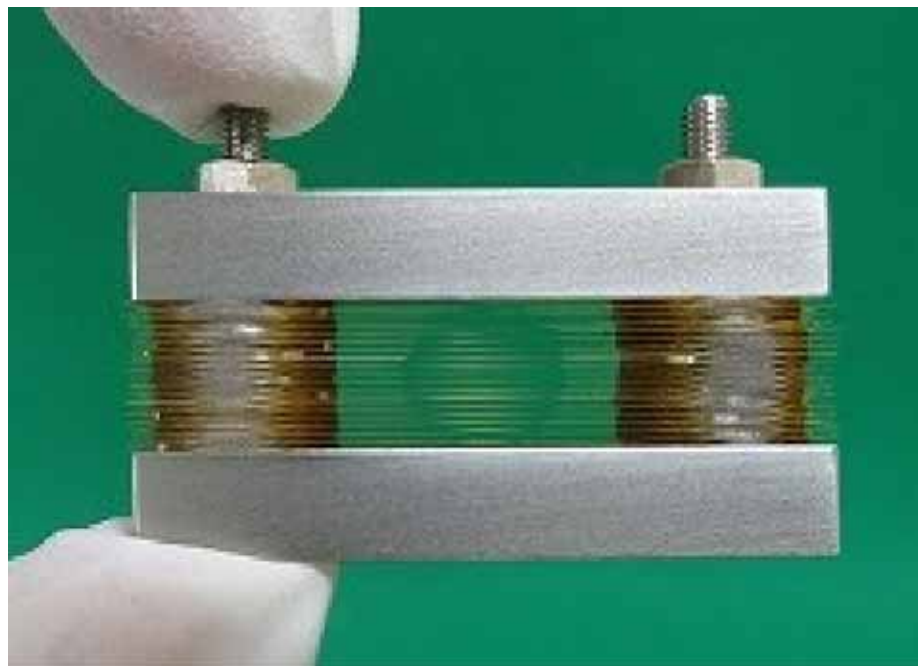


実効屈折率 $n=0.5$ を有する 3次元金属中空スリット凹レンズによる テラヘルツ波の集光測定



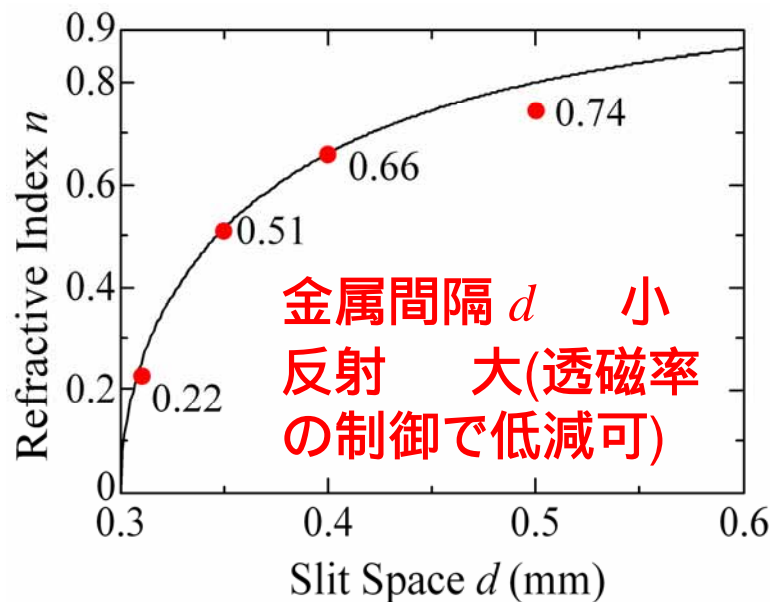
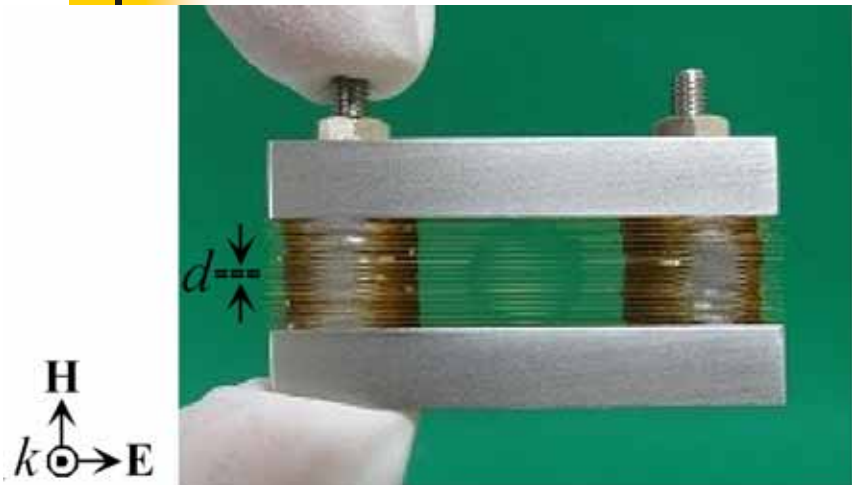
木村 辰也¹ 北原 英明² 高野 恵介² 萩行 正憲² 御田 護³ 富樫 隆久¹ 鈴木 健仁¹

