

Improved sensitivity of terahertz detection  
by GaAs photoconductive antennas  
excited at 1560 nm

「低温成長GaAs光伝導アンテナの1.5 $\mu$ m帯光励起  
における感度改善」

T.Kataoka, K.Kajikawa, J.Kitagawa,  
Y.Kadoya, and Y.Takemura,  
Appl. Phys. Lett. **97**, 201110 (2010)

2013/11/17

B4 小倉 隆志

# 研究背景

THz波検出に用いられる光源の変化

モード同期ファイバーレーザー 波長1550nm

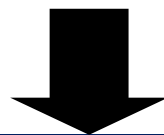
特長: **低コスト** **小型** **ロバスト** **フレキシブル**



非線形光学結晶による**波長変換**が必要



ファイバーの特長を最大限活用していない



**1.5 $\mu$ m光で直接励起可能なTHz発生・検出素子が求められる**

# 従来研究

LT-GaAs-PCA

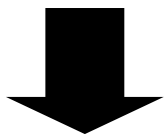
対応波長867nm(1.43eV)

抵抗率 $10^{6\sim7} \Omega\text{cm}$

1.5 $\mu\text{m}$ 光に対応していない

過去に1.5 $\mu\text{m}$ 光励起による

THz検波の報告



780 $\mu\text{m}$ 光励起に比べ

信号振幅が1桁小さい

LT-InGaAs-PCA

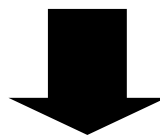
対応波長1560nm(0.74eV)

抵抗率 $10^3 \Omega\text{cm}$

1.5 $\mu\text{m}$ 光に対応

GaAsに比べ

抵抗率が3~4桁小さい



抵抗率小=暗電流大

→ノイズの増加, SN比低下

# 論文の主旨

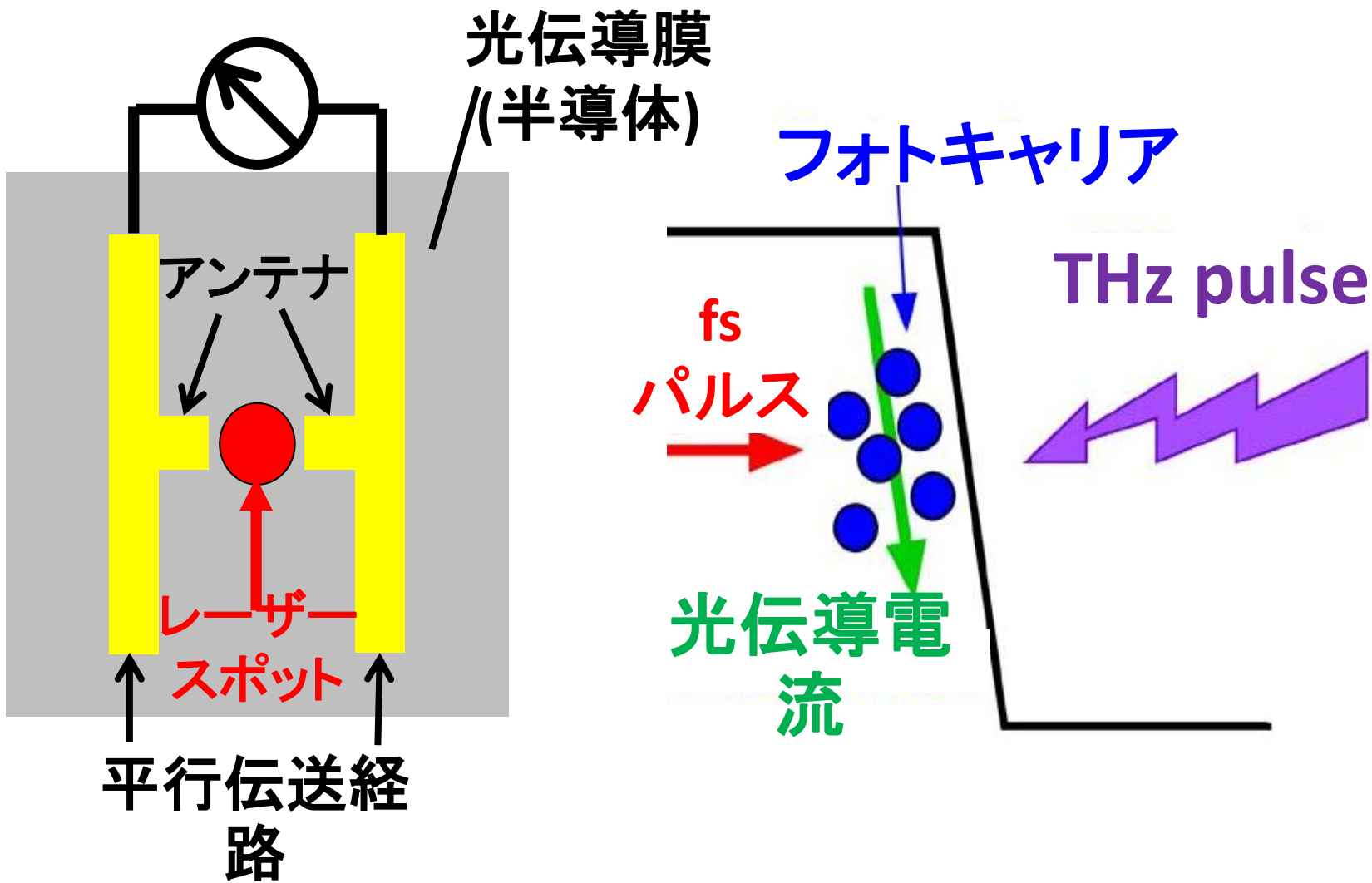
本論文では、抵抗率の大きいLT-GaAs-PCAを用い  
ダイポール型のアンテナ素子を改良し  
励起光スポットサイズを小さくすることで

