

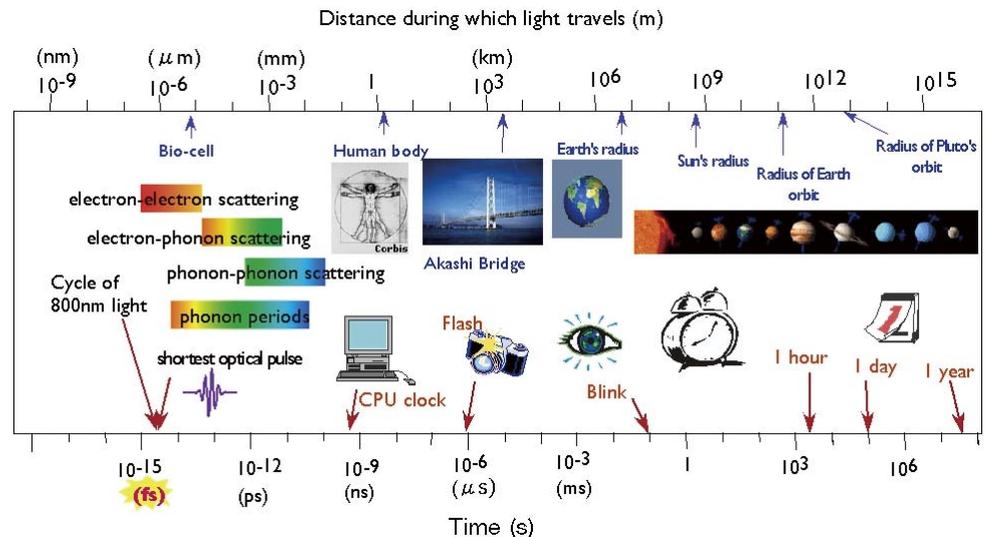
研究目的と概要 Mission and Outline

固体にフェムト秒の光パルスを照射すると、電子の励起に伴い、位相のそろった格子振動(コヒーレント・フォノン)が励起されます。その励起や緩和のダイナミックな過程には、固体の電子構造、フォノン・モードの対称性、励起光の強度、固体表面の状態などさまざまな要因が複雑に入り組んでいます。

わたしたちは半導体、金属、絶縁体の結晶やナノ構造体を対象に、フェムト秒時間分解光学測定的手法を用いてコヒーレントフォノンやキャリアー応答等を計測することにより、電子と格子が絡み合った光励起過程の超高速ダイナミクスを解明しています。また金属ナノ構造体における局在プラズモン励起の研究にも取り組んでいます。

Femtosecond optical pulses excites in-phase lattice vibrations (coherent phonons) in solids. The dynamic processes of their generation and relaxation are affected by many factors; phonon symmetry, electronic band structure of the solid, photoexcitation density, surface condition, etc. We are investigating the ultrafast dynamics of photoexcitation processes in solids, in which electrons and phonons are inextricably linked to each other, by observing the coherent phonons by means of time-resolved optical measurements. Recently, we have started a study on the localized plasmon dynamics for metal nanoparticle structures.

研究対象の時間スケール Time-scale of our research targets



さまざまな「超高速」現象の時間スケール(下軸)と、その時間の中に光が進む距離(上軸)。わたしたちの研究対象である固体中の電子やフォノンは、フェムト秒(fs)からピコ秒(ps)の間に生成し、相互作用し、消滅します。これは光がその間にせいぜい数 cm しか進まないほど短い時間です。

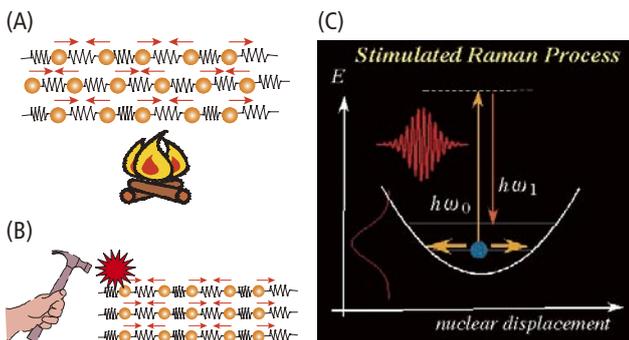
Time-scales for various "ultrafast" phenomena. Electrons and phonons in solids are created, interact each other, and are annihilated within femto- to picoseconds. This is such an ultrashort time that even the light travels less than several centimeters within it.

研究トピックス Research Topics

“コヒーレント” 対 “インコヒーレント” フォノン “Coherent” vs “Incoherent” phonons

有限の温度では固体を構成する原子は常に振動していますが、この熱振動は平衡状態かつ位相がランダムで (A)、生成や消滅などの時間発展を測定することができません。そこでパルス的な外力 (金槌の一撃) により、非平衡で位相が揃ったフォノンを創製し (B)、その時間発展を観測します。わたしたちの実験室では、超短パルス光が誘導ラマン過程 (C) を介して、コヒーレント・フォノンを励起する「金槌」の役割を果たします。

Atoms in solids are ever oscillating at finite temperature. This thermal vibration is in equilibrium and random in phase (A), so that its time-evolution such as creation and annihilation cannot be monitored. An impulsive force (a hit with a hammer) can generate non-equilibrium, in-phase (coherent) phonons (B). In our laboratory, ultrashort laser pulses work as the "hammer" exciting coherent phonons in solids via stimulated Raman process (C).



