

次世代型マイクロ波電力標準の研究

周波数測定に基づいたマイクロ波電力標準



木下 基

きのした もと

moto-kinoshita@aist.go.jp

計測標準研究部門
電磁波計測科
高周波標準研究室
研究員
(つくばセンター)

2005年の入所以来、高周波の電力標準に関する研究・開発を担当してきました。従来型の高周波電力標準の維持・供給を担当する一方、高度化した次世代標準の開発や周波数範囲の拡大など新たな技術開発に挑戦したいと考えています。社会のニーズを把握し、必要な技術を供給できるように努めます。

関連情報:

● 共同研究者

島岡 一博、小見山 耕司(産総研)

● 参考文献

M. Kinoshita et al.:
IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, 58 (4), 1114-1119 (2009).

● 用語説明

[1] マイクロ波電力

マイクロ波電力はマイクロ波の強さを示す量で、単位はW(ワット)を用いる。マイクロ波の波長が回路素子の寸法以下となる分布定数回路内では、電流や電圧に代わって電力が回路状態を示す基本的な量として取り扱われる。

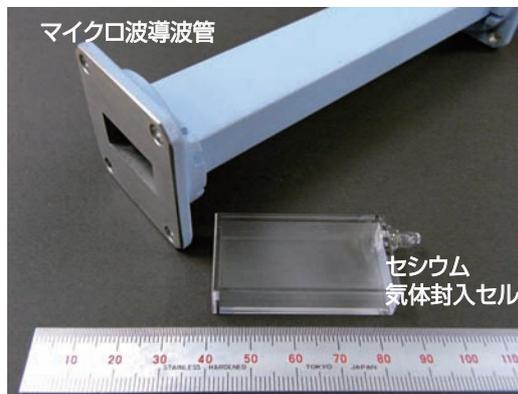
[2] ラビ周波数

原子に共鳴するマイクロ波を照射し続けると原子のエネルギー準位が周期的に変化する。その振動の周波数をラビ周波数という。

新しいマイクロ波電力標準

私たちはマイクロ波電力^[1]に関する計量標準の高度化を目指し、新しい原理に基づいた次世代型標準の研究開発を行っています。わが国では1954年ごろの研究開始当初から現在に至るまで、マイクロ波電力標準はカロリメーター方式やボロメーター方式など、熱量を介して直流電力と比較する測定原理により実現されてきました。これに対して、新しく標準の実現方法として採用しようとしている原理は、周波数測定に基づく方法です。周波数の測定は現在、 10^{-15} 台という各種測定量の中でも最高の精度を誇っています。

周波数測定に基づくマイクロ波電力標準は原子のラビ周波数^[2]を利用することで実現されます。例えばセシウム原子などの場合、ラビ周波数はマイクロ波の磁場強度に比例し、その比例定数は物理定数と原子構造に依存する量子的性質から決まります。このラビ周波数から照射したマイクロ波の強度を測定することができます。私たちは、マイクロ波導波管内にセシウム気体封入セルを挿入し、セシウム原子と9.2 GHzのマイクロ波との相互作用によるラビ周波数を測定しました。また、そのラビ周波数からマイクロ波の磁場強度を得ることに成功しています。



マイクロ波導波管とセシウム気体封入セル

寸法を合わせて作製した方形セルをマイクロ波導波管に挿入し、管内でマイクロ波とセシウム原子を相互作用させる。

ラビ周波数を利用した次世代型マイクロ波電力標準には以下のような利点があると考えています。

(1) 安定性 高周波回路素子の安定度に依存する現行のカロリメーター方式に比べて、新方式は原子構造を参照するため高い安定性をもちます。

(2) 時定数 熱測定を必要としないため、現行に比べて短時間で測定できるようになります。

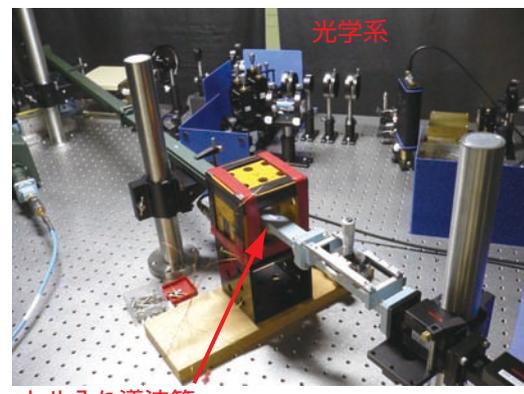
(3) 信頼性 現行標準とは異なる原理に基づくため、互いを独立に比較することで信頼性の高い標準が実現できます。

(4) 遠隔校正 周波数は伝送性が高く遠方へ伝送した場合も値を精度よく保つことができるため、遠隔地点同士でのマイクロ波電力の比較ができるようになります。

高度化された次世代型標準は、情報通信やセンシングの基盤技術として社会を支えることが期待されます。

今後の展望

得られたマイクロ波の磁場強度から導波管内の伝送電力を算出し、現行の標準により得られた値と比較することで、それらの同等性を確認することが当面の目標です。



ラビ周波数測定のための実験系

マイクロ波によるセシウム原子のラビ周波数を、レーザーで観測する。レーザーは導波管内をマイクロ波と同方向から照射する。