¹茨城大学 電気電子工学科

²大阪大学 レーザーエネルギー学研究センター

³株式会社 M&M研究所

背景と目的



金属間隔 d 小
 反射 大(透磁率
 の制御で低減可)

— : TE₁モードの波長による導出

● : 全構造解析

目的

3次元金属中空スリット
 凹レンズの集光

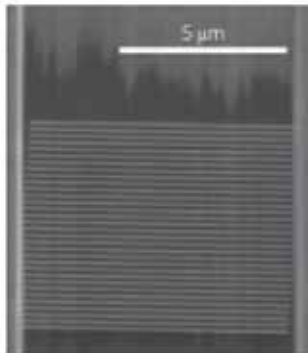
屈折率 $n=0.52$ を有する構造
 0近傍屈折率

- ・波面の位相制御
- ・クロッキング技術への応用

テラヘルツ波帯では材料特性、
 作製法についてマイクロ波帯、
 ミリ波帯より注意深い検討が必要

- ・誘電体損失の低減 中空構造
- ・導体損の低減 金属表面の
金めっき加工

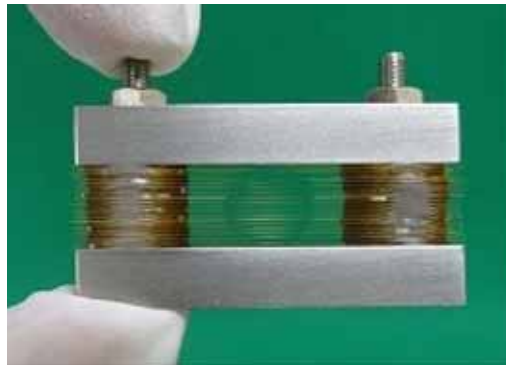
他研究動向内での本研究の位置づけ



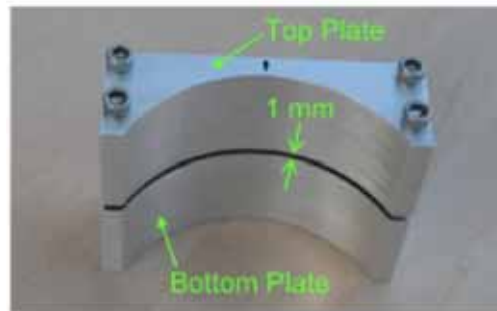
R. Maas, et al.,
Nature Photon.
7, 907 (2013).

・金属の可視光領域で
誘電率の変化、
材質の特性も利用
 ϵ_r : 正 0 負
(波長:短 大)

