

茨城大学 鈴木研究室 研究内容紹介 2013



茨城大学 工学部 電気電子工学科 鈴木 健仁

<http://suzuki-lab.ee.ibaraki.ac.jp/>

takehito@mx.ibaraki.ac.jp



本発表の構成

1. 背景・目的
2. テラヘルツ波帯電磁メタマテリアルレンズ
3. 各種光学素子
4. まとめ

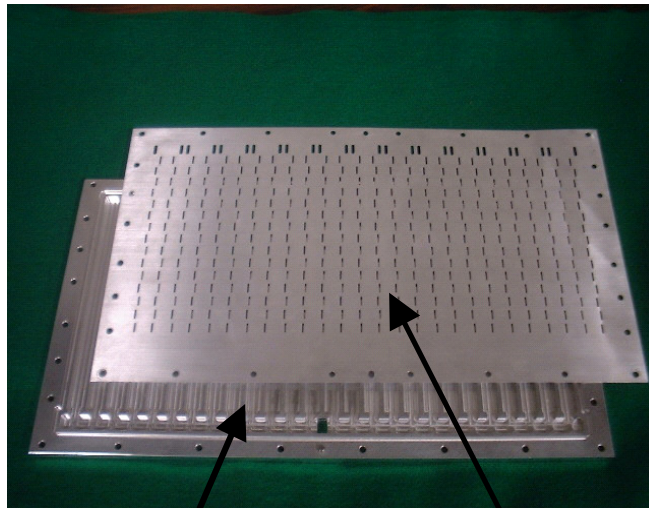


本発表の構成

1. 背景・目的
2. テラヘルツ波帯電磁メタマテリアルレンズ
3. 各種光学素子
4. まとめ

背景と目的 (マイクロ波・ミリ波)

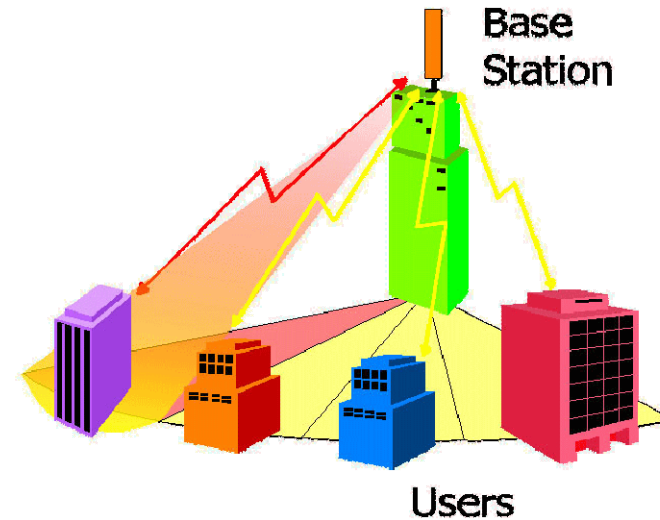
一層構造導波管スロット アレーアンテナ



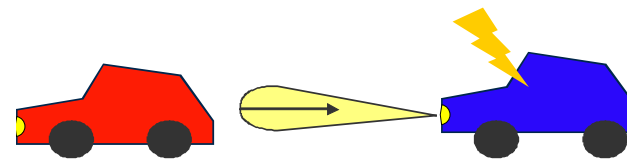
放射導波管

スロット板

高周波数帯で
高利得、高効率
実現可能

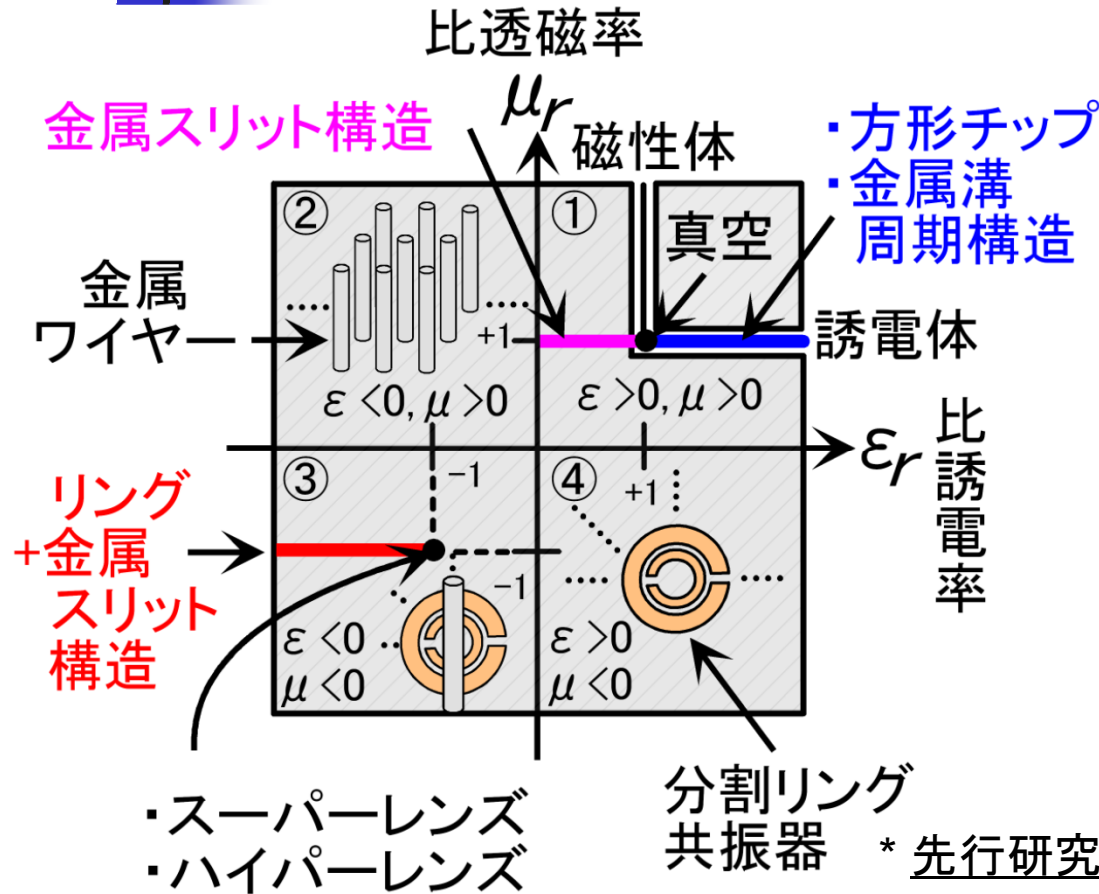


固定無線アクセス



自動車レーダ

背景と目的 (テラヘルツ波)



- ・高屈折率無反射構造
- ・負の屈折率構造
- ・ゼロ近傍屈折率構造



回折限界を超えたイメージング、テラヘルツナノイメージング*、高利得アンテナなど新たな観測ツールへの応用が可能となる

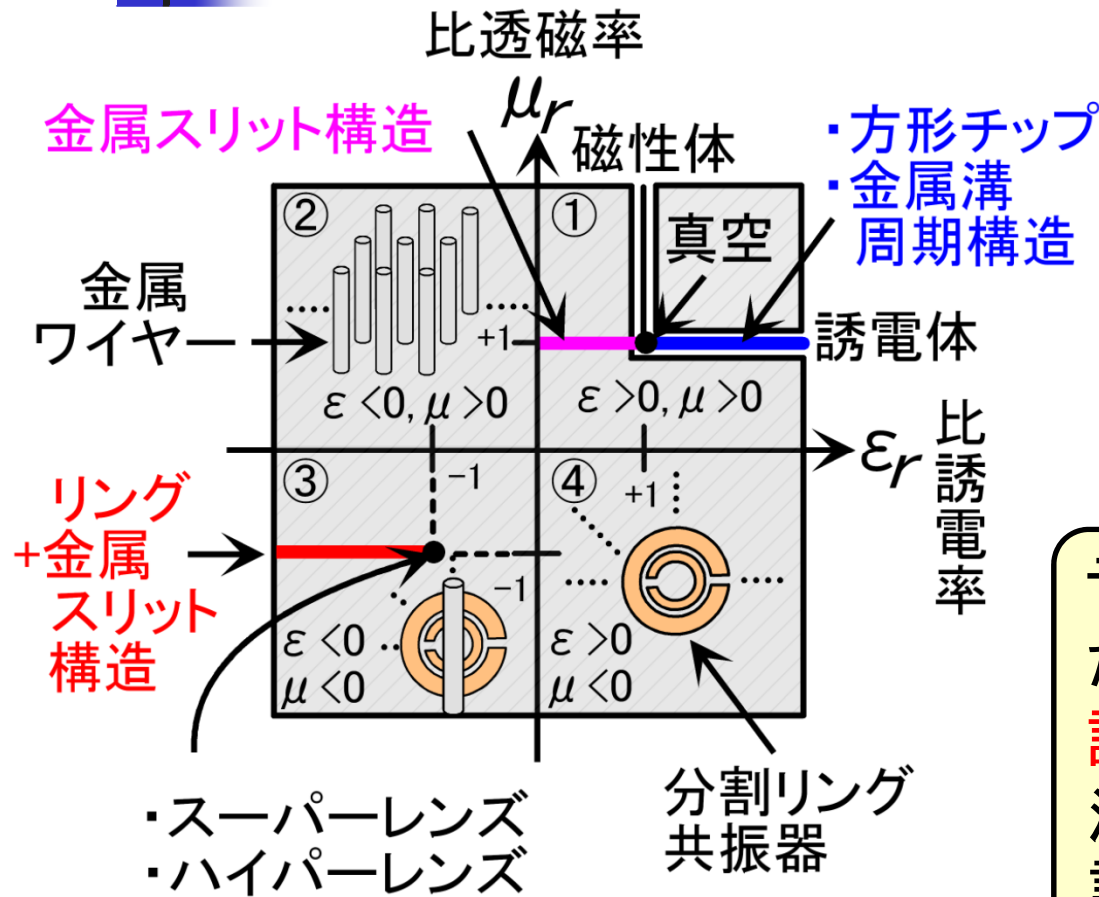
* 先行研究 Y. Kawano and K. Ishibashi, Nature Photonics, vol. 2, pp. 618-621, Oct. 2008.

