die Analyse der gemessenen und vorhergesagten Signale mit Hilfe einer Kennzahl, die wir als effektive Nichtlinearität bezeichnen, waren der Schlüssel dazu. Damit wurde es möglich, den neuen Ionisationsstrommechanismus von anderen möglichen Mechanismen zu unterscheiden und seine Dominanz zu demonstrieren“, erklärt Fennel.

Der in dieser Studie entdeckte Mechanismus sowie die neue Metrologie zur Charakterisierung optischer Nichtlinearität könnten es Forschern in zukünftigen Studien ermöglichen, lichtgetriebene Ionisation und Lawinenbildung in dielektrischen Materialien mit bisher unerreichter Auflösung zeitlich aufzulösen und zu steuern – letztlich möglicherweise sogar auf der Zeitskala eines einzigen Lichtzyklus.

Kontakt: A. Mermillod-Blondin, Tel. 1214, T. Fennel, Tel. 1245, M.J. Vrakking, Tel. 1200

effective non-linearity was key to distinguish the new ionization current mechanism from other possible mechanisms and to demonstrate its dominance”, explains Fennel.

Future studies using this knowledge and the novel metrology method that was developed in the course of this work may enable researchers to temporally resolve and steer strong-field ionization and avalanching in dielectric materials with unprecedented resolution, ultimately possibly on the time-scale of a single cycle of light.

Original publication:

P. Jürgens, B. Liewehr, B. Kruse, C. Peltz, D. Engel, A. Husakou, T. Witting, M. Ivanov, M. J. J. Vrakking, T. Fennel and A. Mermillod-Blondin
„Origin of strong-field-induced low-order harmonic generation in amorphous quartz“
Nature Physics 2020

<https://www.nature.com/articles/s41567-020-0943-4>

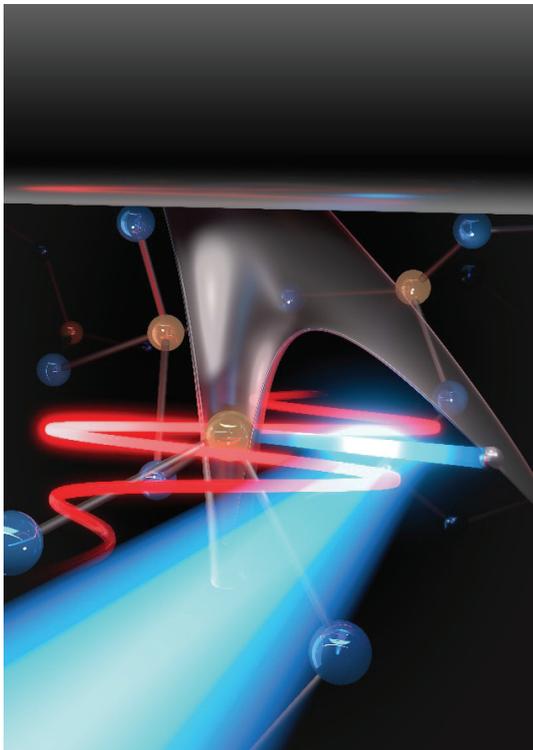


Abb.: Ein starkes optisches Lichtfeld (rot) erzeugt in amorphem Glas einen Tunnelstrom, der zu intensiver Lichtemission (blau) führt.

(Bildquelle: Universität Rostock, B. Liewehr).

Fig. Light emission (blue) from the current associated with light-induced electronic tunneling inside a transparent dielectric material due to excitation with a strong optical field (red).

(copyright: Uni Rostock, B. Liewehr)

MBI Interner Newsletter

11. Jahrgang - Ausgabe 39 - August 2020

Termine - Save the date

Online!

Donnerstag & Freitag, 24. und 25. September 2020

Wissenschaftlicher Beirat / SAB

Kein Herauskopieren, kein Vervielfältigungs- und Verbreitungsrecht der Bilder und Texte oder anderweitige Nutzung aus unserem MBI Internen Newsletter.

Copying, reproduction and distribution of any pictures or any other material of this Internal MBI Newsletter is prohibited.