半導体・金属中の光励起電子・コヒーレントフォノン相互作用 Electron-Coherent phonon Interaction in Semiconductors and Semimetals

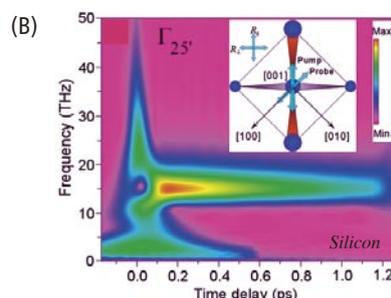
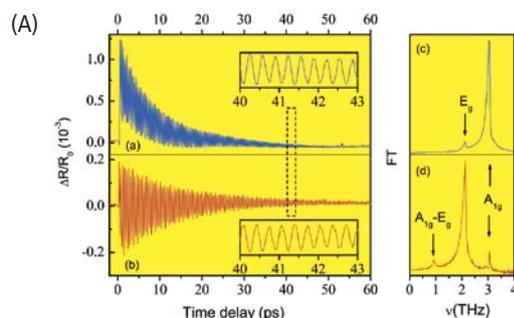
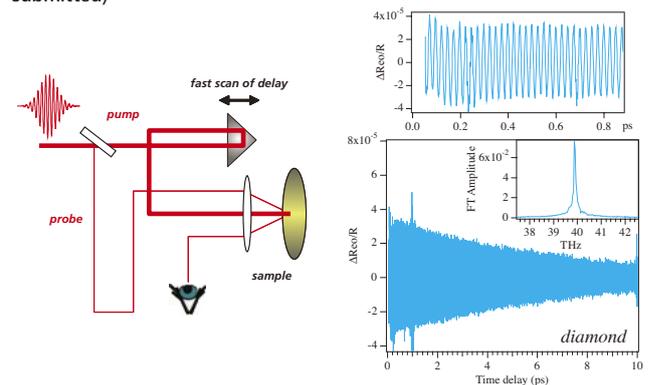
半金属ビスマスに短パルス光を照射して励起したコヒーレントフォノン (全対称振動 A_{1g} モードおよび非等方的 E_g) には、モード間のカップリング、ファノ干渉、および振幅が一旦減衰し復活する再帰現象 (recurrence) が見られます (ロシア固体物理学研究所との共同研究)。ファノ干渉はシリコンでも観測され、ピコ秒時間領域で緩和する光励起電子とフォノンの相互作用を反映しています。(ピッツバーグ大学との共同研究)

Coherent optical phonons of bismuth (A) exhibits interesting phenomena such as strong mode couplings, Fano interference, and amplitude recurrence (work collaborated with Russian Institute of Solid State Physics). Similar phenomenon is observed for Si (B), and is explained by the interaction between coherent phonons and photo-excited electrons, the latter of which relaxes typically in sub-picosecond time scale (work collaborated with Univ. Pittsburgh).

絶縁体のコヒーレント光学フォノン Coherent Optical Phonons in Insulators

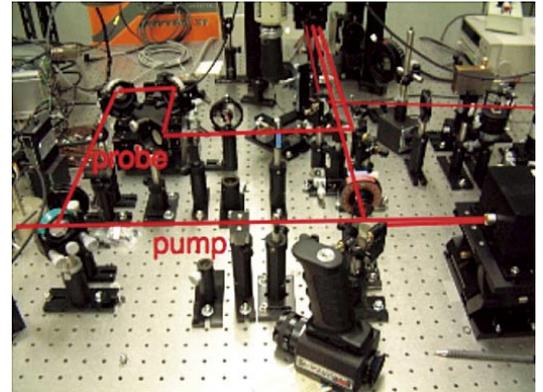
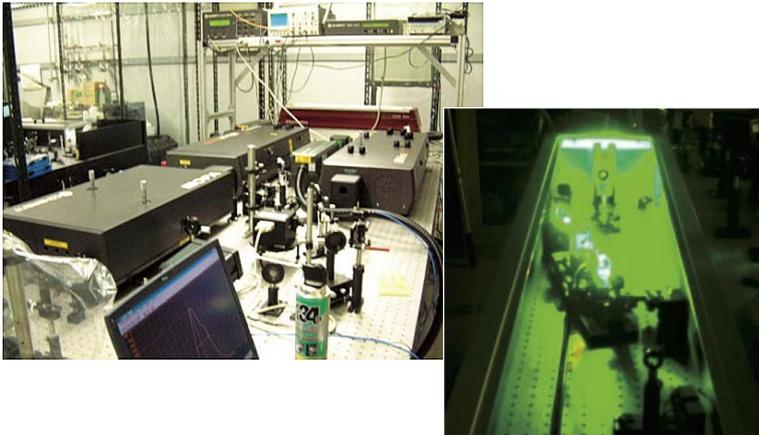
わたしたちの実験室ではコヒーレント・フォノンを固体の反射率変化として観測しています (左)。この方法は従来、半導体や金属に適用されてきましたが、わたしたちは超短パルス光源と高速スキャン技術を併用することにより、絶縁体であるダイヤモンドでも C-C 伸縮 (振動数 40 THz) のような非常に速い振動を時間分解観測することに成功しています (右)。(ピッツバーグ大学との共同研究: 論文投稿中)