総務省SCOPE若手ICT研究者等育成型研究開発(2012年6月-2015年3月)

「テラヘルツ波高機能制御のための電磁メタマテリアルによる人工誘電体レンズを実装した高感度放射検出素子の研究開発」

研究代表者:鈴木健仁(茨城大学) 研究分担者:高野恵介(大阪大学 萩行研究室)

背景と目的 (テラヘルツ波)



目的
積層薄フィルム構造による
テラヘルツ波帯
電磁メタマテリアルレンズ

テラヘルツ波帯では電気特性
だけでなく**材料特性、試作法、
試作実現性**についてマイクロ
波、ミリ波より一層注意深い検
討が必要

- ・ Tsurupica $n = 1.52$
- ・ MgO $n = 3.1$
- ・ シリコン $n = 3.4$

損失との
闘い

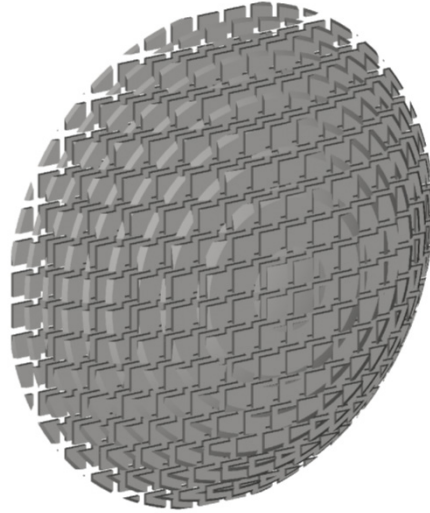
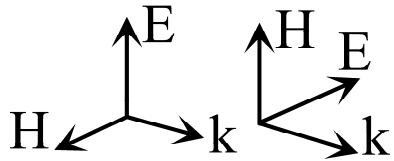
- ・ 誘電体損
 - ・ シクロオレフィンポリマー: **小**
 - ・ メチルペンテンポリマー: **小**
 - ・ ポリイミド: **大**
- ・ 導体損
 - 高導電率: Cu, Al, Au, Ag
 - ・ PET: **大**

①～④ テラヘルツ波人工誘電体レンズ

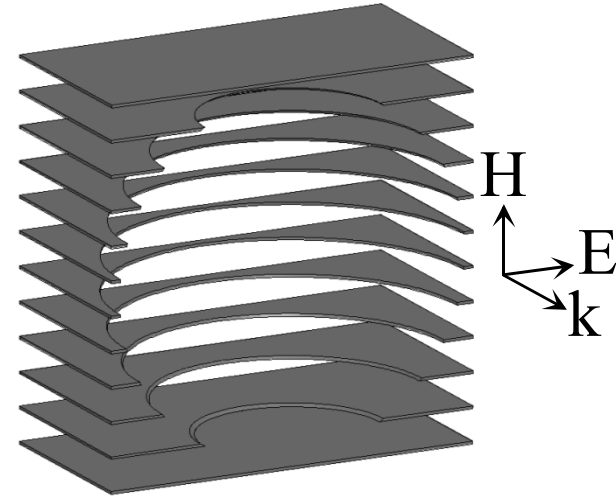
①

金属方形
チップ
周期構造

$n > 1 (n < -1)$



積層薄フィルム(板)構造



③

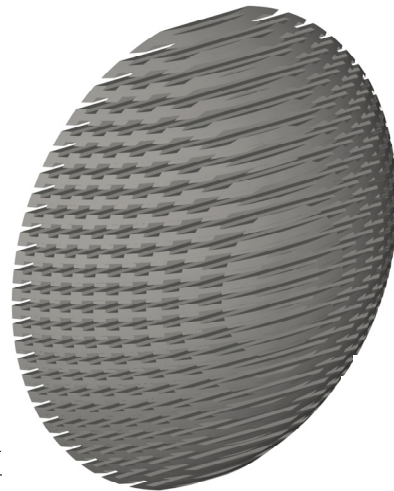
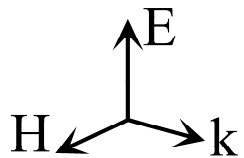
金属
スリット
構造

$0 < n < 1$

②

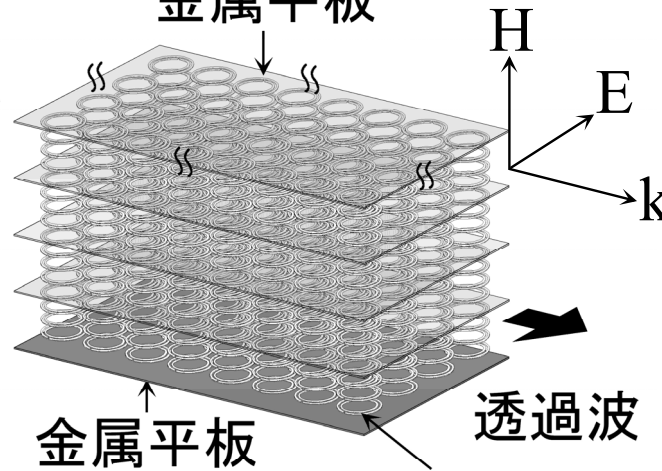
金属溝
周期構造

$n > 1$



反射波
入射波

金属平板

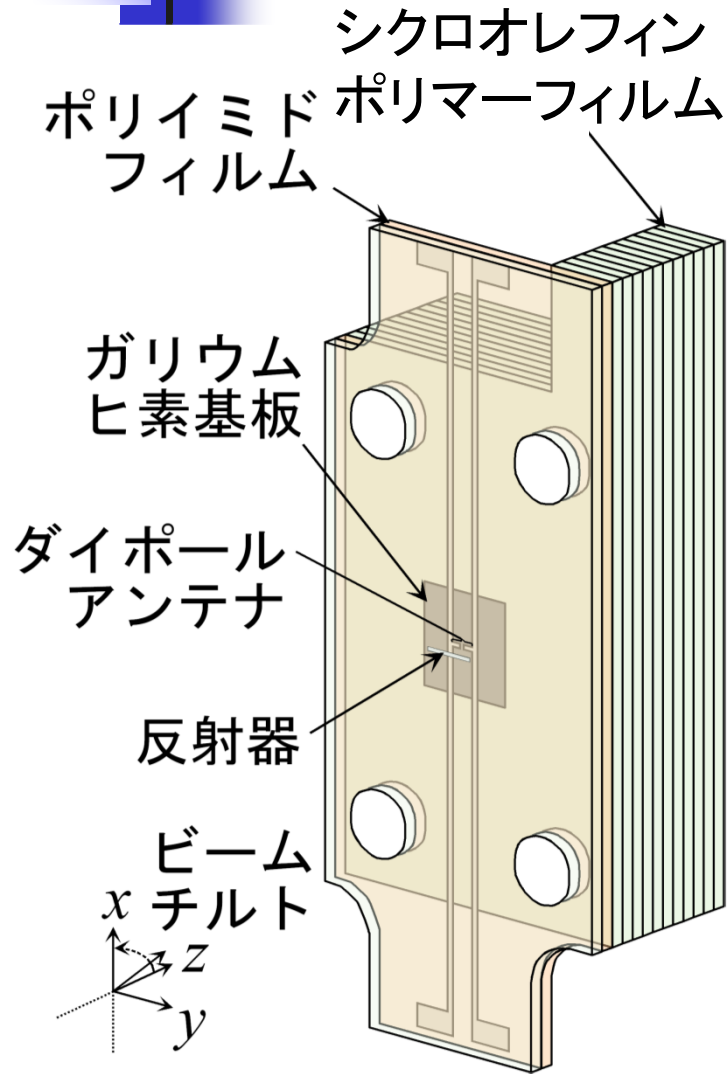


④

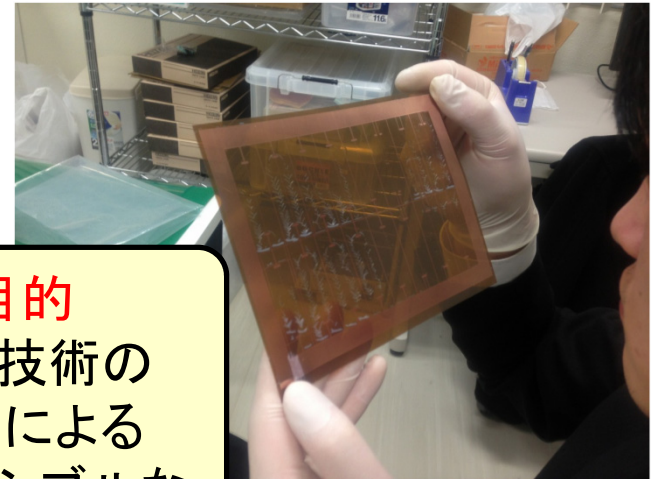
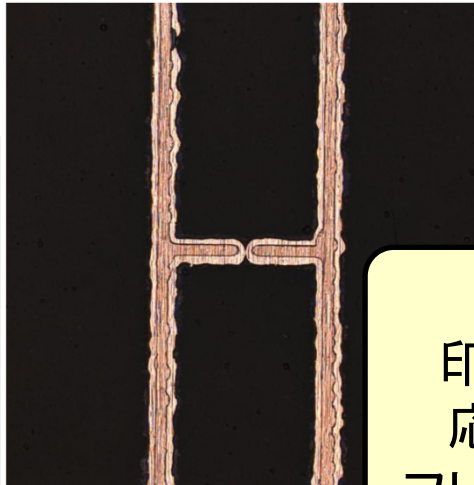
リング
+金属
スリット
構造

$n < 0$

⑤ テラヘルツ波帯アンテナ



積層薄フィルム構造による
八木・宇田型光伝導アレーアンテナ



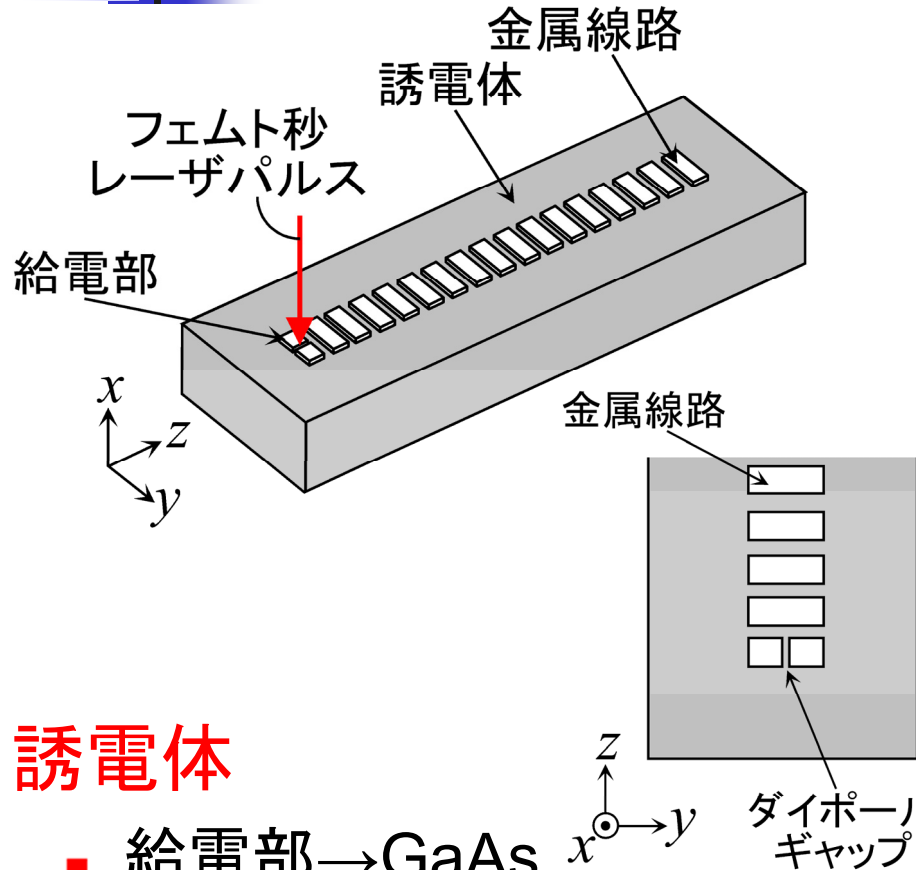
目的
印刷技術の
応用による
フレキシブルな
アンテナの開発

パターンめっき・転写法(日立化成株式会社)

