

氏 名	Feroz Ahmed
授与した学位	博 士
専攻分野の名称	工 学
学位授与番号	博甲第 6 4 0 9 号
学位授与の日付	2 0 2 1 年 3 月 2 5 日
学位授与の要件	自然科学研究科 生命医用工学専攻 (学位規則第 4 条第 1 項該当)
学位論文の題目	Visualization of the interaction of solutions through a microfluidic chip using Terahertz technology (テラヘルツ技術を用いたマイクロ流路内溶液相互作用の可視化)
論文審査委員	教授 紀和 利彦 准教授 藤森 和博 教授 塚田 啓二
学位論文内容の要旨	
<p>Terahertz (THz) electromagnetic wave with frequency components in between 100 GHz and 10 THz is one of emerging research fields in biological and chemical research. Because it does not have the potential to ionize the materials. That means, its energy is so low that it can knockout the electrons of conduction bands from the atoms. Therefore, THz wave does not have much power to damage living tissues which makes it reliable, hygienic to use on human blood samples, tissues and so on. This wave can reveal the trace of the orientation of a hydrogen bond when it travels through a medium with high water concentration. As a result, it can distinguish even small fluctuations in water contents which makes it unique label-free detection and visualization technique for the analysis of the interaction of chemical and biological substances.</p> <p>In this thesis work, for the fabrication of a microfluidic chip, it was used a material named polydimethylsiloxane. The capillary-based 3D design was made for the microfluidic chip using the tools of solid work and CAD software and printed the 3D structure to prepare replica mold of that structure using polydimethylsiloxane. Then, the replica mold formed chip was attached with a Si: sapphire glass substrate. When femtosecond laser pulses were irradiated into the bottom sapphire surface of the substrate, THz waves were generated from the Si-layer of the substrate. Excitation of electrons occurred by jumping into the conduction band because electrons absorbed photons of laser pulses whose bandgap energy is higher than the bandgap energy of silicon layer of the substrate. Depending on the electrical potential at the surface of the substrate, magnitude of depletion region was formed. And, depending on the magnitude of depletion field, the amplitude of the radiated THz waves was determined. Therefore, using THz image sensing technology from our prototype named THz chemical microscope, it was captured and measured the internal reactions of different viscosities contained pH buffer solutions like pH 1.68, 4, 6.86, 10 and revealed the characteristics of different peak amplitudes of THz data with respect to different concentrated solutions for testing any sick human blood samples out of metabolism process, food contamination of pH controlled liquid food samples of food industries and so on.</p> <p>Furthermore, from the experimental measurement and simulation work, internal interaction of mixed pH buffer solutions was analyzed from the basic principle of fluid dynamics. The analysis helped to reveal the laminar nature of microfluidic chip which helped to realize the calm nature of the mixture of different viscosities contained chemical solutions.</p>	

論文審査結果の要旨

テラヘルツ波は100ギガヘルツから10テラヘルツまでの周波数成分を含む電磁波の総称である。近年、発生・検出が容易になってきた周波数帯域であり、様々な応用探索が活発にされている分野である。

本学位論文では、テラヘルツ波技術の一つであるテラヘルツ波ケミカル顕微鏡をマイクロ流路内溶液相互作用の可視化技術として応用した成果に関するものである。マイクロ流路は、流路幅が数百マイクロメートル以下の微小流路中を流れる溶液の分離・抽出・合成が可能なデバイスであり、効率の良いデバイス動作のためには、マイクロ流路内を流れる溶液の観測が求められている。

本学位論文の主な成果は、1. テラヘルツ波ケミカル顕微鏡によるマイクロ流路内の層流の可視化、2. アダプティブデジタルフィルタの適用によるテラヘルツ波画像のコントラスト向上と可視化速度の向上、3. 電気回路等価回路モデルによるマイクロ流路内ダイナミクスの簡易解析の3つである。

これらの成果は、将来マイクロ流路を流れる溶液を観測し、高精度に制御するための重要な基礎基盤技術を提供するものであり、テラヘルツ波技術の応用分野、マイクロ流路などの流体デバイス分野で大きく貢献すると期待される。

本学位論文の成果は、査読ありの学術論文に1件、査読ありの国際プロシーディングスに1件掲載されるとともに、国際シンポジウムでの発表（口頭1件、ポスター1件）および、セミナー招待講演1件などで報告されている。

以上のことより本論文は、学術上および工学上貢献することが多い。よって本論文は、博士（工学）の学位として価値のあるものと認める。