可視光領域



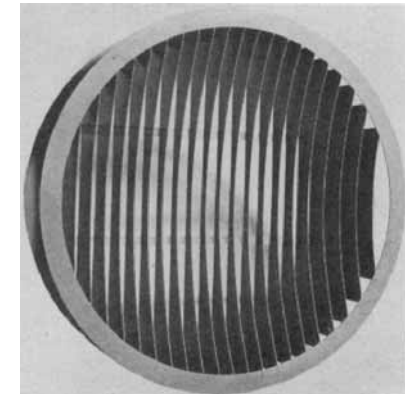
・3次元構造
・金属は完全導体として
振舞う 構造のみで設計



D. M. Mittleman, et al.,
IEEE Trans. Microw.
Theory Tech. 58, 1993 (2010).

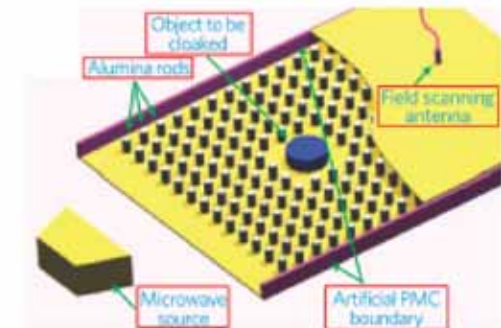
・2次元構造

テラヘルツ波領域



W. E. Kock.
Proc. Inst. Radio Eng.
34, 828 (1946).

・物理的なサイズ:大



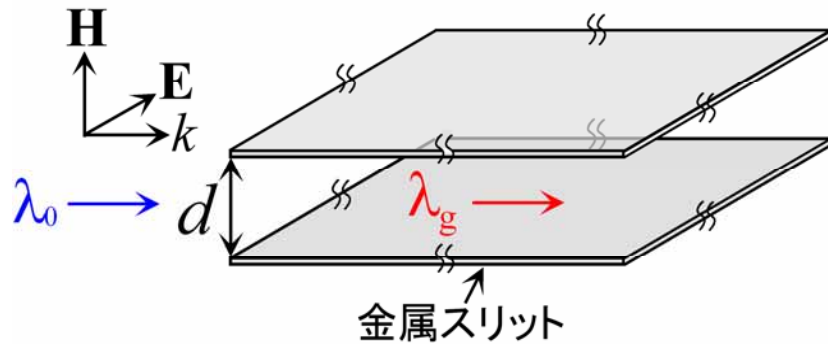
X. Huang, et al.,
Nature Mater.
10, 582 (2011).

・ポスト構造

ミリ波・マイクロ波領域

動作原理

速波効果 (位相の制御)



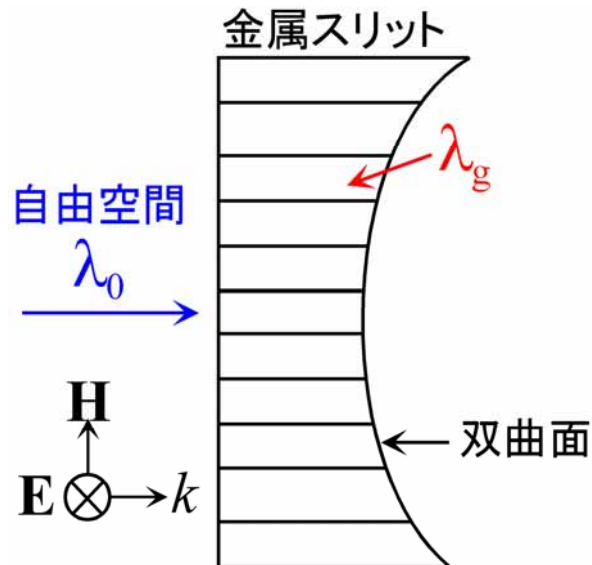
$$\lambda_g = \frac{\lambda_0}{\sqrt{1 - \left(\frac{\lambda_0}{2d}\right)^2}} > \lambda_0 \rightarrow n = \sqrt{1 - \left(\frac{\lambda_0}{2d}\right)^2}$$