- ・安価に作製
- ・高価な低温成長ヒ素化ガリウム基板の再利用の検討

初回の作製で
現在ギャップ部が ➡ 今後検討を進め改善
通電

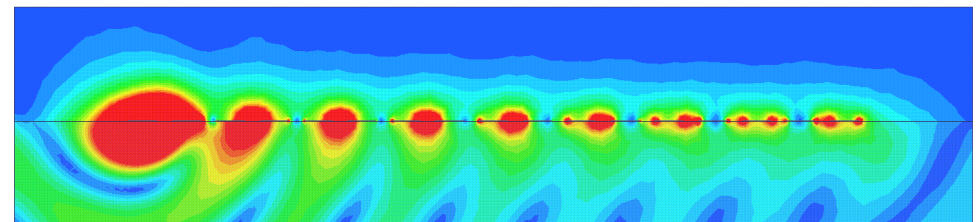
⑥ テラヘルツ波伝送線路



目的
 ダイポールアレー構造において
 表面波を用いた高効率な
 テラヘルツ波伝送線路の設計
 ↓
**平面でオンチップ化可能な
 伝送線路**

誘電体

- 給電部 → GaAs (フェムト秒レーザー照射により光伝導電流を発生)
- 伝送線路 → シクロオレフィンポリマーフィルム (低損失)



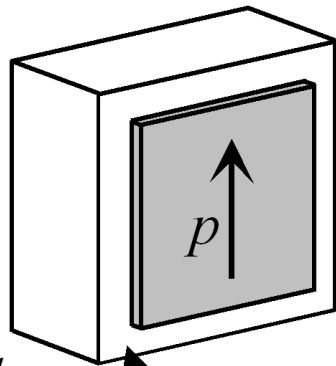
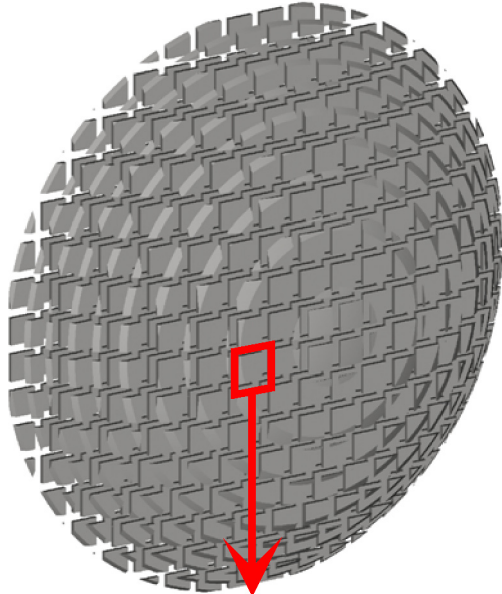
ガリウムヒ素基板 断面図



本発表の構成

1. 背景・目的
2. テラヘルツ波帯電磁メタマテリアルレンズ
解析→設計→試作→測定
3. 各種光学素子
4. まとめ

① 金属方形チップ周期構造によるレンズ



低損失フィルム
 p :電気双極子

全構造

・波長より大規模

3.01 mm

$5.0\lambda @ 0.5 \text{ THz}$

高屈折率

負屈折率

単位構造

・波長より微細で周期

120 μm

$0.2\lambda @ 0.5 \text{ THz}$

高解像度



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

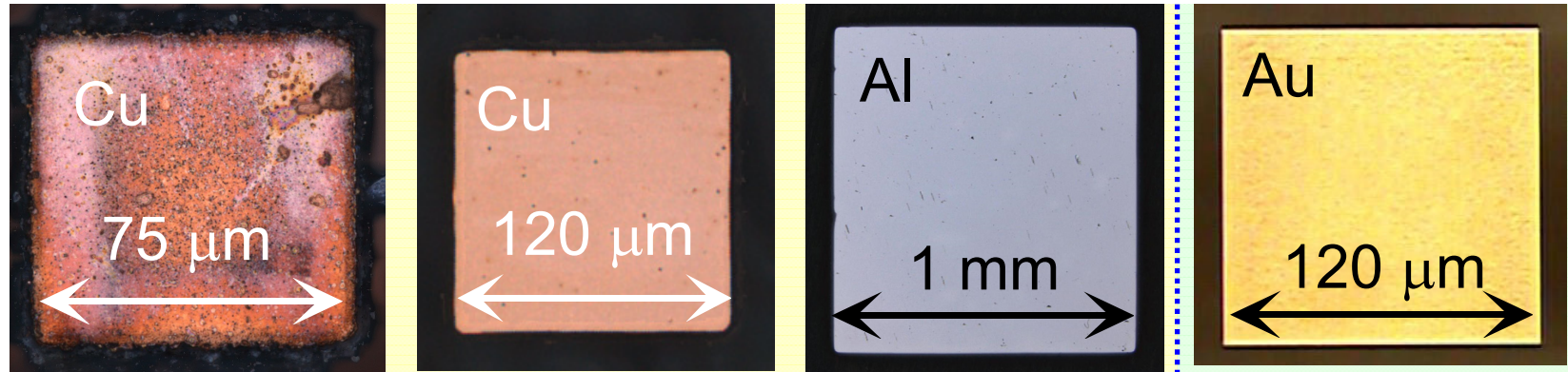
レーザー加工
 エッチング加工
 マスク蒸着

> 数 μm ~
 数10 μm >

リフトオフ

- ・誘電体損 {
 - ・シクロオレフィンポリマー: 小
 - ・メチルペンテンポリマー: 小
 - ・ポリイミド: 大
- ・PET: 大
- ・導体損
- 高導電率: Cu, Al, Au, Ag

金属方形チップ周期構造の試作



バッファ層
(接着部)
作製精度
加工範囲
金属膜厚

| | レーザー加工 | エッチング加工 | マスク蒸着 | リフトオフ |
|-------------|------------|---------|---------|------------|
| バッファ層 (接着部) | クロム(10 nm) | なし | なし | クロム(10 nm) |
| 作製精度 | 5 μm | 5~10 μm | 5~10 μm | 1 μm |
| 加工範囲 | A4 | 6インチ | 6インチ | 6インチ |
| 金属膜厚 | 0.35 μm | 0.5 μm | 0.5 μm | 0.05 μm |

Y. Takebayashi, et al., META 2013, 5A1-META, pp. 99-100, Mar. 2013.より

スパッタ成膜

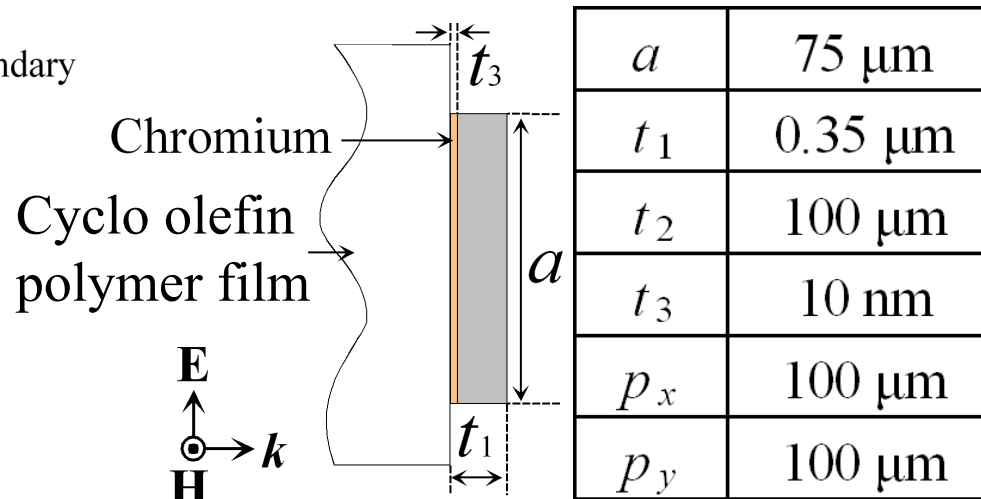
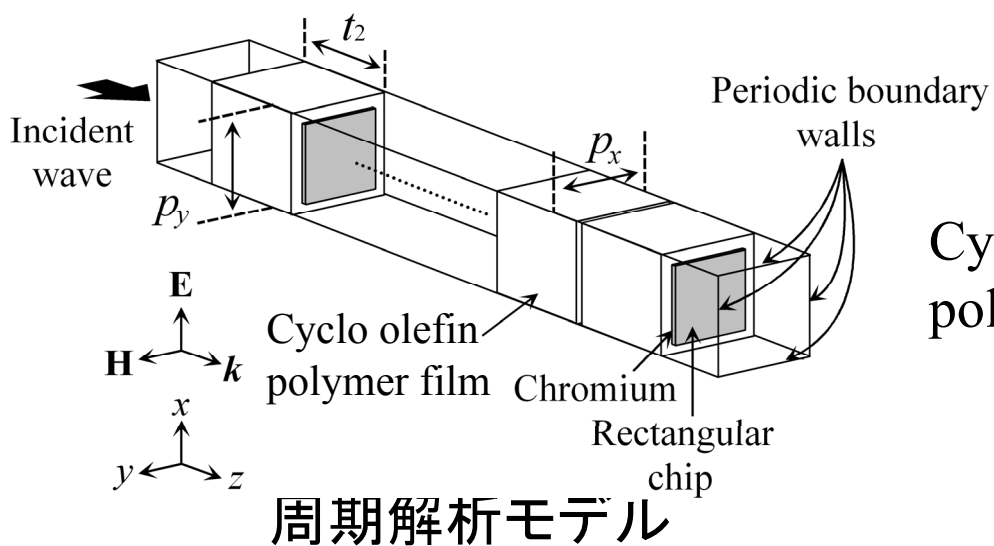
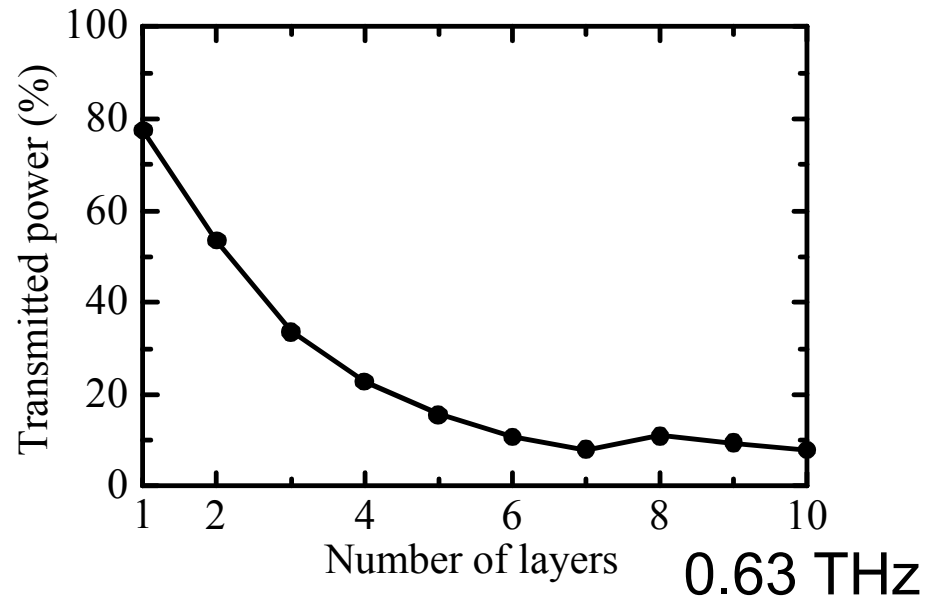
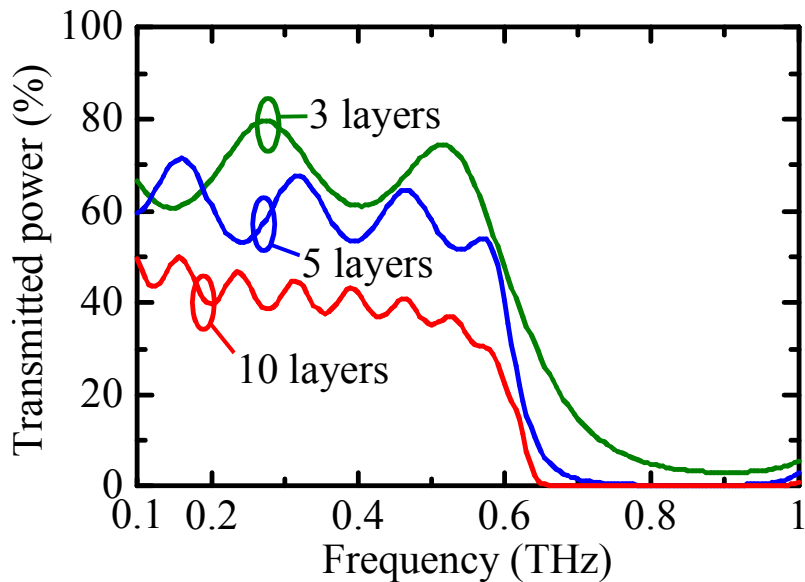
・シクロオレフィンフォンポリマー

