

GHz 帯電磁波を照射されたジョセフソン接合におけるカオスシミュレーション

Chaotic simulations in Josephson junctions with GHz-band microwave irradiation

茨城大学 °日渡 涼, 田村 幸英, 島影 尚

Ibaraki Univ., °Ryo Hiwatashi, Yukihide Tamura, Hisashi Shimakage

E-mail: 15nm616r@vc.ibaraki.ac.jp

一般に、ジョセフソン接合にマイクロ波を照射し、ジョセフソン接合電極間の電圧波形を観測すると、ある条件のもとでそれがカオスとなることは知られている[1]。我々は、実際に作成可能な素子パラメータを用い、カオス発生シミュレーションを行っているが、カオスが発生する条件で照射される電磁波の周波数は THz 領域で非常に高く、実際の回路動作に関しては煩雑性が伴う[2]。本研究では、簡便なカオス発生回路の実現を目標に、照射電磁波周波数を 10[GHz]以下とし、カオス発生シミュレーションを行ったので報告する。

マイクロ波を照射したジョセフソン接合の等価回路を考え、回路方程式を立て、数値計算を行った。得られた電圧波形からリアプノフ指数を求め、カオス状態を判定した。シミュレーションにおいて使用する素子パラメータは、実際の素子で実現可能な値を考慮した。カオスとなる 10[GHz]以下の周波数を調査するために、 $I_c R_n$ 積と周波数を変化させたときのリアプノフ指数を計算したところ、10[GHz]以下となるものはなかった。そこで、本研究では、素子パラメータの中の静電容量の値がカオス発生の周波数にどのような影響を与えるかを調べるために、静電容量値と $I_c R_n$ 積と周波数を変化させリアプノフ指数を計算した。その結果、静電容量が大きくなると、カオスの発生する周波数帯域幅が広くなり、低周波数帯にその領域がシフトする傾向にあることが分かった。そこで、周波数が 10[GHz]以下となるマッカンバー係数を調査したところ、マッカンバー係数が 10 のときに、カオス発生領域が 10[GHz]以下となることがわかった。

マッカンバー係数を 10 にし $I_c R_n$ 積と周波数を変化させたときにカオス状態と判定された点をプロットしたものを図 2 に示す。図 2 をもとに照射周波数が 10[GHz]以下でリアプノフ指数が一番大きい 9.2[GHz]の照射周波数を用い、そこから得た電圧波形が図 3 である。また、この波形をフーリエ変換した結果を図 4 に示す。9.2[GHz]の鋭いピーク以下では、ホワイトノイズ的になっており、得られた信号はカオスであることが示唆された。今後は、実際の素子を作成するうえでどのようにして静電容量を大きくするかなどを検討する。

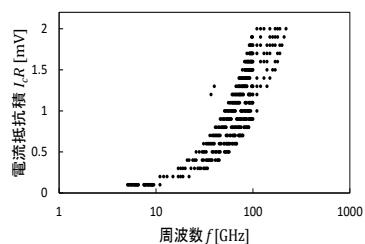


図 2 カオス発生領域

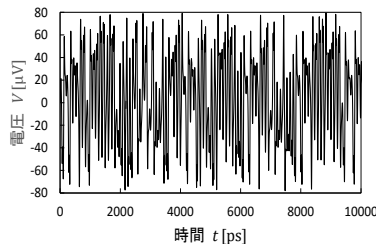


図 3 電圧波形

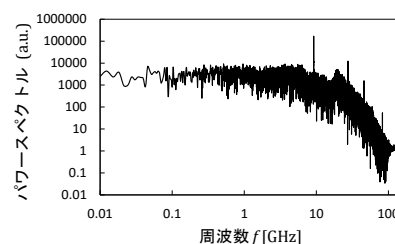


図 4 パワースペクトル図

参考文献

- [1] Y. Braiman, I. Goldhirsch, Phys. Rev. Lett. 66, 2545 (1991).
- [2] H. Shimakage, Y. Tamura, IEEE Trans. Appl. Supercond. Vol. 25, No. 3, 1800604 June (2015)