λ_0 : 自由空間の波長

λ_g : スリット内波長

n : スリット内の
実効屈折率

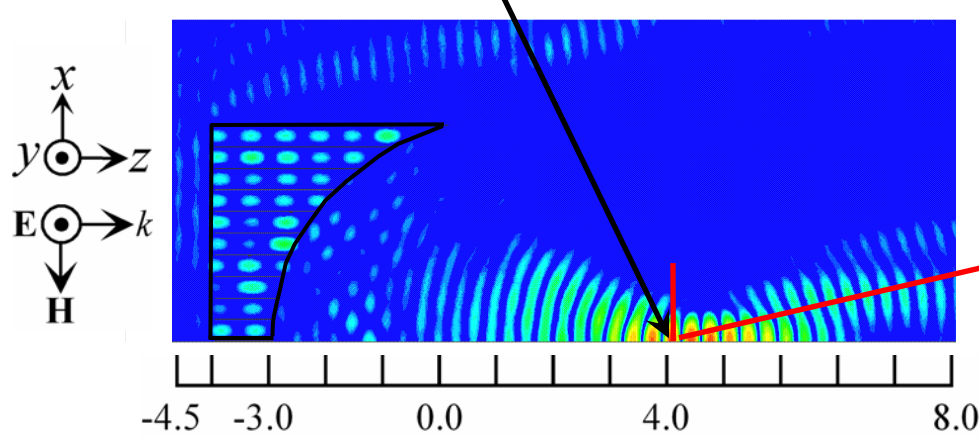
集光効果



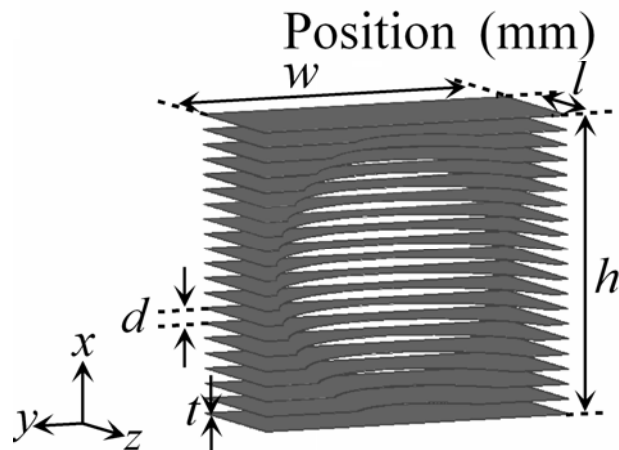
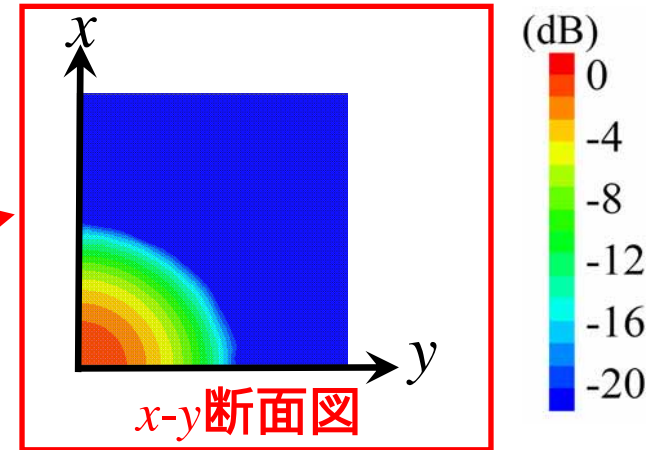
金属内の位相差 → 焦点での集光効果
 $(1-n^2)z^2 - 2f(1-n)z + x^2 = 0$ (双曲面の式)

作製モデルの解析結果

Local Maximum Value ($z=4.06$ mm)