一桁の検出感度向上

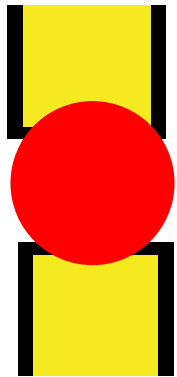
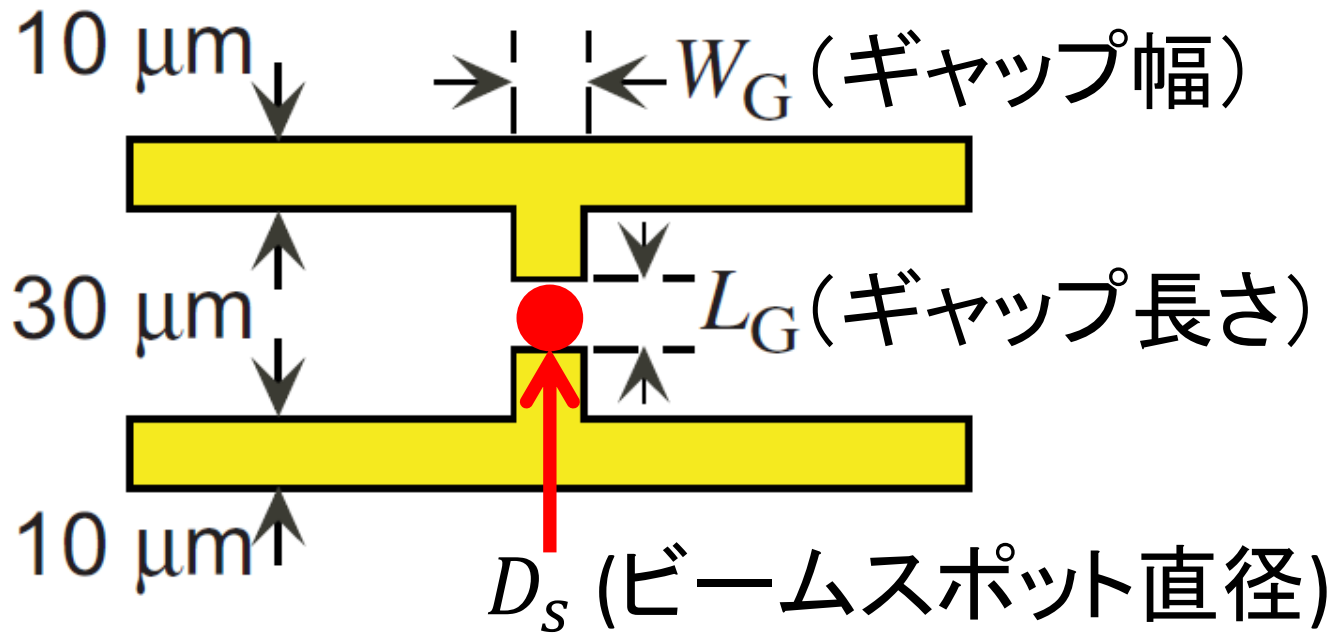
50dBのSN比(入射パワー9.5mW)

1.5 $\mu$ m帯光励起のメカニズム

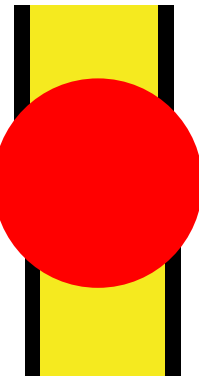
# 光伝導アンテナ (THz検出)