・銅膜厚 (0.5 THz)

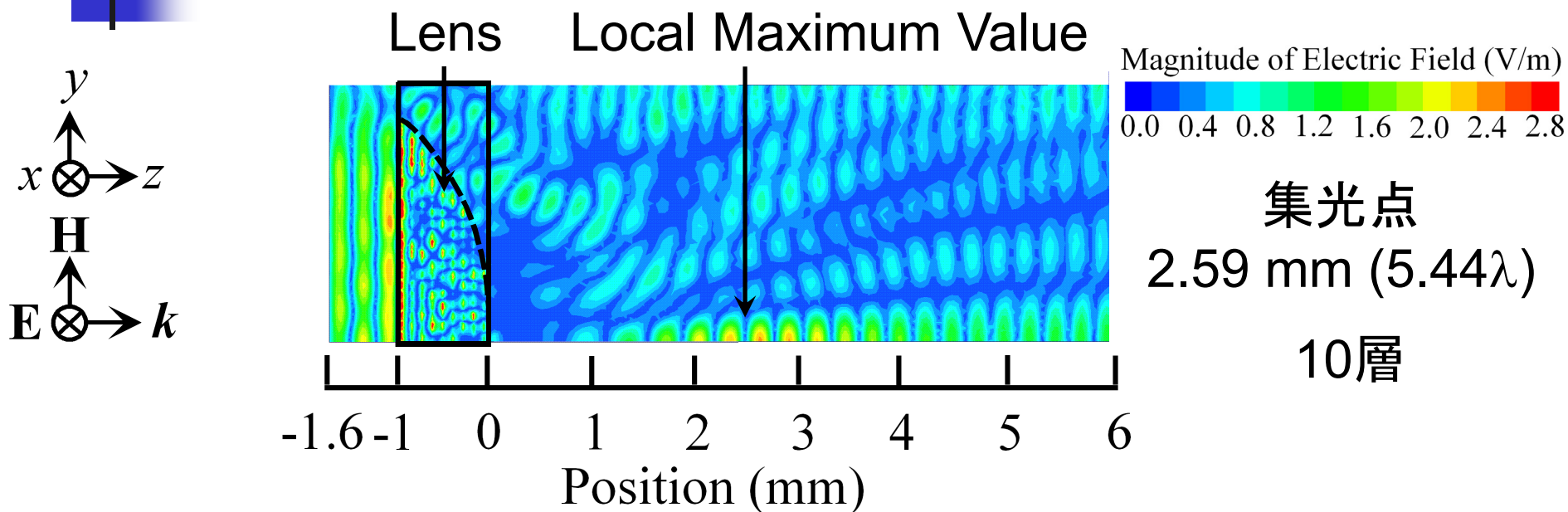
: 損失小
(ポリイミド: 損失大)

$$\rightarrow \delta = \sqrt{\frac{2}{\omega\mu\sigma}} = 93 \text{ nm} \times 2\sim 3 \text{ 倍以上}$$

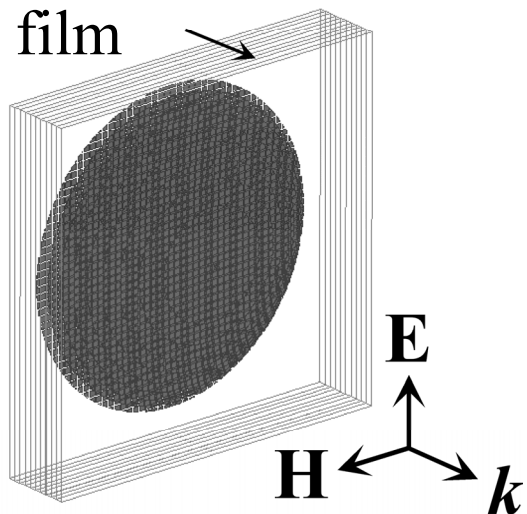
損失の見積もり



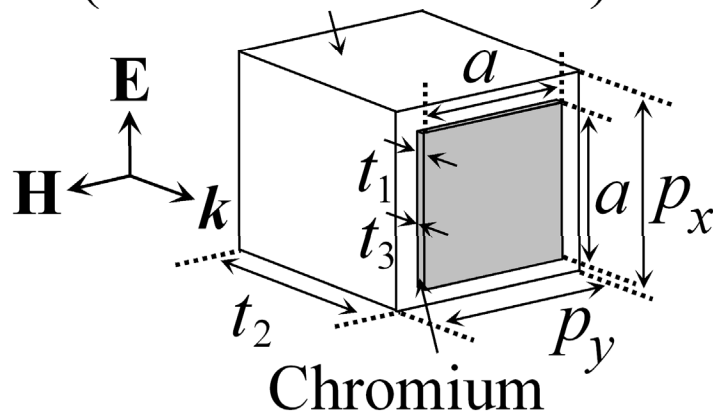
パターンA (0.63 THz)



Cyclo olefin polymer film



Cyclo olefin polymer film
(Refractive index n)

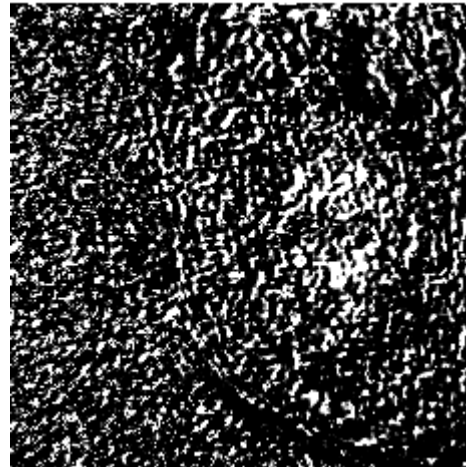


| | |
|-------|--------------------|
| a | $75 \mu\text{m}$ |
| p_x | $100 \mu\text{m}$ |
| p_y | $100 \mu\text{m}$ |
| t_1 | $0.35 \mu\text{m}$ |
| t_2 | $100 \mu\text{m}$ |
| t_3 | 10 nm |

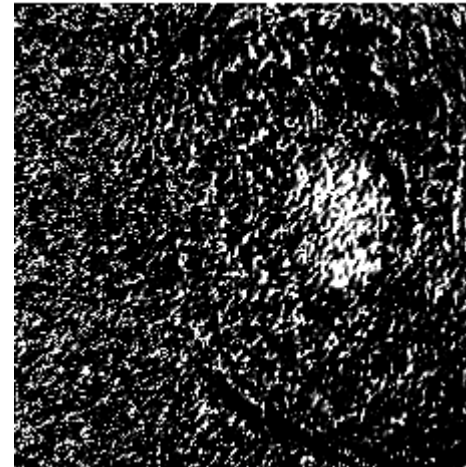
パターンA (0.63 THz)