実効屈折率 0.52

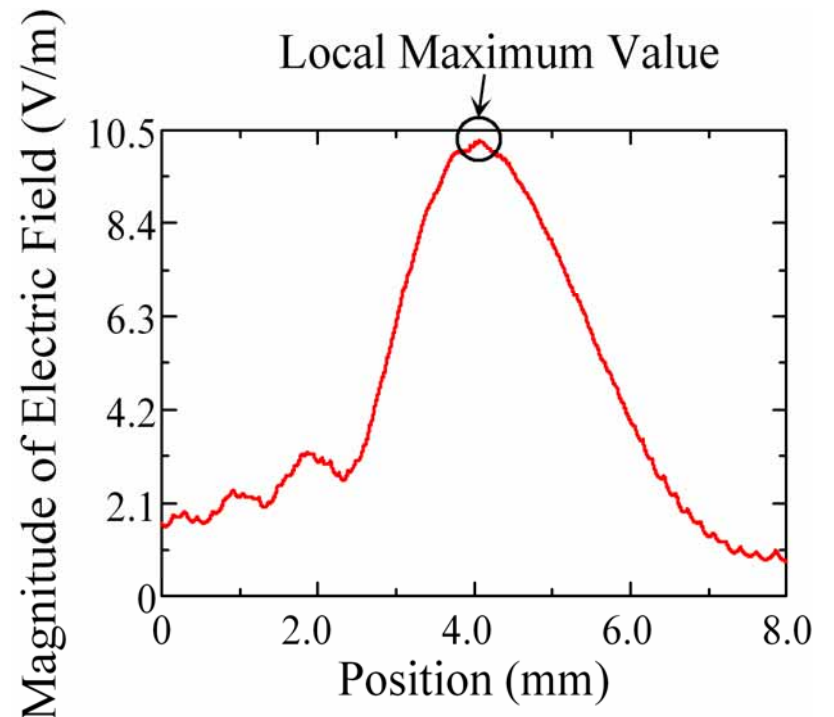


設計周波数 0.50 THz

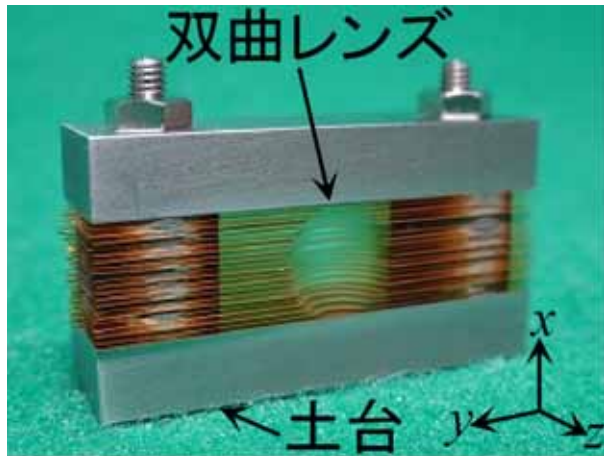
自由空間波長 λ_0 0.60 mm

w	8.0 mm (13.3λ)	l	4.0 mm (6.7λ)
t	20 mm (0.033λ)	h	7.42 mm (12.3λ)
d	0.35 mm (0.58λ)	21Plates	