Our laboratory detects coherent phonons as reflectivity change (left), which is a standard technique for semiconductors and metals. With a highly-stable sub-10fs laser output and fast scan technique, we can also time-resolve 40 THz C-C stretching in insulator diamond at 40 THz (right). This work is in collaboration with Univ. Pittsburgh. (paper submitted)

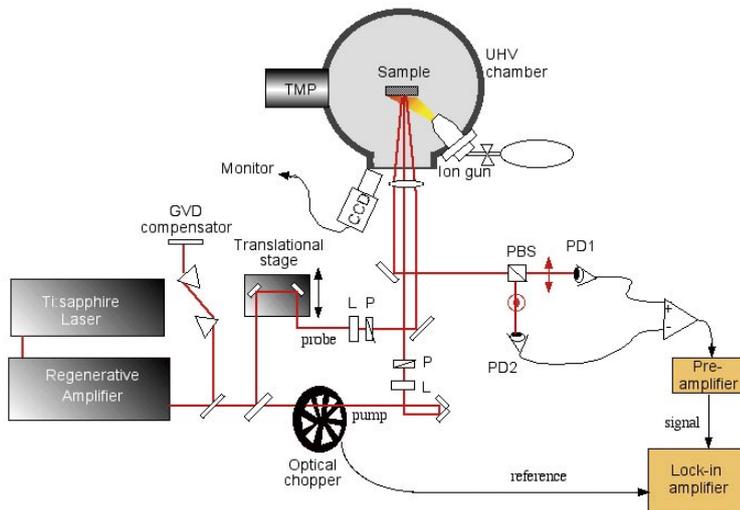


実験装置 Experimental Instruments

フェムト秒パルスレーザーとポンプ・プローブ光学系 Femtosecond pulsed lasers and optical components for pump-probe measurements



チタンサファイアレーザーと再生増幅器、パラメトリック増幅器 (左)、およびポンプ・プローブ光学系 (右)。
Ti:sapphire laser, regenerative amplifier and optical parametric amplifier (left), and optical components for pump-probe measurements (right).



フェムト秒パルスレーザーを光源とするポンプ・プローブ反射率測定装置の概念図。
Schematic illustration of pump-probe reflectivity measurement setup with a femtosecond pulsed laser as a light source.

主な装置

チタンサファイアレーザー
再生増幅器と光パラメトリック増幅器
クライオスタット
超高真空槽
ラマン分光測定装置

Other Instruments

Ti:sapphire laser
Regenerative amplifier and OPA
cryostat (7K)
UHV Chamber
Raman spectroscopy

グループ構成員 Group Members

グループリーダー / Group Leader



北島 正弘 / Masahiro KITAJIMA
Group Leader / Director
Tel. +81-(0)29-859-2836
Fax. +81-(0)29-859-2801
E-mail: KITAJIMA.Masahiro@nims.go.jp

定年制研究員 / Permanent Researchers



石岡 邦江 / Kunie ISHIOKA
主幹研究員 / Senior Researcher
E-mail: ISHIOKA.Kunie@nims.go.jp

研究フェロー / Research Fellows

島田 透 / Toru SHIMADA
NIMSポスドク研究員 / Postdoctoral Fellow

加藤 景子 / Keiko KATO
NIMSポスドク研究員 / Postdoctoral Fellow

Hrvoje PETEK / Hrvoje PETEK
客員研究員 (ピッツバーグ大) / Visiting Researcher (Univ. Pittsburgh)

Oleg MISOCHKO / Oleg MISOCHKO
客員研究員 (ロシア科学アカデミー) / Visiting Researcher (RAS)

長谷 宗明 / Muneaki HASE
リサーチアドバイザー (筑波大) / Research Adviser (Univ. Tsukuba)

久保 敦 / Atsushi KUBO
外来研究員 (ピッツバーグ大) / Research Fellow (Univ. Pittsburgh)

石井 智 / Satoshi Ishii
外来研究員 (東京工大) / Research Fellow (TIT)

事務スタッフ / Office Assistants

伊藤 マリ子 / Mariko ITO
事務業務員 / Office Assistant

オフィス
Location of Leader's Office

千現地区 研究本館8F 815室
Room 803, Main Building 8F, Sengen Site

グループウェブサイト
Group Website

<http://www.nims.go.jp/ldynamics/>

外部競争的資金プロジェクト External Competitive Research Funds

JSPS 科学研究費補助金
Grant-in-Aid for Scientific Research (JSPS, Japan)

JSPS 二国間交流事業 ロシアとの共同研究
JSPS Bilateral Joint Projects, RFBR-NIMS collaboration