積層構造
レーザー加工



レンズからの1.73 mm
距離



2.23 mm

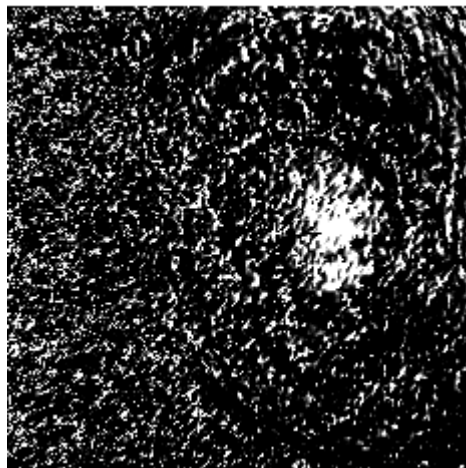
白:4倍 黒:1倍



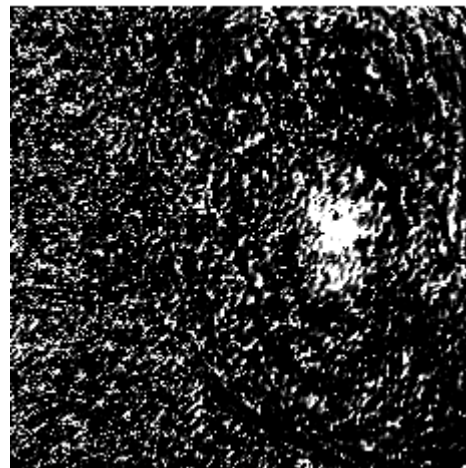
M1 竹林君

北原英明博士
高野恵介博士
萩行正憲教授
との共同研究

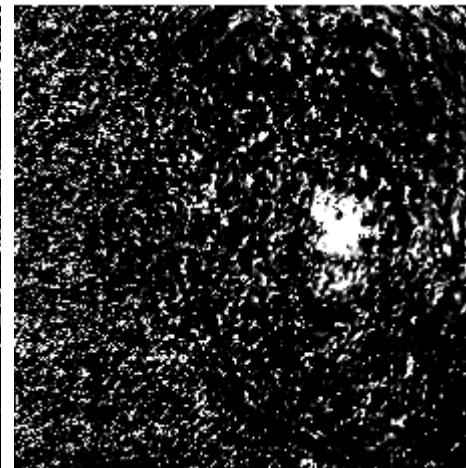
集光点



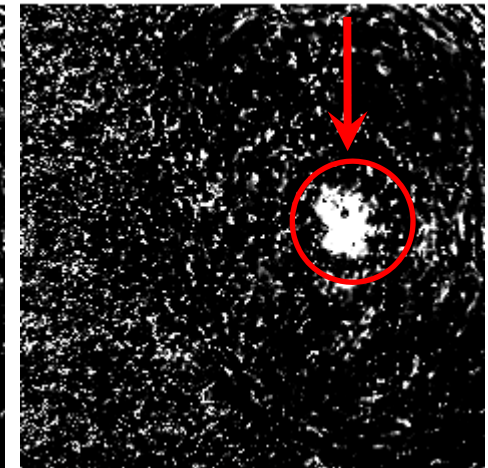
2.73 mm



3.23 mm



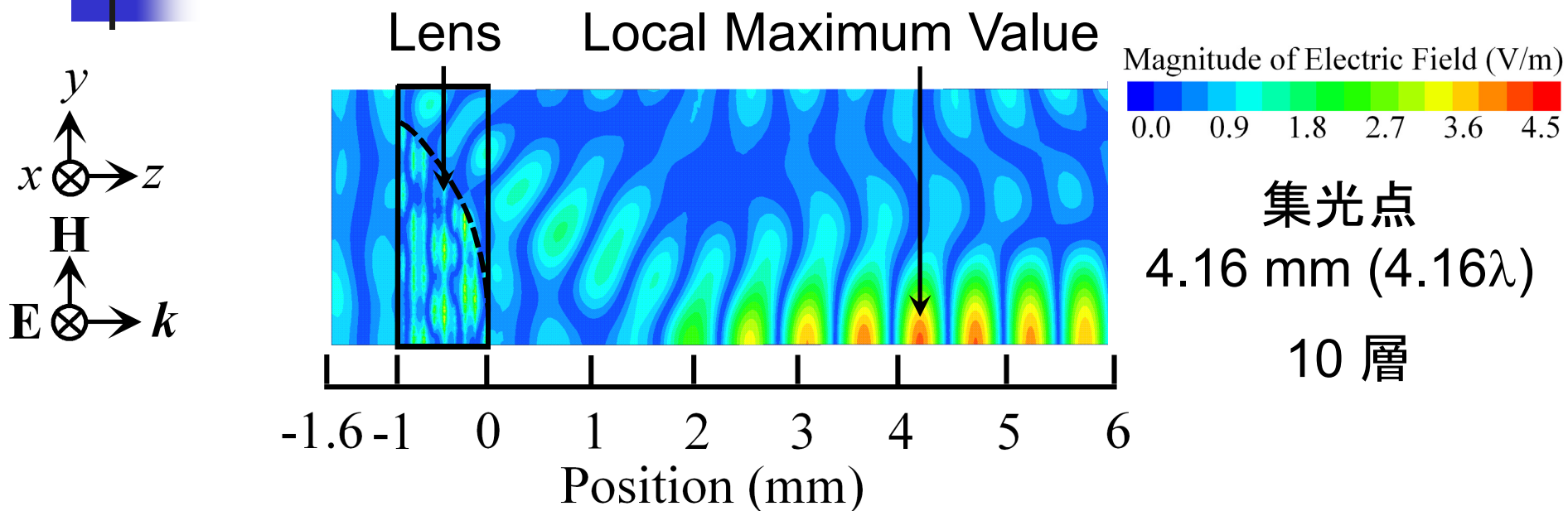
3.73 mm



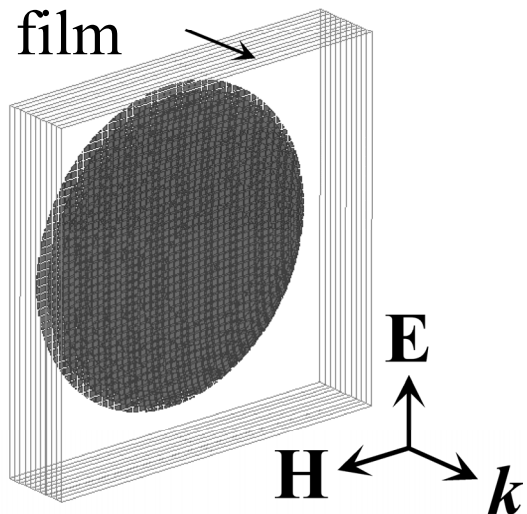
4.23 mm

テラヘルツ近接場顕微鏡

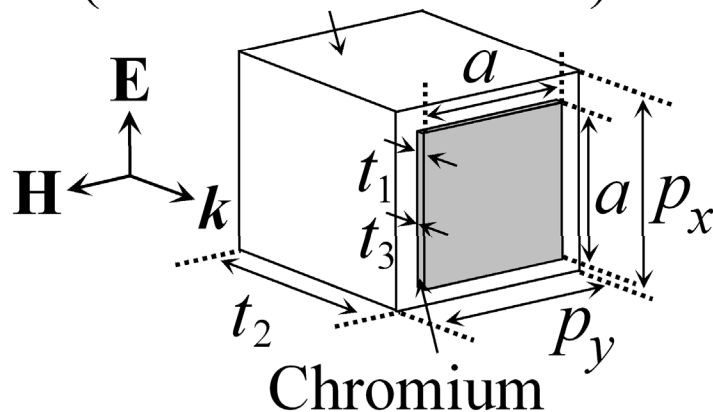
パターンA (0.63 THz)



Cyclo olefin polymer film

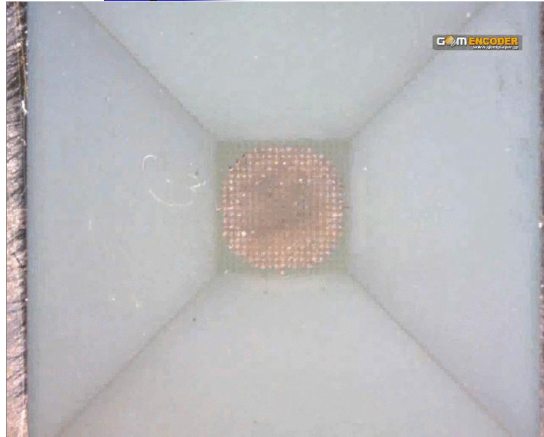


Cyclo olefin polymer film (Refractive index n)



| | |
|-------|--------------------|
| a | $75 \mu\text{m}$ |
| p_x | $100 \mu\text{m}$ |
| p_y | $100 \mu\text{m}$ |
| t_1 | $0.35 \mu\text{m}$ |
| t_2 | $100 \mu\text{m}$ |
| t_3 | 10 nm |

パターンA (0.30 THz)

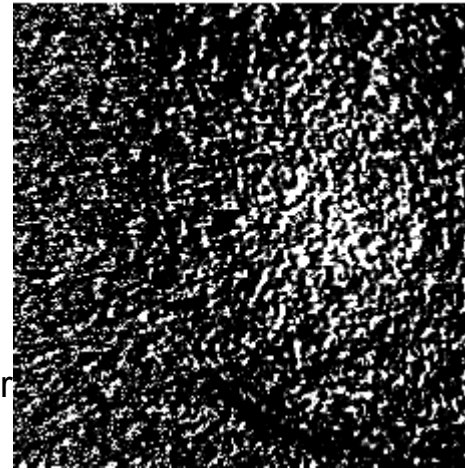


白:4倍
黒:1倍

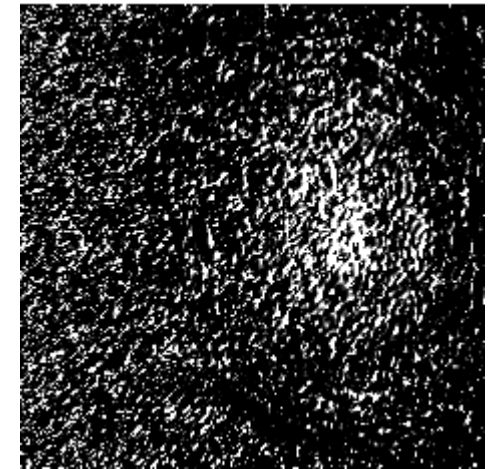
Y. Takebayashi, et al.,
META 2013, 5A1-
META, pp. 99-100, Mar
2013.より