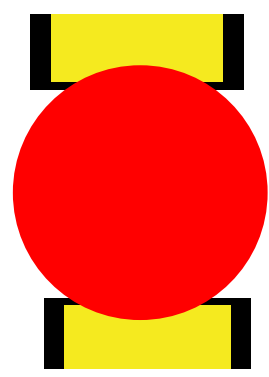
# 実験装置 光伝導アンテナ



$$L_G/D_s = 1.5/2.1$$



$$L_G/D_s = 1.5/2.7$$



$$L_G/D_s = 3.0/3.3$$

# 実験装置 THz-TDS

IMRA製 B-200

$f_{rep} = 50\text{MHz}$

$\lambda = 1560\text{nm}$

$\Delta f = 60\text{fs}$

ファイバー  
レーザー

BS

LiNbO<sub>3</sub>

THz emitter

THz detector

Time delay

LTG GaAs

Bias of 30V

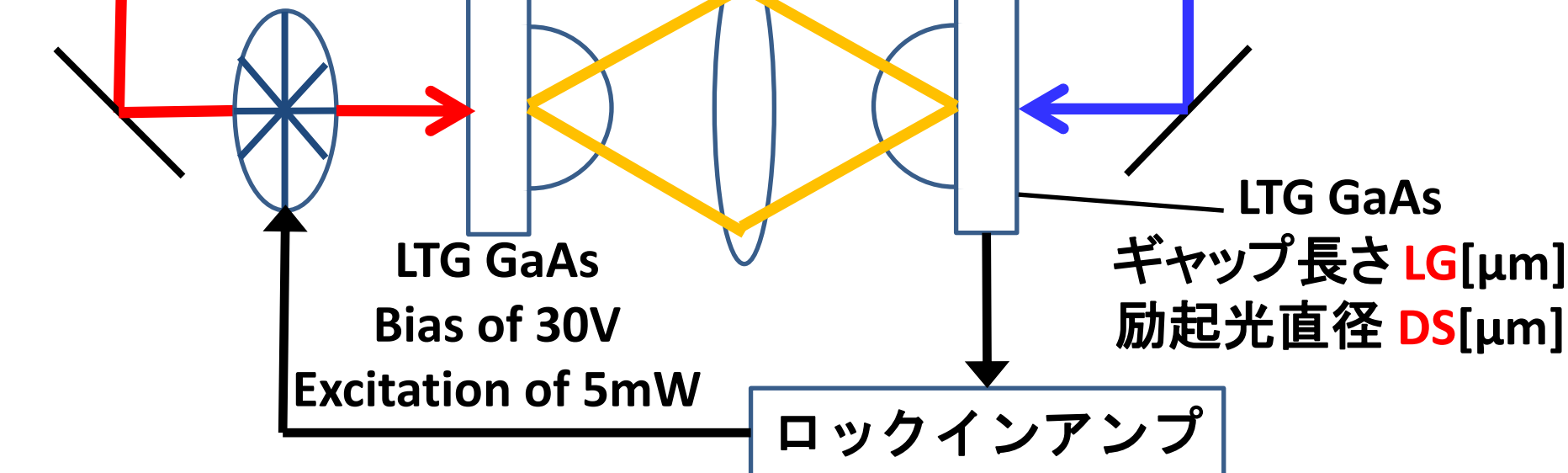
Excitation of 5mW

LTG GaAs

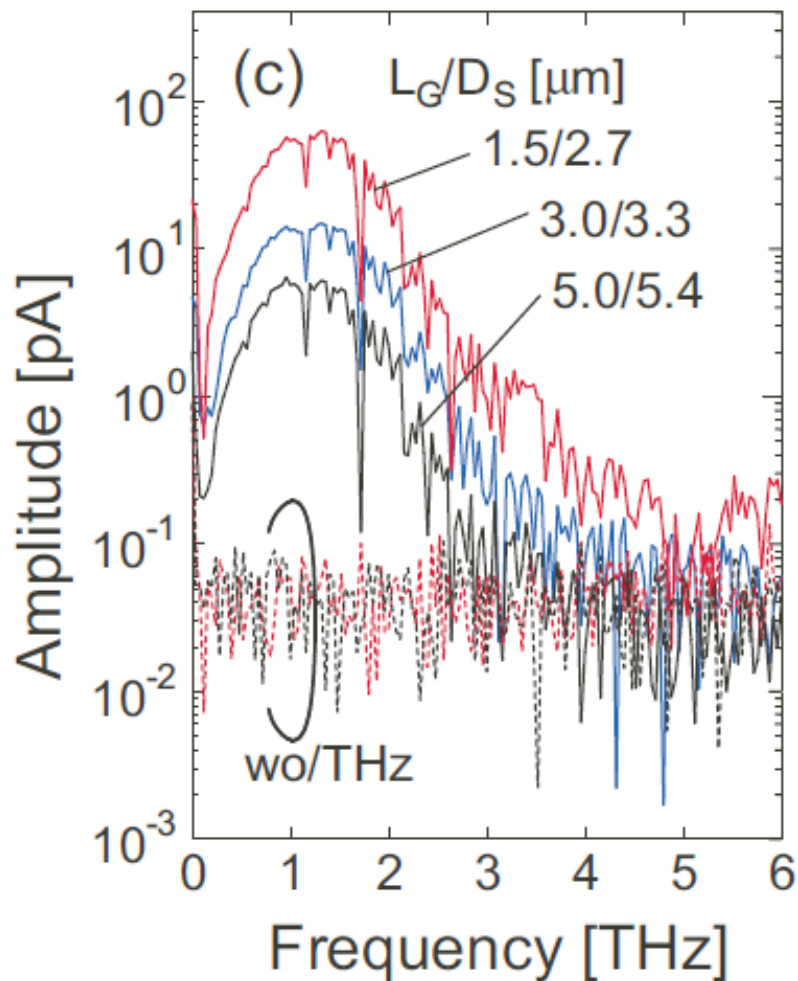
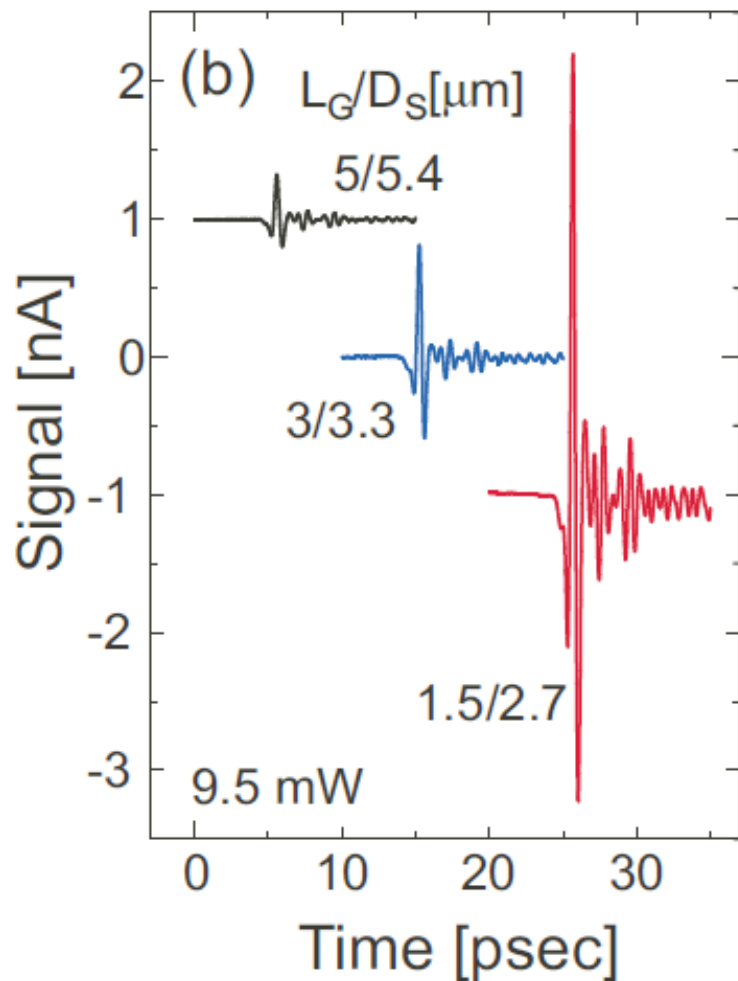
ギャップ長さ  $LG[\mu\text{m}]$

