



「超高速で変化する固体電子格子系の直接観測」

(平成 19～23 年度 特別推進研究 (課題番号: 19001002))

「光誘起構造相転移動力学の研究」

所属 (当時)・氏名: 大阪大学・産業科学研究所・教授・谷村 克己
(現所属: 大阪大学・超高圧電子顕微鏡センター・
特任教授)

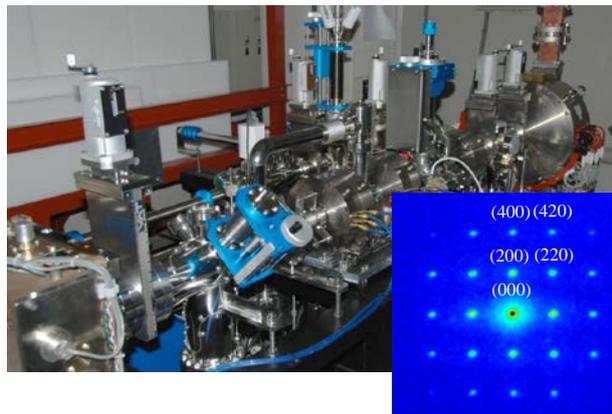
1. 研究期間中の研究成果

・背景 (事象の初歩的な説明)

相転移は、巨視的量子多体系としての固体が示す協力現象の最も典型的現象である。光励起によって誘起される相転移 (光誘起相転移) は、熱力学的な現象では隠された物質相の発見や創製を可能にし、又、相転移過程における支配的相互作用の抽出と多体系動力学の実時間追跡を可能にする。本研究は、代表的な光誘起構造相転移現象を対象とし、超高速で変化する結晶の電子系・格子系に対して、可能な限り直接的な知見を獲得して微視的理解を達成し、光誘起相転移研究を革新的に展開する事を目指した。

・研究内容及び成果の概要

励起電子系の超高速変化に対しては、時間分解光電子分光法を開発して用い、 10^{-13} 秒の時間分解能で、結晶中に発生した励起電子波束変化をエネルギー・運動量空間中で追跡する事に成功した。更に、格子系動力学追跡には、相対論的超短電子パルスを用いた時間分解電子回折装置を試作・開発し、シングルショットで、 10^{-13} 秒以内に発生する非可逆的構造変化の直接検出に成功した。右にその装置の写真と測定例を示す。これらを駆使した研究によって、



グラファイトにおける光誘起構造相転移、金単結晶のレーザー誘起 non-thermal melting 過程等の典型例に対して、構造相転移動力学の確固たる微視的知見を得た。これら電子格子系の超高速変化に対する直接観測法の確立は、今後の研究展開法を大きな革新に寄与する。

2. 研究期間終了後の効果・効用

・研究期間終了後の取組及び現状

本研究の成果から、光誘起構造相転移過程は、決して空間的に一様な物質秩序転化の過程ではなくて、核形成・ドメイン成長・ドメイン間相互作用等を主体とする、極めて空間的に非一様な現象である事が確認された。その構造的非一様性を直接観測する手法開発とそれによる相転移過程の研究が、特別推進研究終了後の「一歩先」の課題であった。我々は、本研究で達成した諸成果に立脚し、現在、原子イメージングが可能な、時間分解電子顕微鏡手法の確立とそれを用いた相転移過程における核形成過程・ドメイン動力学の解明を目指した研究を進めている。

・波及効果

世界的にも、時間分解原子イメージングを目指した研究が、超高速構造科学の次の課題として精力的に展開されている。この手法開発とその実現によって、固体のみならず、分子・生態系も含めた物質構造科学の新たな展開が期待されている。