積層構造
レーザー加工

レンズからの
距離

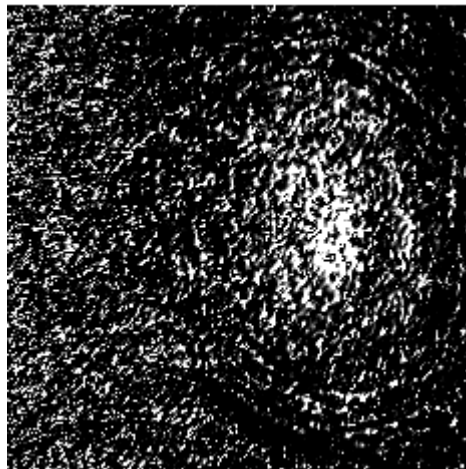


1.73 mm

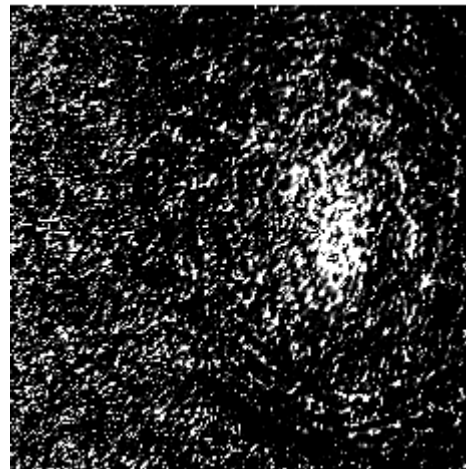


2.23 mm

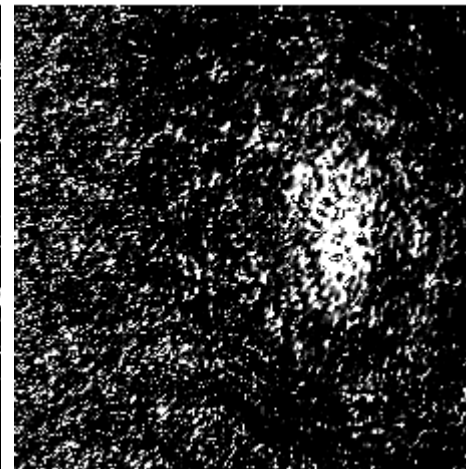
集光点



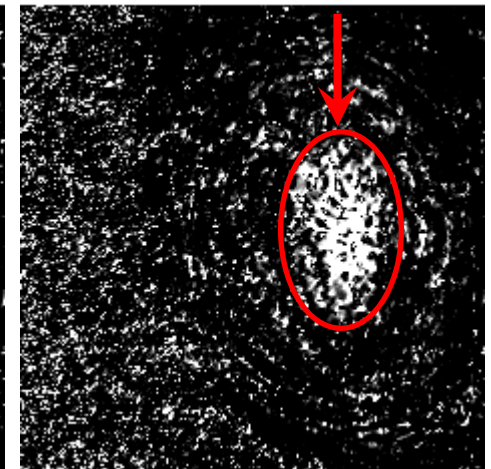
2.73 mm



3.23 mm



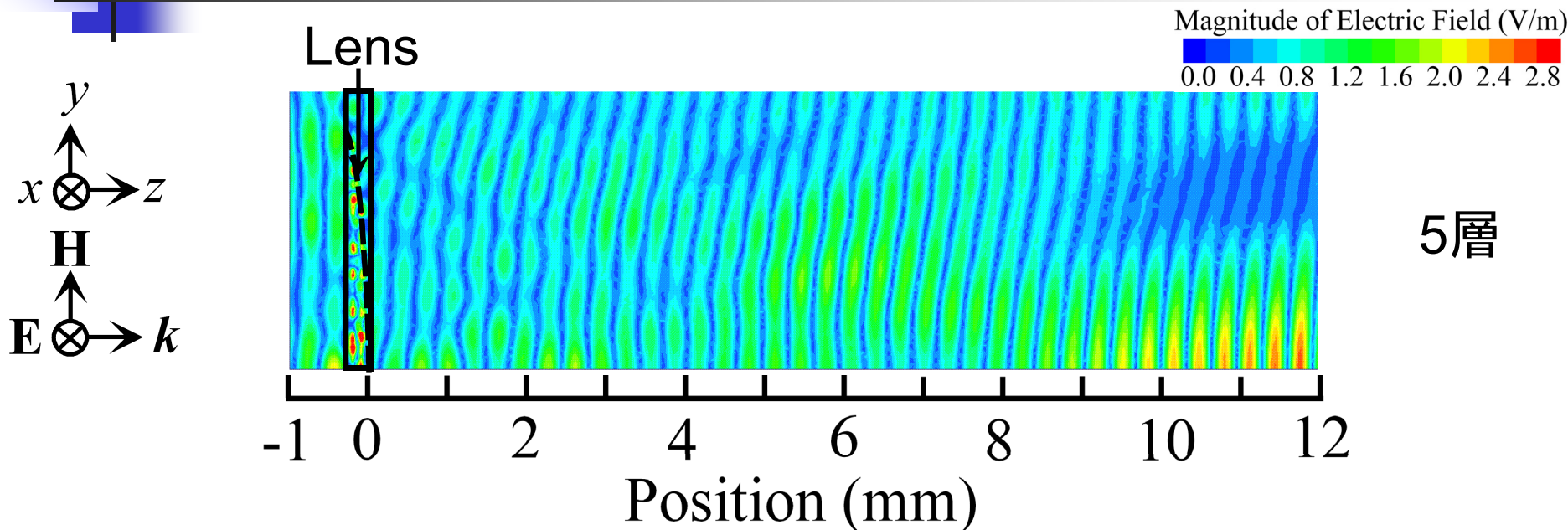
3.73 mm



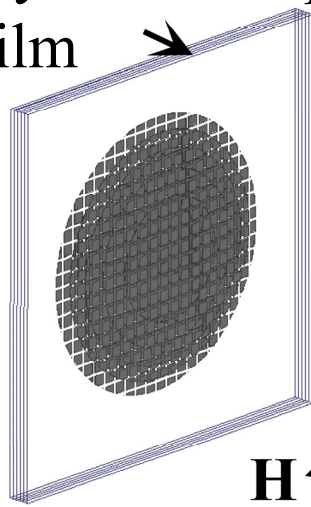
4.23 mm

テラヘルツ近接場顕微鏡

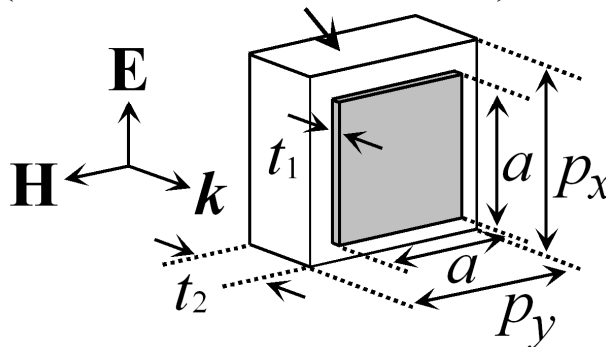
パターンB (0.48 THz)



Cyclo olefin polymer film

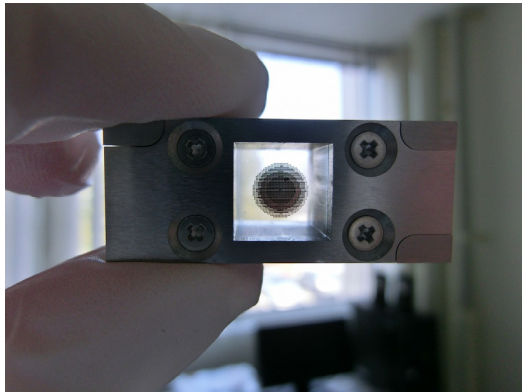


Cyclo olefin polymer film (Refractive index n)

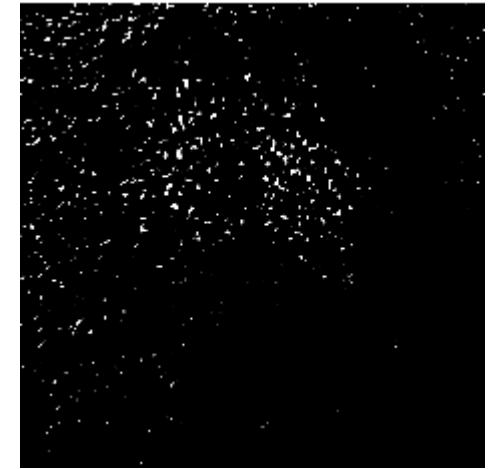
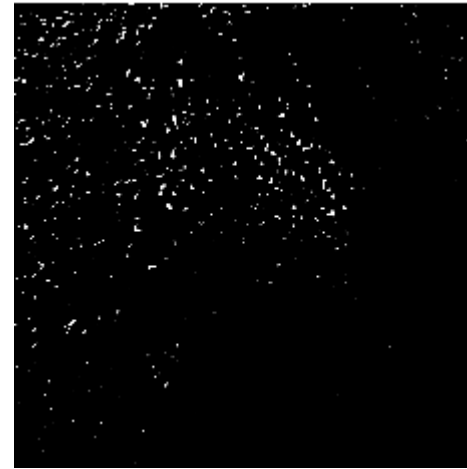


| | |
|-------|-------------------|
| a | 120 μm |
| p_x | 160 μm |
| p_y | 160 μm |
| t_1 | 0.5 μm |
| t_2 | 50 μm |

パターンB (0.48 THz)



白:1.7倍
黒:1倍

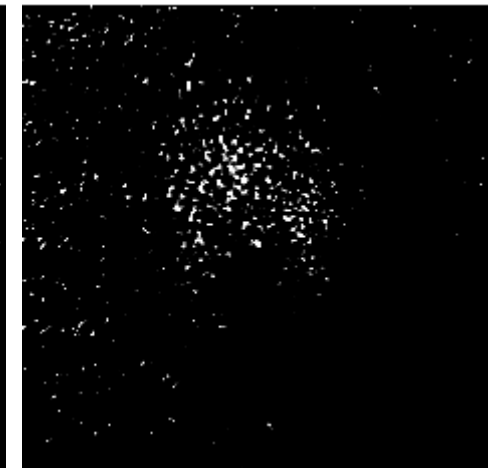
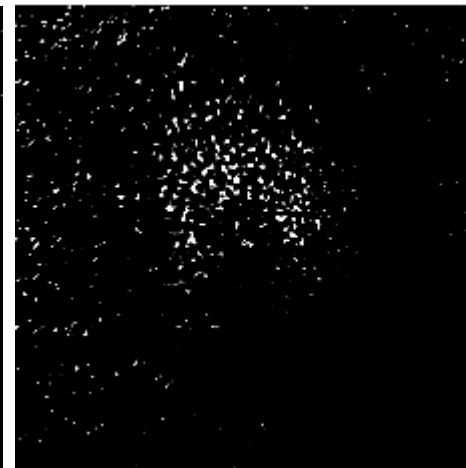
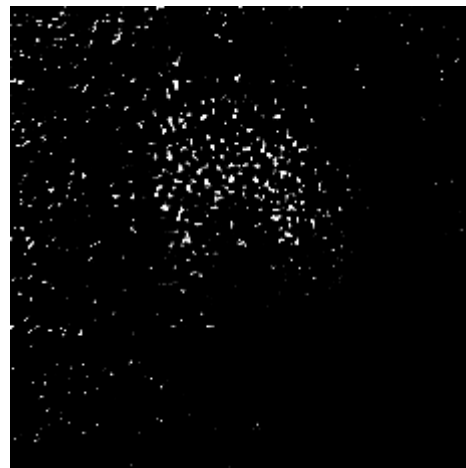
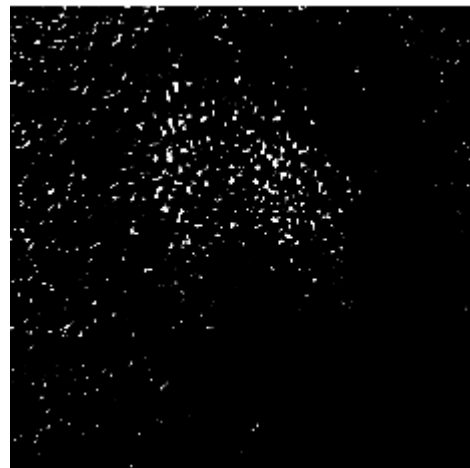


積層構造
エッチング加工

レンズからの
距離

5.0 mm

6.0 mm



7.0 mm

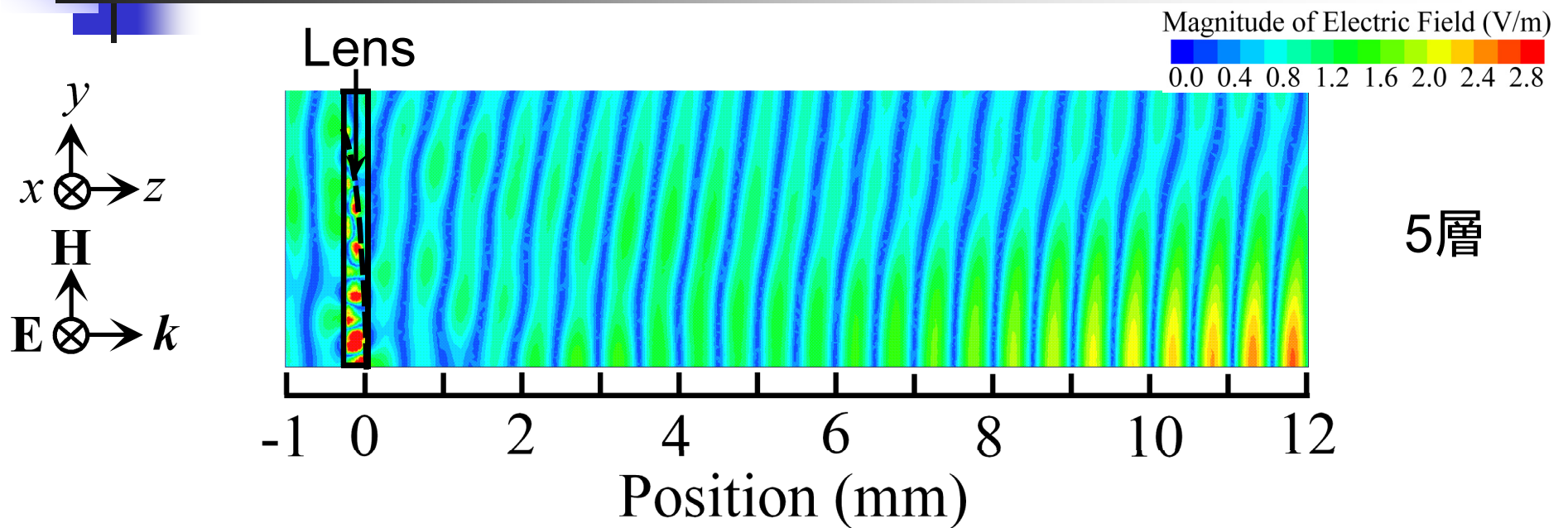
8.0 mm

9.0 mm

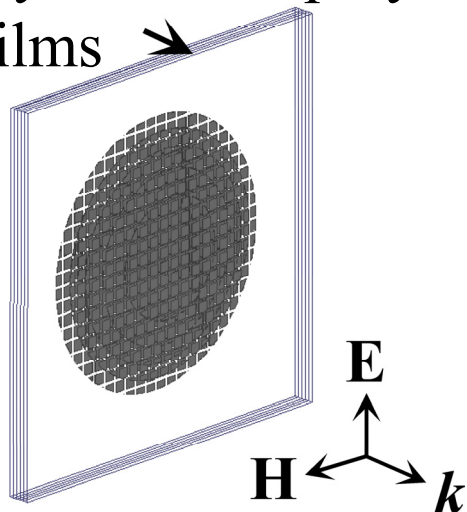
10.0 mm

テラヘルツ近接場顕微鏡

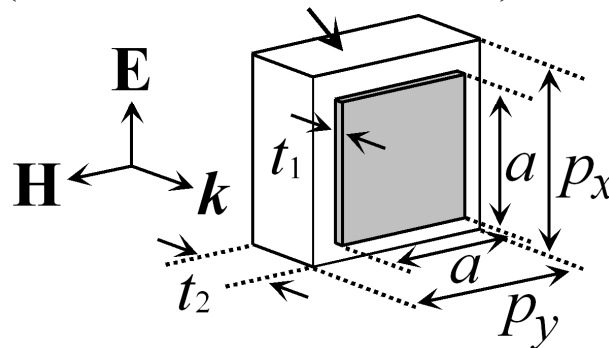
パターンB (0.30 THz)