励起光直径  $DS[\mu\text{m}]$

ロックインアンプ



# 実験結果 THz-TDS

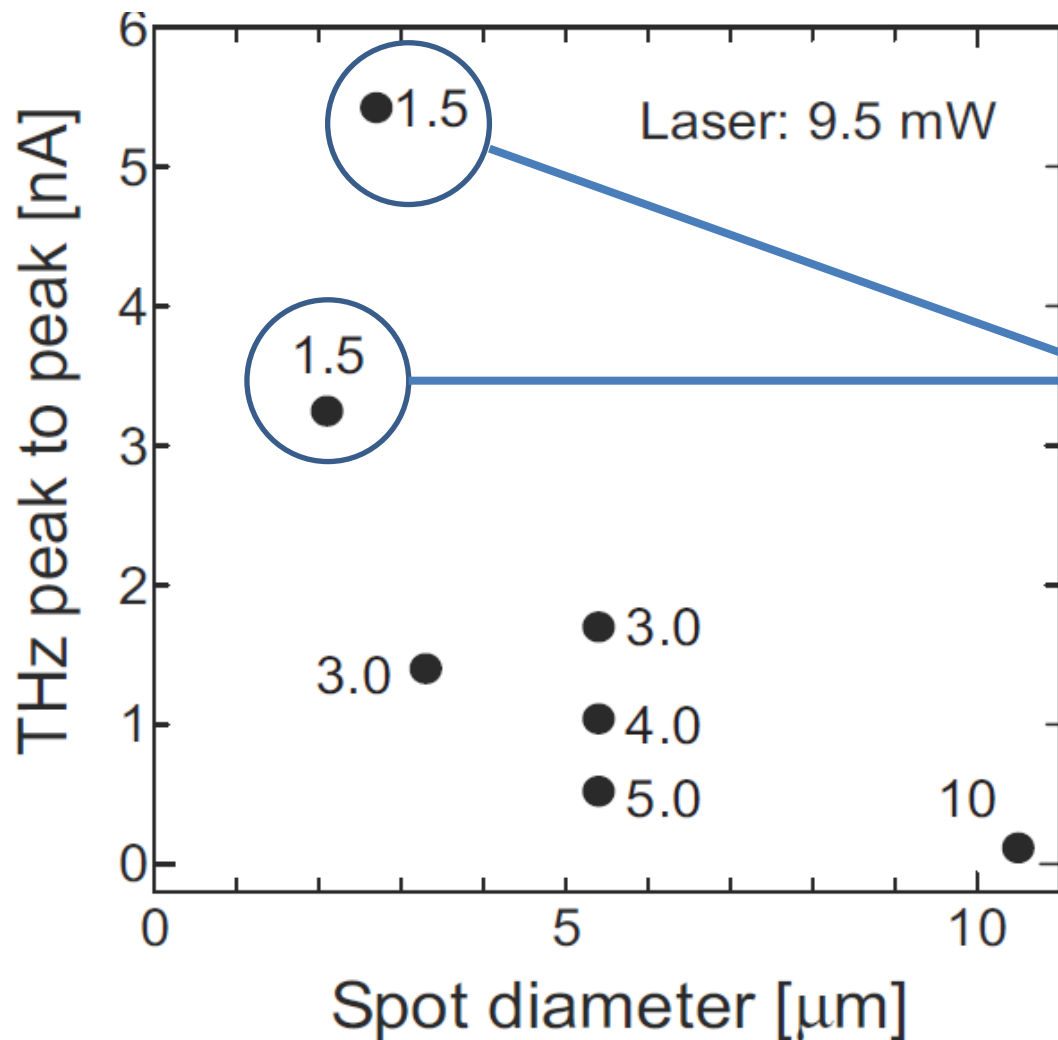


最大振幅5mA ← 従来法と同等

SN比50dB