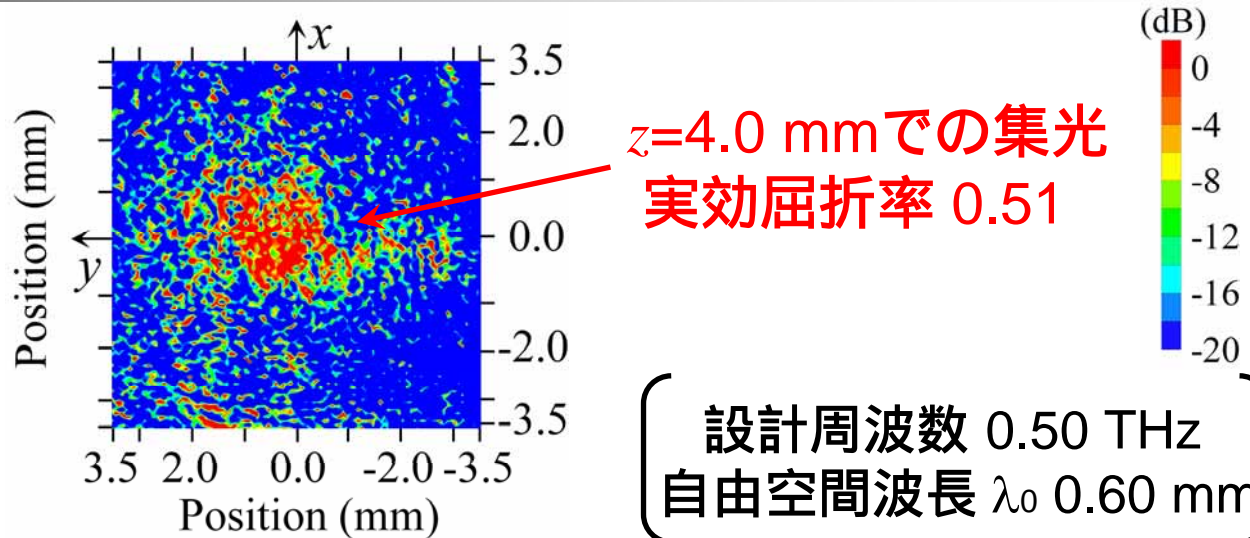
Local Maximum Value



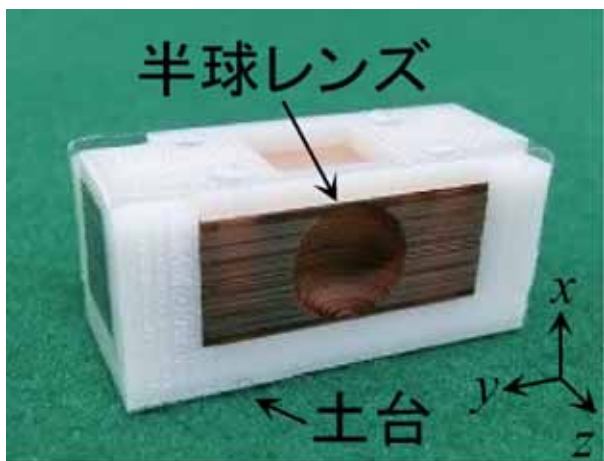
作製した凹レンズの実験結果



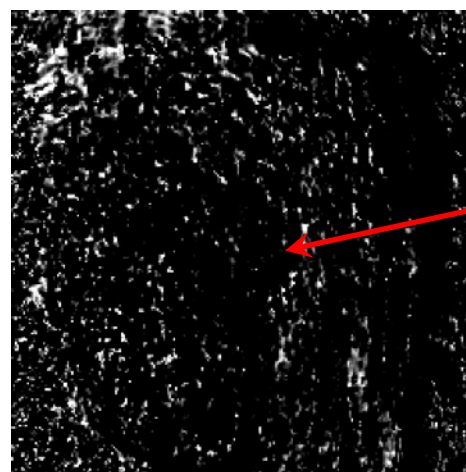
金属スリット中空構造



焦点距離での集光測定



スペーサとして
誘電体を用いた構造