Cyclo olefin polymer films

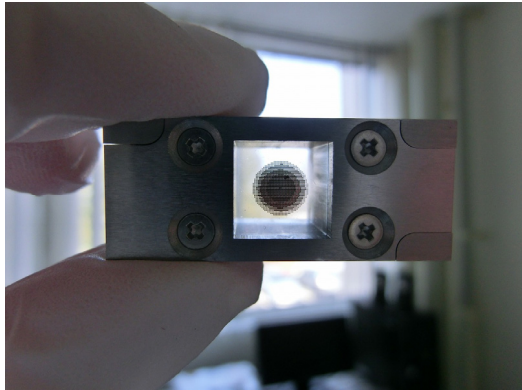


Cyclo olefin polymer film (Refractive index n)



| | |
|-------|-------------------|
| a | 120 μm |
| p_x | 160 μm |
| p_y | 160 μm |
| t_1 | 0.5 μm |
| t_2 | 50 μm |

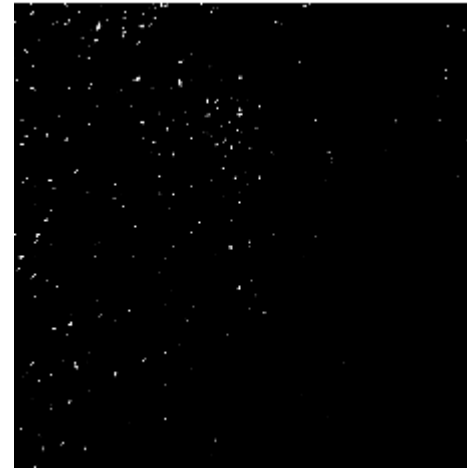
パターンB (0.30 THz)



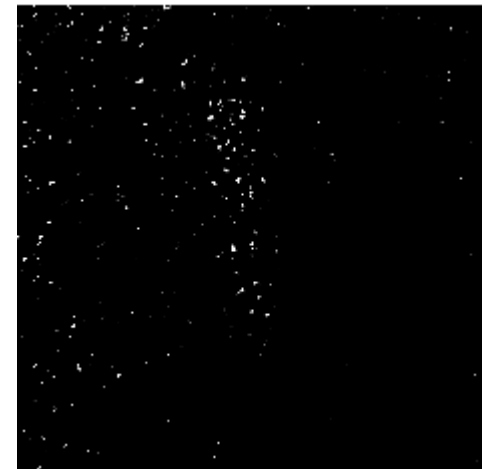
積層構造
エッチング加工

白:1.7倍
黒:1倍

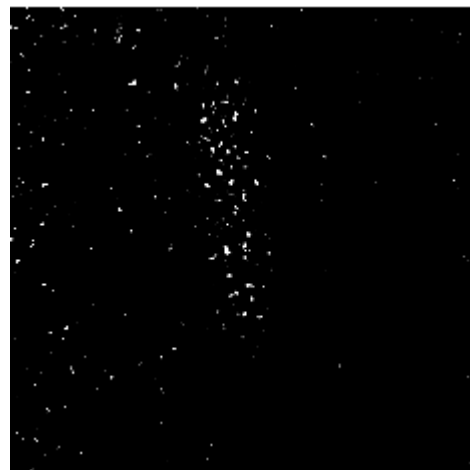
レンズからの
距離



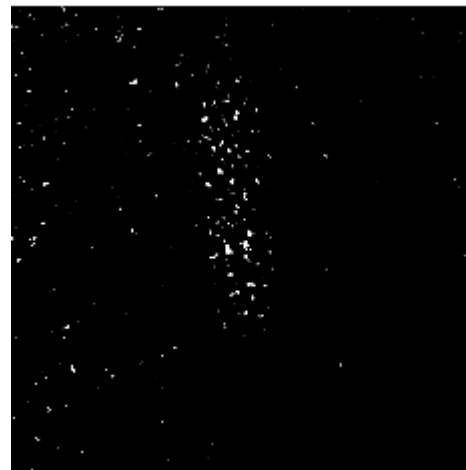
5.0 mm



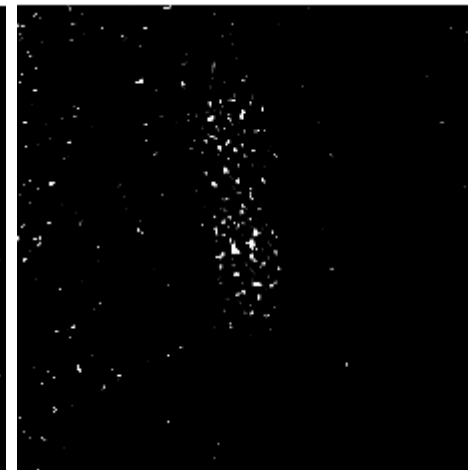
6.0 mm



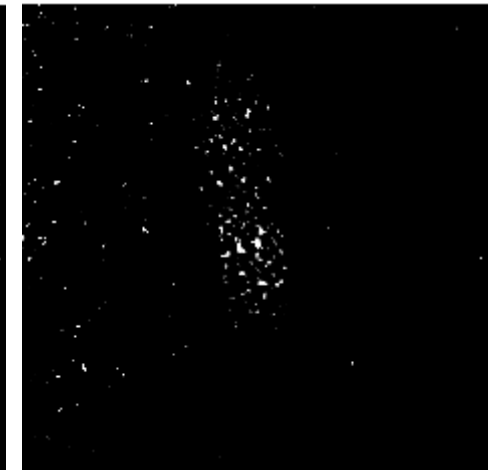
7.0 mm



8.0 mm



9.0 mm

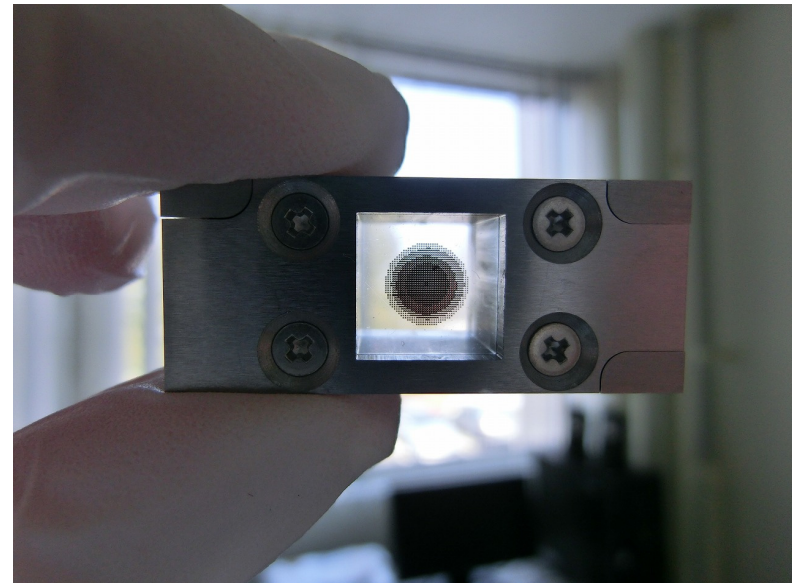
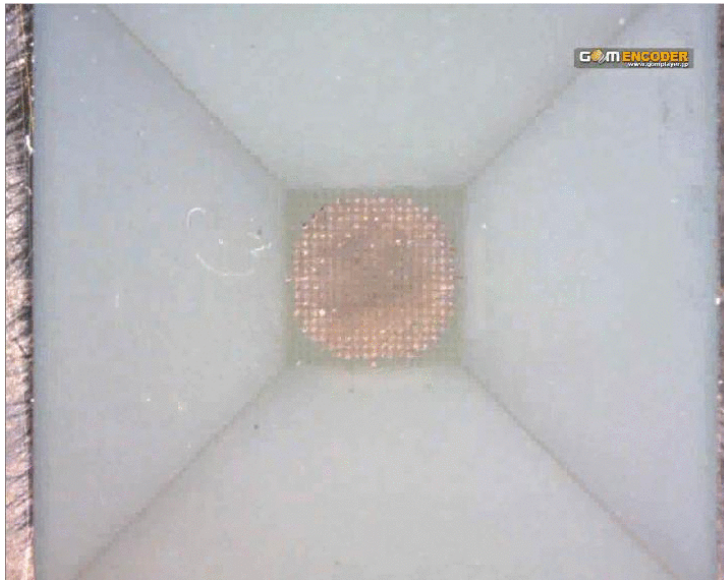


10.0 mm

テラヘルツ近接場顕微鏡

まとめ

1. 方形チップ周期構造を有するテラヘルツ波帯人工誘電体レンズをレーザー加工、及びエッチング加工により試作した。
2. テラヘルツ近接場顕微鏡により集光効果を確認した。



Y. Takebayashi, et al., META 2013,
5A1-META, pp. 99-100, Mar. 2013.より



本発表の構成

1. 背景・目的
2. テラヘルツ波帯電磁メタマテリアルレンズの
解析→設計→試作→測定
3. 各種光学素子
4. まとめ



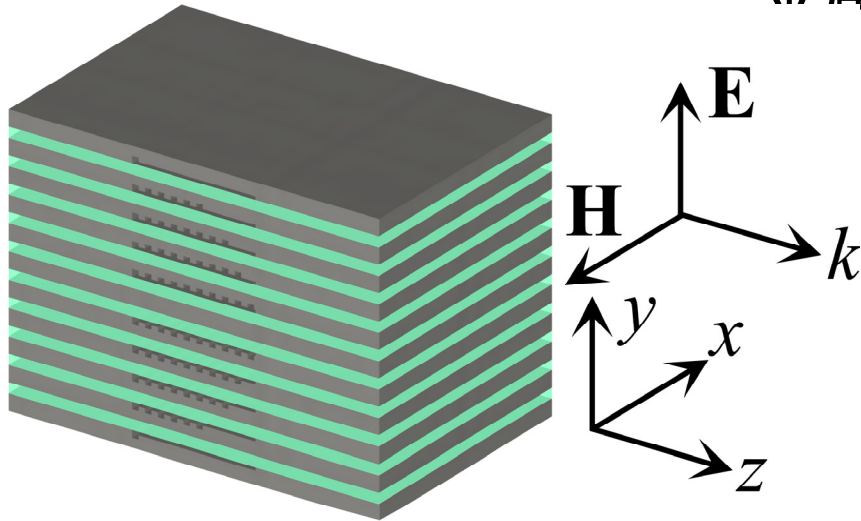
本発表の構成

1. 背景・目的
2. テラヘルツ波帯電磁メタマテリアルレンズの
解析→設計→試作→測定
3. 各種光学素子
② 金属溝周期構造 ($n > 1$)
4. まとめ

