

Terahertz wave phase stabilization for ultra-high frequency wireless communication

アマリナ アティラ ビンティ イブラヒム

<https://hdl.handle.net/2324/7157364>

出版情報：九州大学，2023，博士（学術），課程博士
バージョン：
権利関係：



氏 名 : アマリナ アティラ ビンティ イブラヒム

論 文 名 : Terahertz wave phase stabilization for ultra-high frequency wireless communication

(超高周波無線通信に向けたテラヘルツ波位相安定化)

区 分 : 甲

論 文 内 容 の 要 旨

近年のデータ通信量の爆発的な増加に対応するため、より高い周波数の電波を用いた無線通信が求められており、2030年ごろには300GHz帯の電波の利用が期待されている。100GHz以上の電波であるいわゆるテラヘルツ波の発生方法には、逓倍器による電気的手法とフォトミキサによる光学的手法（フォトミキシング法）の2つがある。無線通信では電波を位相変調し、かつ位相ドリフトを抑制する（位相を安定化する）必要がある。テラヘルツ波帯では、電気的手法は位相が比較的安定である反面、高速の位相変調は困難である。一方、光学的手法は高速の位相変調が容易な反面、光ファイバの揺れにより位相が不安定になる。

本論文では、位相変調の高度化によりテラヘルツ波無線通信のさらなる高速化が可能な光学的手法であるフォトミキシング法において、光干渉により位相を検知して光ファイバの揺れによる位相ドリフトをフィードバック制御するテラヘルツ波発生システムの提案と、理論的性能予測、システム構築、実験結果を報告している。本論文の主な成果は以下のとおりである。

1. フォトミキシングによるテラヘルツ波発生システムにおける位相安定化法を提案した。この方法は、テラヘルツ波発生システムを、波長選択フィルタと光合分波器を用いたマッハツェンダ干渉計と見なし、パイロット光を干渉計で干渉させることにより、テラヘルツ波発生システム内の位相ドリフトを検知する。検知した位相ドリフトを補償するように位相シフタをフィードバック制御する実験系を構築し、パイロット光の位相を安定化できることを示した。
2. テラヘルツ波発生システム内に位相変調器を組み込んだテラヘルツ波位相変調システムを構築した。パイロット光をシステムの入力側から、および出力側からの2通りの方向から導入して位相ドリフト検知感度を評価した。変調ビットレート1Gbit/s, 3Gbit/s, 10Gbit/sでの測定の結果、入力側からのパイロット光では変調ビットレートの速さに関わらず位相ドリフトが検知できなかった。一方、出力側からのパイロット光では3Gbit/sおよび10Gbit/sのとき位相ドリフトが検知できることを見出した。この現象は位相変調器において、電圧信号と光波の走行方向の違いに起因するものであることを理論計算により証明した。本システムを動作して位相安定化を行い、通信実験において光波を変調ビットレート3Gbit/sおよび10Gbit/sで位相変調できることを示した。

3. 変調ビットレート10Gbit/sの通信実験において位相安定化した光波を、光周波数が300GHz異なる別の光波と合波してフォトミキサに入力し、300GHzの電波を発生する実験を行った。無線通信に適用可能な明瞭なビットパターンが観測され、本システムの有効性を明らかにした。

以上を総括すると、フォトミキシングによるテラヘルツ帯電波の発生において、位相変調を可能とする手法を提案、実証することにより、テラヘルツ波無線通信の実現性を示唆する成果を得た。