

光伝導アンテナにおける雑音の定量評価

Quantitative evaluation of noise in photoconductive antennas

広大院先端 ○中村 亮太, 新田 真大, 角屋 豊

AdSM, Hiroshima Univ. ○Ryota Nakamura, Masahiro Nitta, Yutaka Kadoya

E-mail: kd@hiroshima-u.ac.jp

1. 背景

光伝導アンテナ (PCA) はテラヘルツ (THz) 時間領域分光における THz 波発生および検出素子として広く用いられている. PCA を検出素子として用いる場合の重要な性能指標の一つは雑音であるが, その研究は極めて少なく [1], 系統的な実験研究は皆無である. 特に, 雑音源を同定し, 適切な使用条件を決定するためには, 雑音スペクトルが重要であるが, 全く検討されていない. 本講演では, 低温成長 (LT) -GaAs を用いた PCA における雑音スペクトルを定量的に測定, および解析した結果を報告する.

2. 素子および測定系

実験に用いた LT-GaAs を表 1 に示す. PCA は光伝導ギャップが $5\ \mu\text{m}$ の標準的なダイポール型である. 電極には Ti/Au を用いた. 雑音測定においては PCA をトランスインピーダンスアンプ (FEMTO LCM-400K-10M) に約 $10\ \text{cm}$ の同軸ケーブルで接続し, アンプ出力をスペクトラムアナライザ (HP E4401B) で測定した. 光励起にはモードロック Ti:S レーザー (パルス幅 $\sim 100\ \text{fs}$, 繰り返し $80\ \text{MHz}$, 中心波長 $800\ \text{nm}$) を用い, 直径 $20\ \mu\text{m}$ 程度に集光してギャップに照射した.

3. 測定結果と解析

図 1 の●は励起光パワー $20\ \text{mW}$ の場合の, アンプ出力における電圧雑音測定結果である. この結果を図 2 に示す等価回路に基づいて解析した. PCA の雑音は熱雑音とし, 抵抗値は直流 $0\sim 0.1\ \text{V}$ に対する電流の線形フィッティングにより決定した. 図中の△はこの回路に基づいて求めた予測値である. 高周波 ($\sim 10^5\ \text{Hz}$) 域では実験結果をよく説明でき, 低抵抗な A400T や G350T では PCA の熱雑音が支配的, それ以外ではアンプの電圧性雑音が支配的になっていることがわかる.

一方, 低周波域にはこのモデル (△) で説明できない過剰な雑音がある. そこで, 周波数に逆比例する雑音を現象論的に加えた予測を黒○で示す. 実験結果をうまく説明できることから, 過剰雑音は $1/f$ 雑音であると考えられる. なお, 紙面の関係で示していないが, ダーク状態では, 図 2 の等価回路 (PCA の抵抗値は異なる) を用いて, 全周波数範囲で極めて良く実験結果を説明できる. 従って, $1/f$ 雑音は光励起に伴って発生している.

PCA 回路中に雑音源を仮定した場合の $1/f$ 雑音源パワーは電極金属材料に依存することも分かっており, LT-GaAs と金属の接触部で発生していると考えられる. また $1/f$ 雑音源パワーは LT-GaAs の成長温度やアニール温度にも依存することが分かった.

[1] N. Wang et al. J. Infrared Milli Terahz Waves, **34**, 519 (2013).

Table 1: Samples

Name	Growth	Anneal
A400T	280°C	400°C (ex)
A500T		500°C (ex)
A600T		600°C (ex)
G250T	250°C	600°C (in)
G300T	300°C	
G350T	350°C	

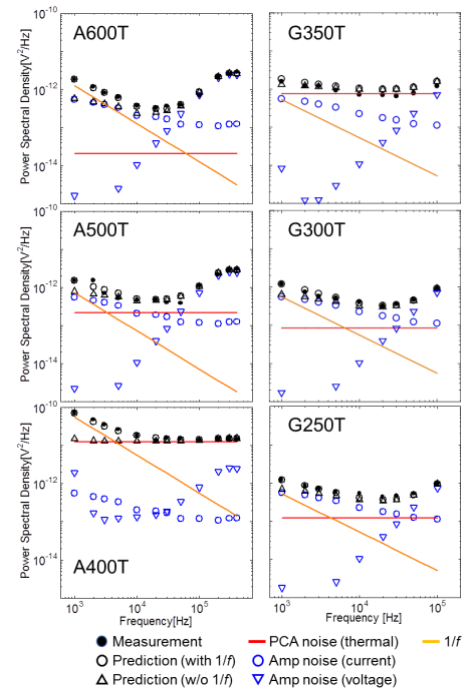


Fig.1: Spectral noise power density.

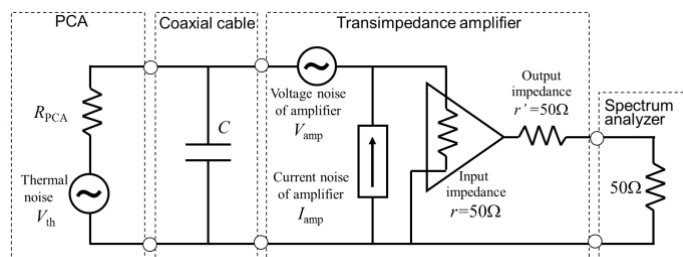


Fig. 2: Circuit model.