量子電圧雑音源を用いた熱雑音の精密測定によるボルツマン定数の評価

Measurement of the Boltzmann constant with Johnson noise thermometry based on Quantum Voltage Noise Source

産総研計測標準 [1], 産総研ナノエレ [2], 東京都市大 [3] ○浦野千春 [1], 吉田俊介 [3], 岡崎雄馬 [1], 山田隆宏 [2]
山澤一彰 [1], 山森弘毅 [2], 福山康弘 [1], 金子晋久 [1], 丸山道隆 [1], 堂前篤志 [1], 丹波純 [1], 桐生昭吾 [3]
AIST NMIJ [1], AIST NeRI [2], Tokyo City Univ. [3] °C. Urano[1], S. Yoshida[3], Y. Okazaki[1], T. Yamada[2],
K. Yamazawa[1], H. Yamamori [2], Y. Fukuyama[1], N. Kaneko[1], M. Maruyama[1], A. Domae[1],
J. Tamba[1], S. Kiryu[3]
E-mail: c-urano@aist.go.jp

産総研では超伝導デバイスを利用してつくられた量子電圧雑音源を用いて熱雑音の雑音電力を精密に測定する技術の開発に取り組んでいる。これにより、熱力学温度の精密測定およびボルツマン定数の再定義に貢献したいと考えている。

図1は水の三重点温度に置いた100Ωの抵抗器の熱雑音と量子電圧雑音源(QVNS)が発生する信号のパワースペクトルである。抵抗器のパワースペクトル密度S_vはナイキストの式$S_v=4kTR$(k:ボルツマン定数、T:温度、R:抵抗値)で表される、周波数に依存しない一定値となる。一方、QVNSに関しては、全ての高調波の振幅はスペクトル強度の平均値が抵抗器のスペクトル強度と等しくなるように設定されており、電荷素量e、プランク定数h、クロック周波数および任意数値係数のみで記述できる。両者のスペクトル強度の比からボルツマン定数を求めることができる。図2は測定から評価したボルツマン定数である。実験値と2010年のCODATAの値との間には+60 ppm程度ズレがあるように見えている。現在、このズレの原因について調査中である。

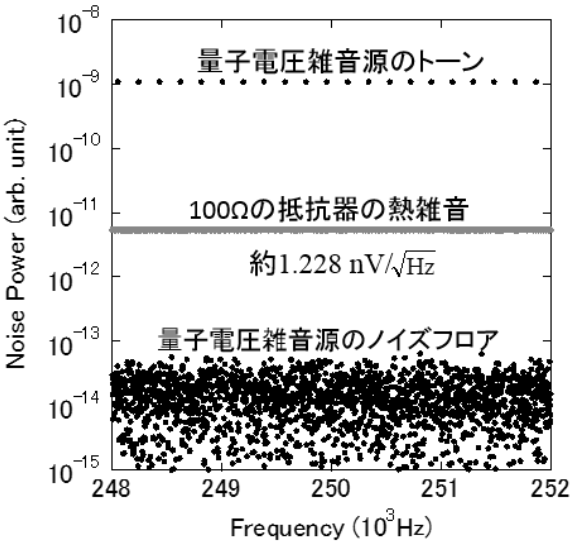

図1. 水の三重点における100Ωの抵抗器の熱雑音と量子電圧雑音源のクロスパワースペクトル

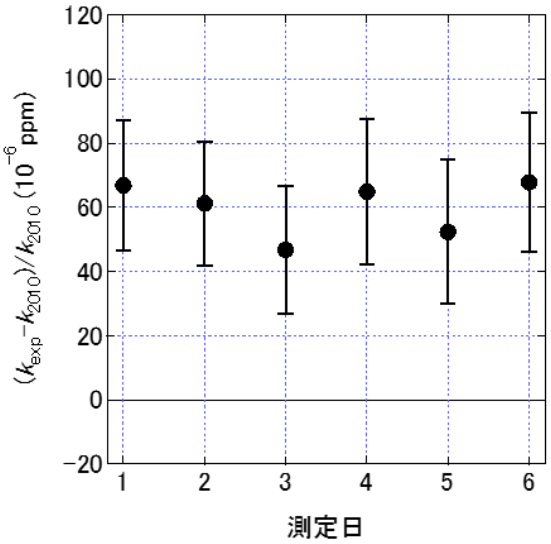

図2. 実験から求めたボルツマン定数とCODATA値との相対的な差

本研究は科研費基盤研究(A)22246013 の助成を受けたものである。

© 2015年 応用物理学会