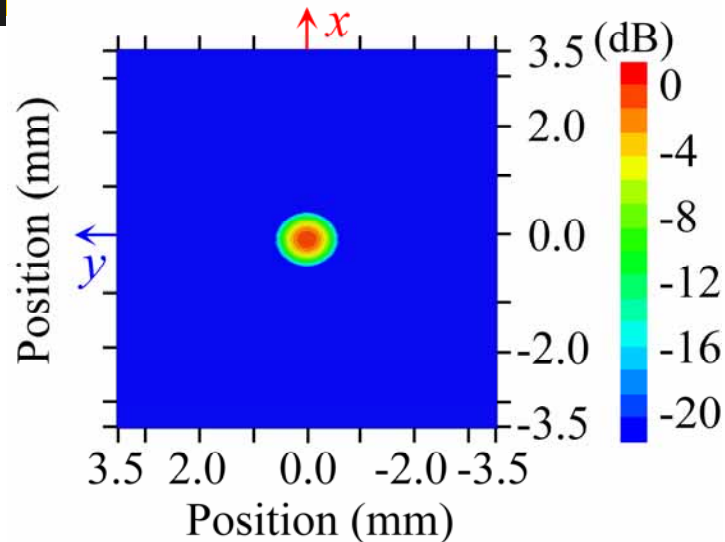
焦点距離での集光測定

集光結果が
得られていない

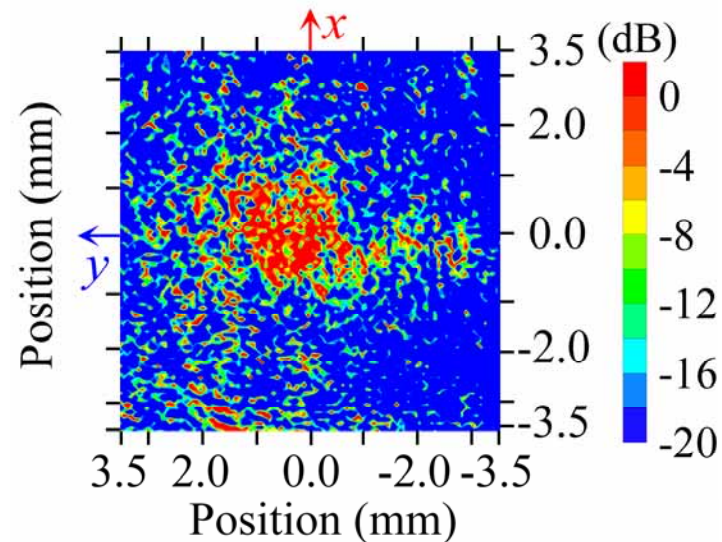
〔黒 1倍
白 10倍〕

〔設計周波数 0.55 THz
自由空間波長 λ_0 0.55 mm〕

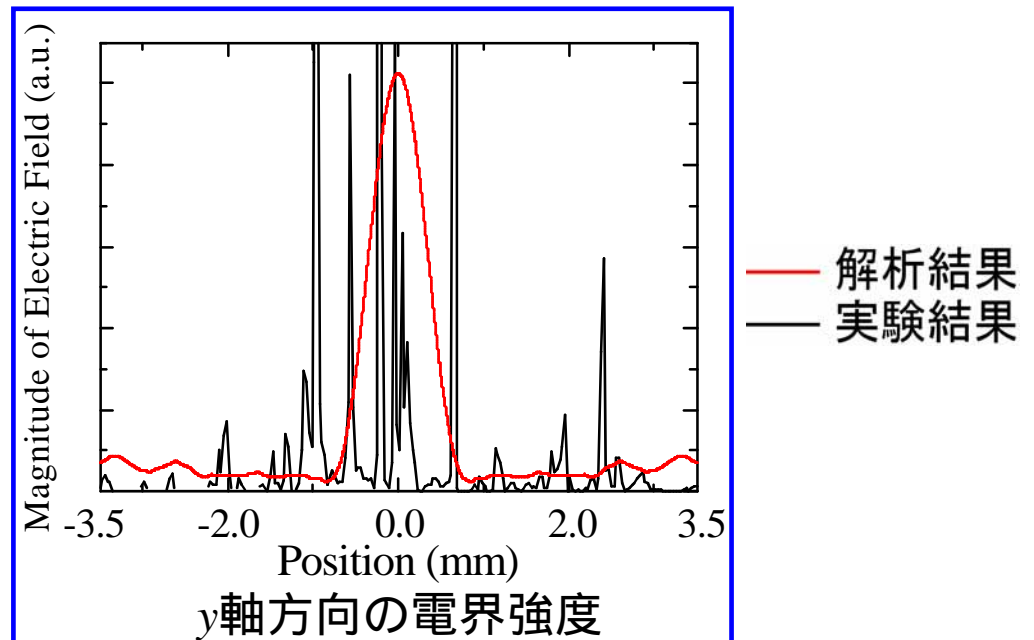
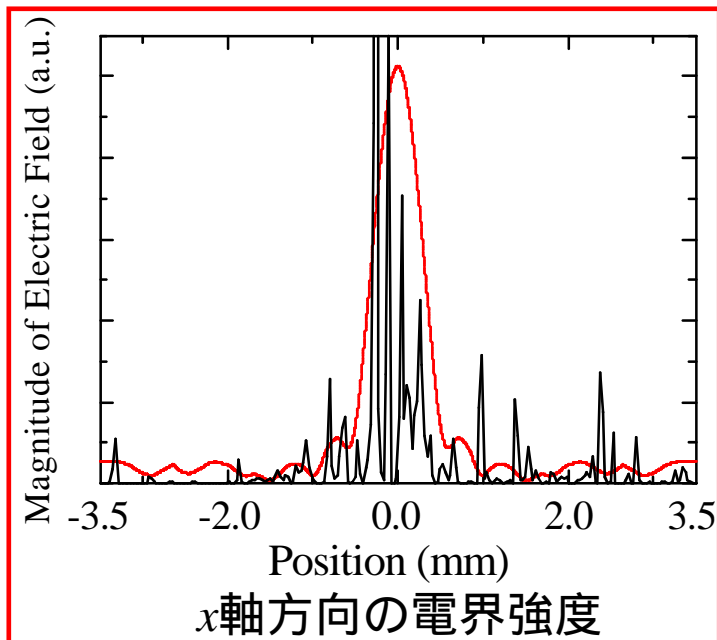
解析・実験結果