# 最大振幅のスポット径依存性



注：図中数字はギャップ長 $L_G$

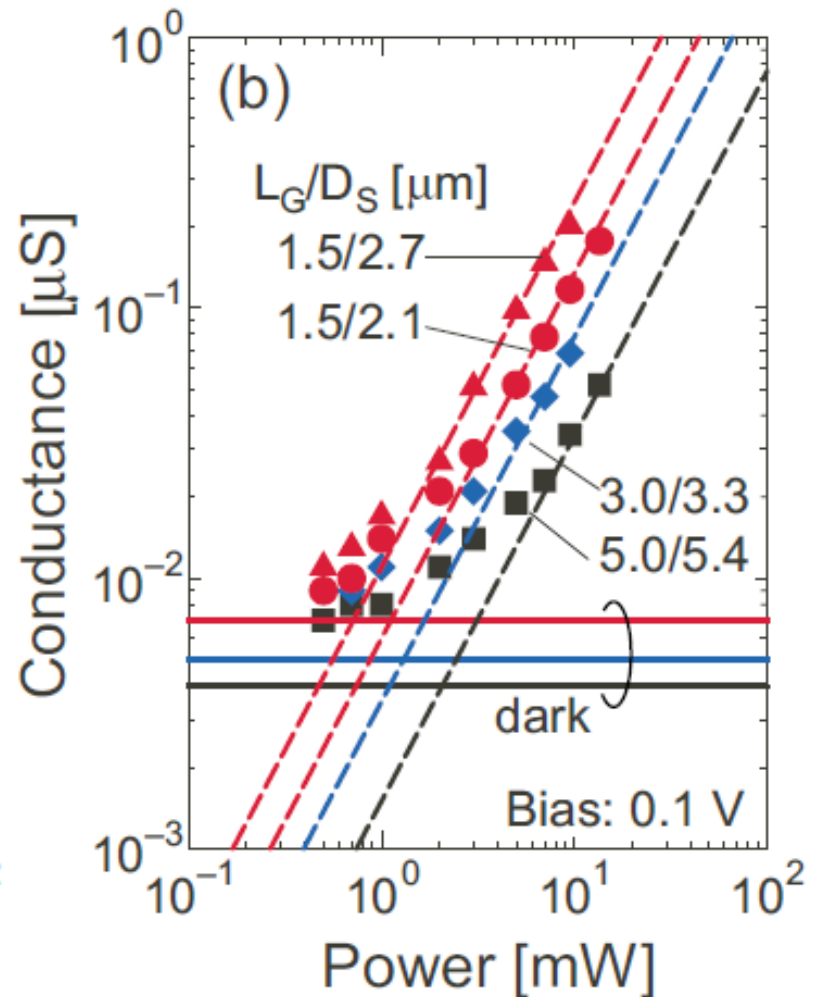
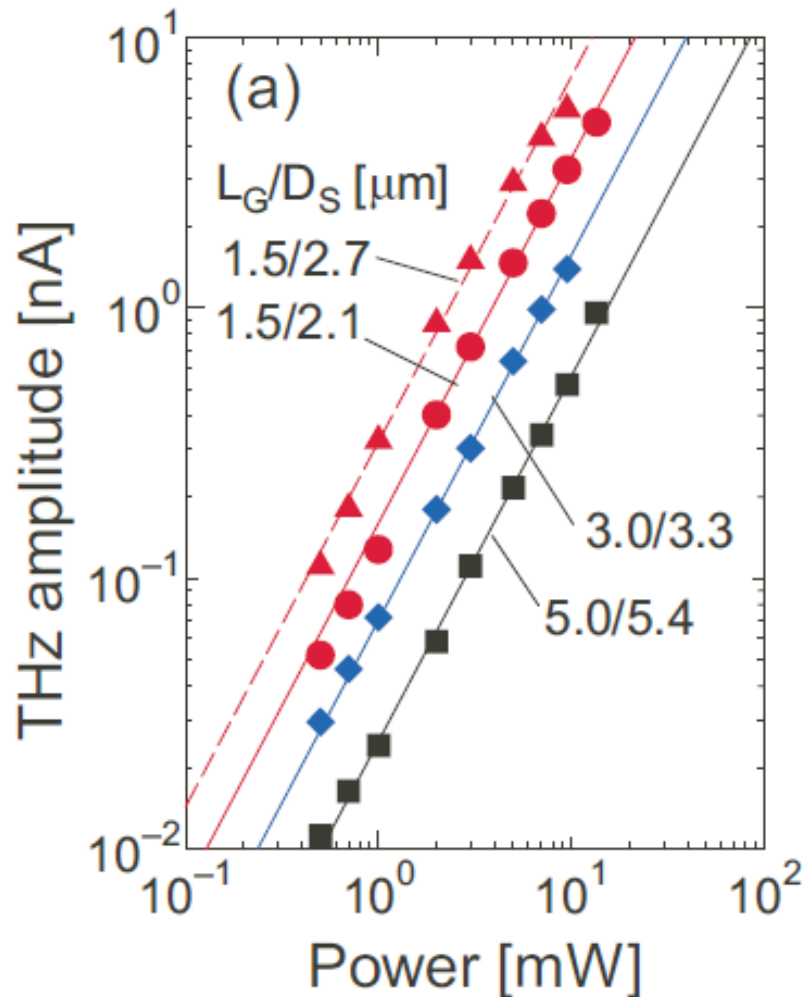
## 実験結果

