

研究課題別事後評価結果

1. 研究課題名： 高強度テラヘルツ光による究極的分光技術開拓と物性物理学への展開
2. 研究代表者名及び主たる研究参加者名 (研究機関名・職名は研究参加期間終了時点):
研究代表者
田中 耕一郎(京都大学大学院理学研究科 教授)
主たる共同研究者
角屋 豊(広島大学大学院先端物質科学研究科 教授)
雙木 満(オリンパス(株) ライフフォトニクス技術開発部 課長)(~平成24年3月)
青木 隆朗(早稲田大学理工学術院 教授)(平成23年4月~)

3. 事後評価結果

○評点:

A+ 期待を超える十分な成果が得られている

○総合評価コメント:

高強度テラヘルツ (THz) 光源を開発し、半導体の超高速伝導現象や非線形光学応答に関するの新奇な現象の発見と共に、実時間で動作するテラヘルツ近接場顕微鏡の開発を目標とした。中心周波数 1THz で 1MV/cm 以上の電場強度をもつ世界最高の性能のシングルサイクルパルスの高強度テラヘルツ光の発生に成功した。このテラヘルツ光の照射により、半導体量子井戸の励起子状態において非摂動論領域の巨大な非線形光学応答を発見するとともに、1000 倍以上のキャリア増幅が 1 ピコ秒以内に生じることも明らかにした。これらの結果は「限界光駆動半導体物理」とでも呼ぶべき学術分野の先駆けである。空気プラズマをもちいたシングルサイクルパルスの高強度テラヘルツ光により高電場下におけるグラフィエン中の電子ダイナミクスをサブピコ秒の時間分解能で観測した結果、キャリアが熱化する以前の超高速な輸送特性のミクロスコピックなメカニズムを明らかにすることに成功した。

さらに、企業と共同で開発したテラヘルツ近接場顕微鏡は、波長の 100 分の 1 程度の 10 μm の空間分解能、ビデオレート実時間動作を実現した。テラヘルツ光を近接場効果により増強する金属構造体素子の電場可視化に応用して、シミュレーションによる設計予測と実際の素子特性を直接比較する手法を確立した。メタマテリアル材料の二次元電場応答の実測評価、テラヘルツデバイスの評価、多孔質ポリマーにおけるガス吸着過程のイメージング分析、光渦の振幅・位相分布画像の取得等、興味深い多くの成果を上げており、今後のメタマテリアルやフォトニック結晶などの素子設計・製作の際の有用なツールと言える。金属テラヘルツデバイス、テラヘルツカップラーなど、さまざまな電子・光電子デバイスの開発にもつながることが期待される。テラヘルツ近接場像では回折限界より遥かに小さい脂肪細胞のイメージングが得られており、細胞の水分含有量に起因するコントラストを得ることに成功している。一方、ほとんど水に近い環境にある生細胞をリアルタイムで観察するには、水吸収の問題を如何に克服するかが今後生物学、医学領域で汎用化するための鍵になると思われる。

高強度テラヘルツ光源の開発に関する論文は、被引用件数が 100 編を超えており、この分野として世界的に注目されている。知的財産は国内特許出願が 11 件、外国特許(米国)を 1 件出願。さらには本研究プロジェクトの成果を対象に文部大臣賞を始め 8 件の表彰を受けるなど、国内外から高い評価を受けている。

短パルスの高磁場あるいは高電場を試料の任意の微小領域に印加する技術は、今後新たな新奇現象が期待される。その意味でもテラヘルツ近接場顕微鏡を是非とも実用化して欲しい。「テラヘルツ光で何が見えて、何がわかるのか」が明確になれば、テラヘルツ金属構造デバイスの評価、生体試料の評価や照射効果など数々の応用の道が拓けると期待される。