0.50 THzでの全構造解析結果

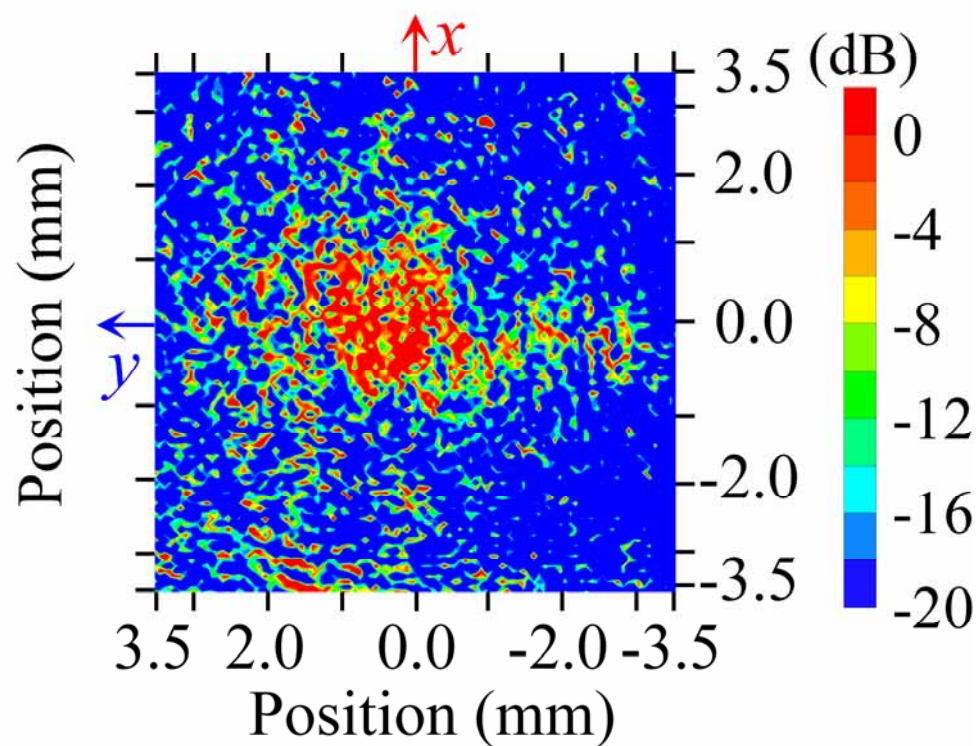
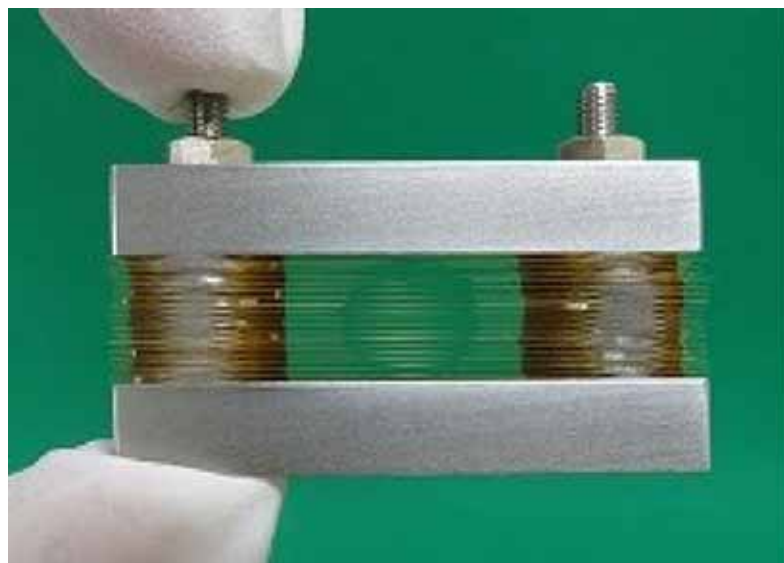


0.50 THzでの実験結果



まとめ

- 全構造解析より屈折率0.52を有する凹レンズの設計、作製を行った。
- 作製した凹レンズの集光結果を得た。





謝辞

本研究の一部は、総務省
SCOPE(122103011)、公益財団法人
双葉電子記念財団の研究助成を
受けたものである。