スポット径小  
→最大振幅大  
同じギャップ長さ  
 $L_G=1.5\mu\text{m}$ の時、  
スポット径が大きい方  
が最大振幅大



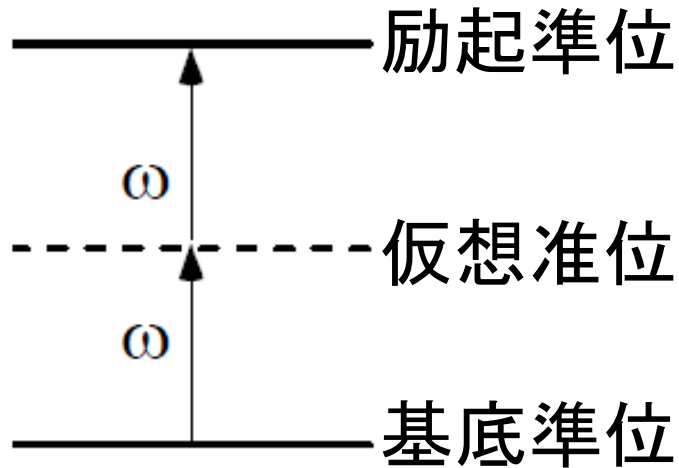
ギャップ長さとはスポット  
径には最適な組み合わせがある

# 入射パワー依存性



励起光パワーの1.35乗に比例

# 2光子吸収



2光子吸収過程

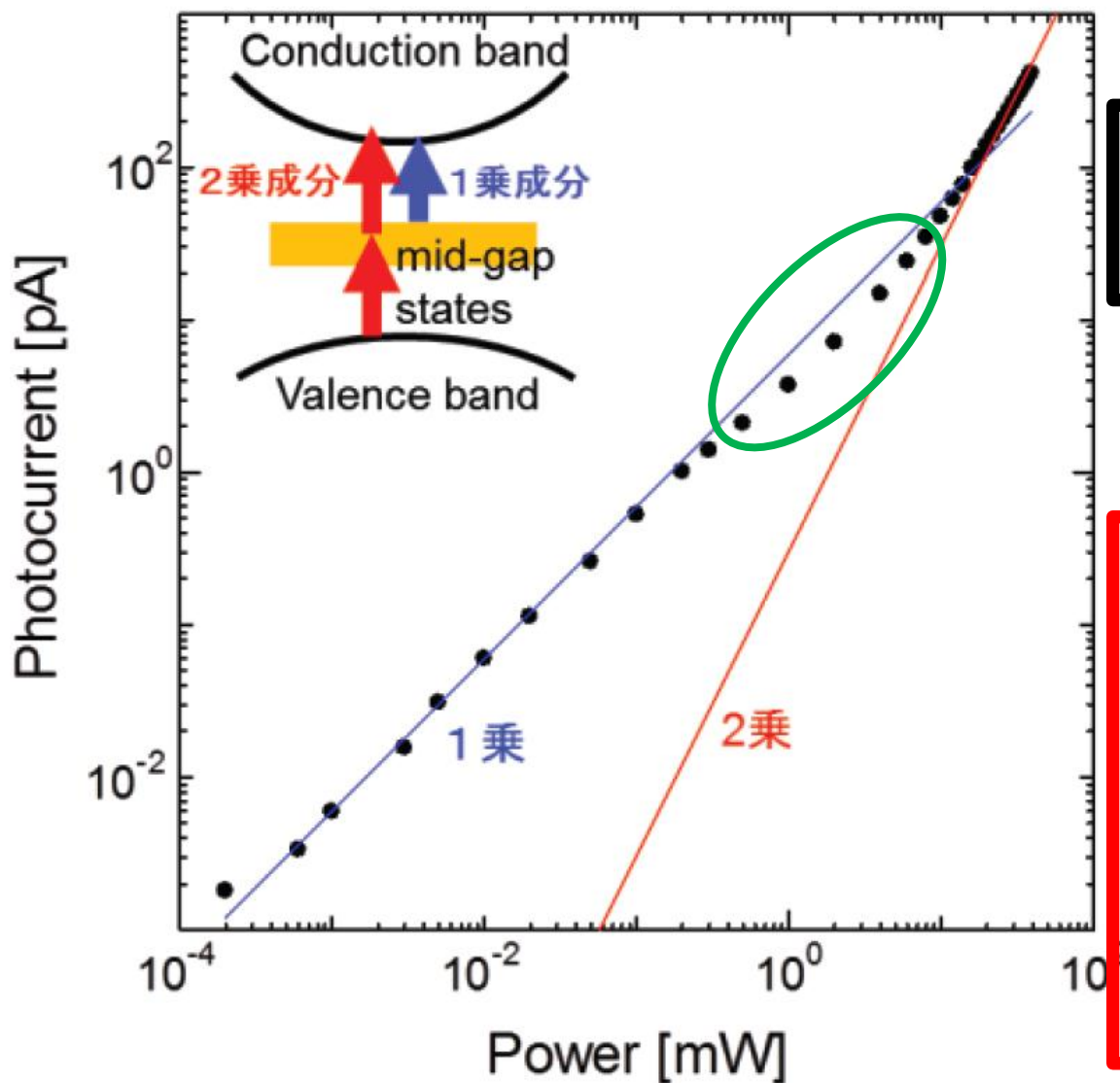
2光子吸収における吸収断面積 $\sigma$ は入射波の強度に依存

$$\sigma = \sigma^{(2)} I \quad \sigma^{(2)} \text{は2光子吸収を記述する係数}$$

$$R = \sigma I / \hbar\omega = \sigma^{(2)} I^2 / \hbar\omega$$

**2光子吸収による吸収は強度の2乗に比例**

# 入射パワー依存性@2013年秋季応物



## 変更点

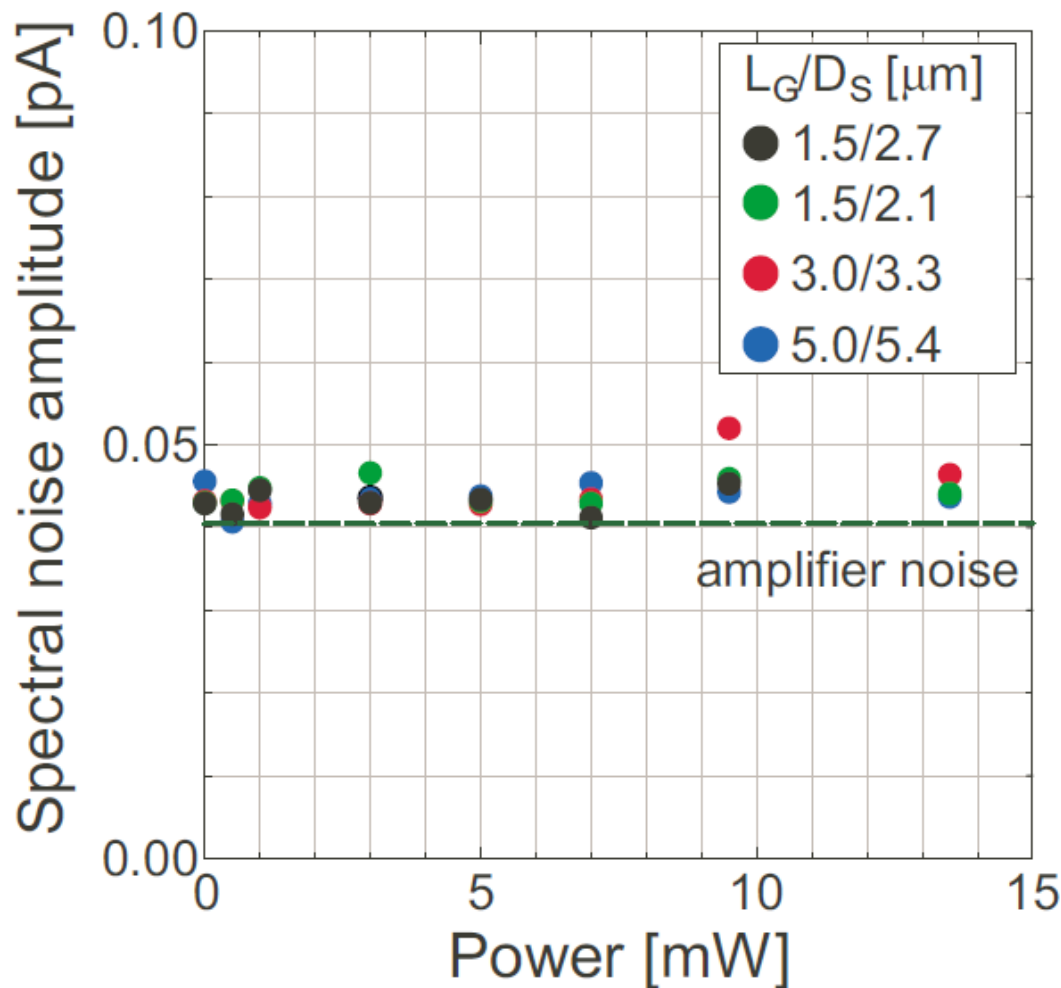
広範囲な励起パワー  
バイアス0.1V→10V

## 実験結果

低い励起光パワー  
→1乗則  
0.1mWから数mW  
→線形応答の飽和  
高い励起光パワー  
→2光子吸収(2乗則)

# ノイズの入射パワー依存性

## 実験結果



ノイズレベルは  
〔励起光パワー〕  
〔ギャップ長さ〕  
〔スポット径〕

に依存しない

ノイズはアンプノイズ  
が支配的

LTG GaAsPCAのノイズ  
はとても小さい



最大の利点！

# まとめ

LTG GaAsPCAのスポット径とギャップ長を適切に変更することによって、

- 780 $\mu\text{m}$ 光励起の検出感度を1桁向上
- 50dBのSN比(入射パワー9.5mW)

さらに、

- PCAノイズの入射パワー依存性
- フォトキャリア生成過程の解明