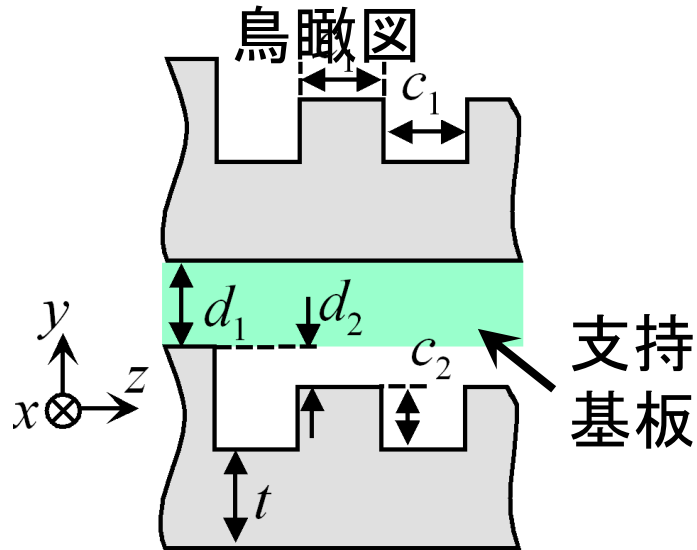
② 金属溝周期構造レンズ

金属スリット部に対して垂直な偏波の場合

等価屈折率 $n=1$



鳥瞰図



支持基板

断面図

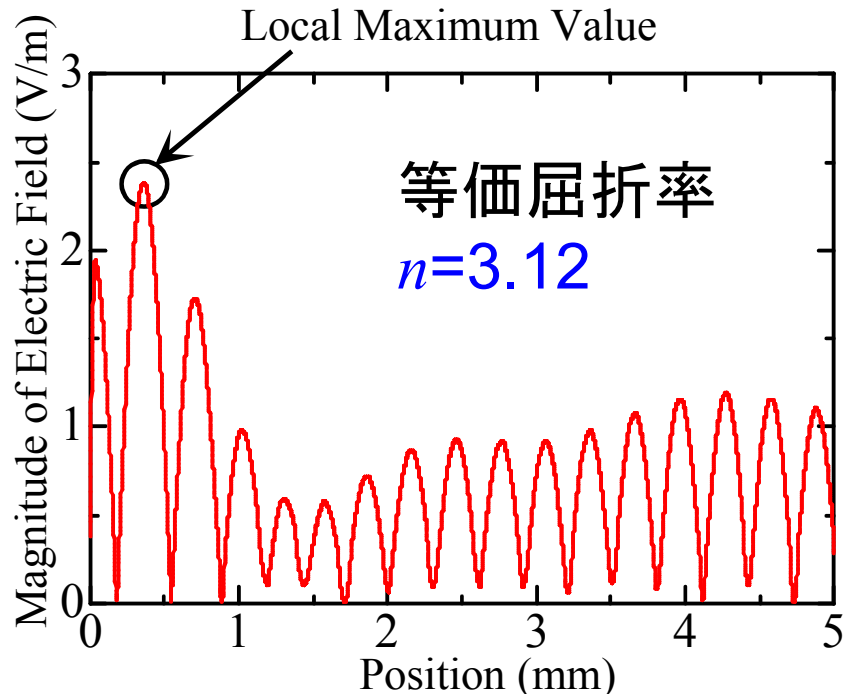
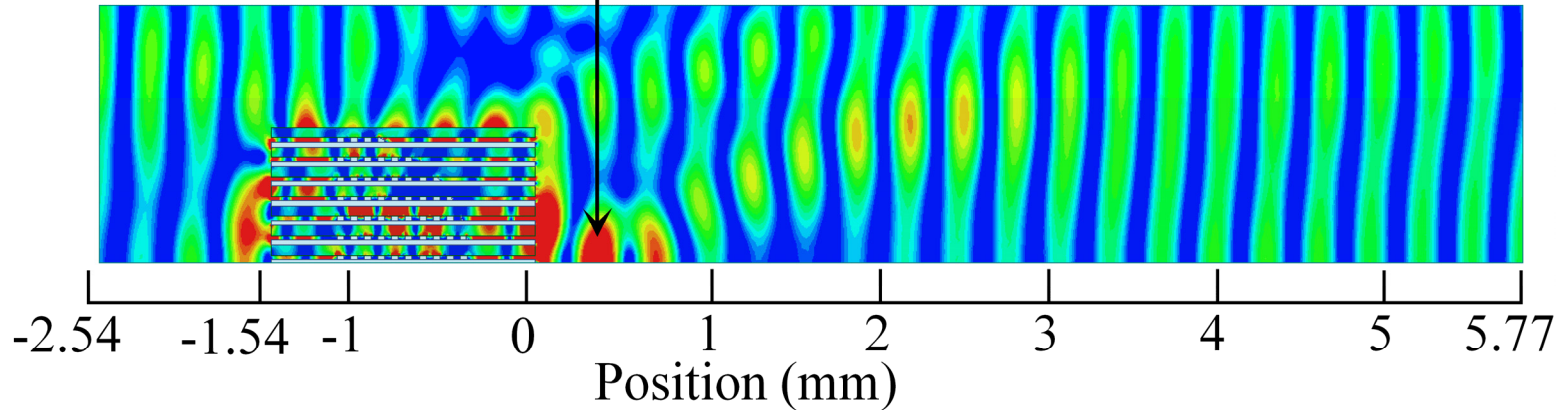


今野君(M2時)
(現・日立オートモティブ
システムズ株式会社)

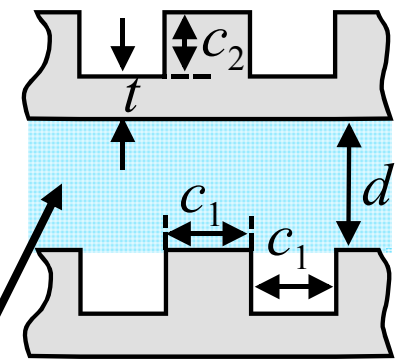
② 金属溝周期構造レンズ



$d = 60 \mu\text{m}$



| | |
|-------|---------------------------------|
| c_1 | $40 \mu\text{m} (0.067\lambda)$ |
| c_2 | $25 \mu\text{m} (0.042\lambda)$ |
| t | $30 \mu\text{m} (0.050\lambda)$ |
| r | $770 \mu\text{m} (1.3\lambda)$ |

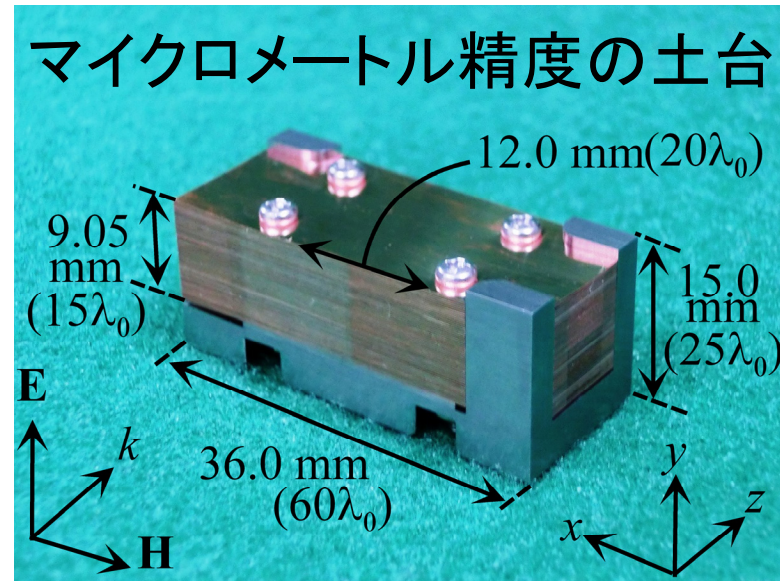
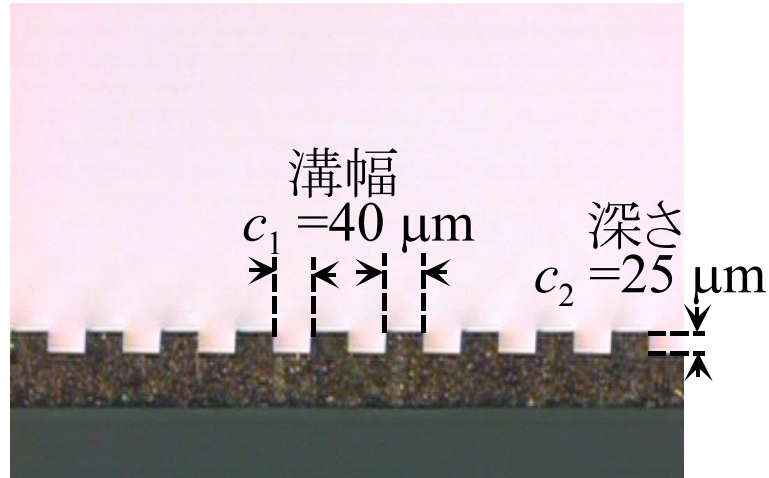


単位素子モデル

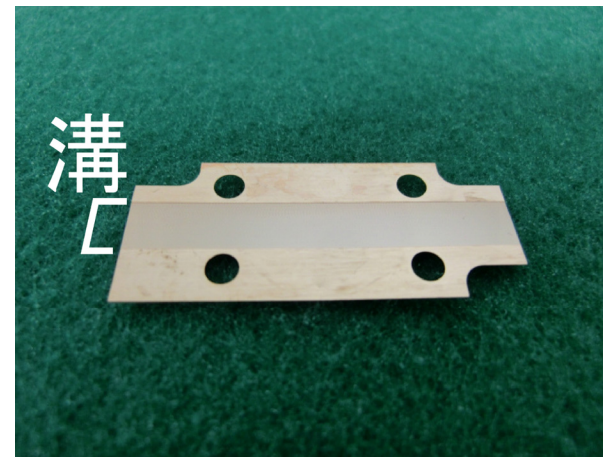
シクロ
オレフィン
ポリマー

② 金属溝周期構造レンズ

超微細バイト加工



金属溝周期構造レンズ



溝 63本

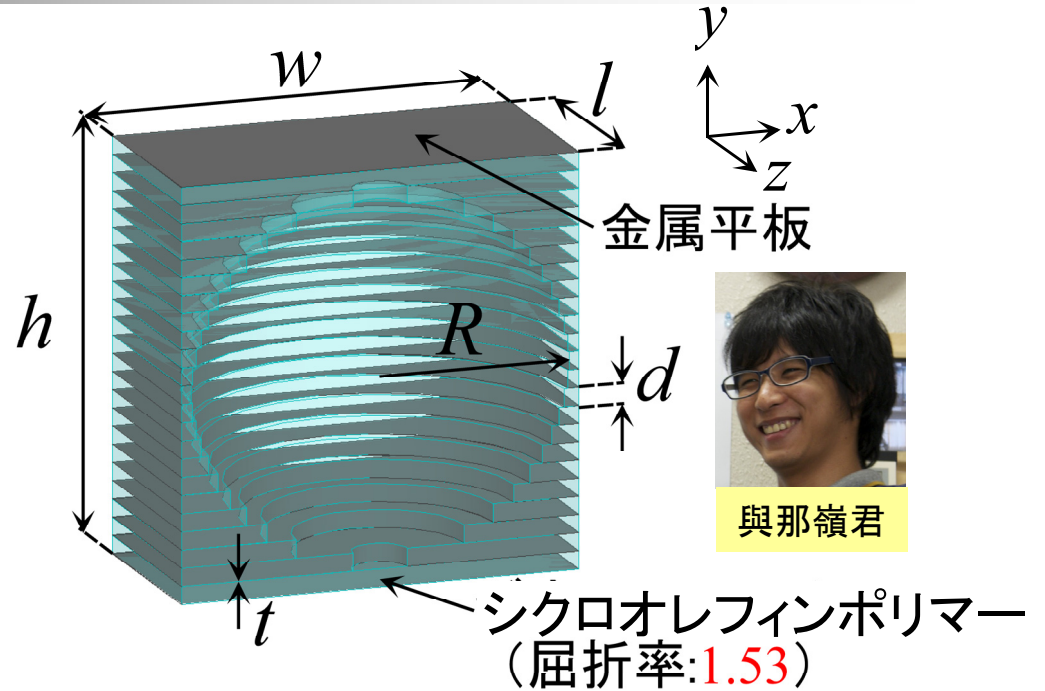
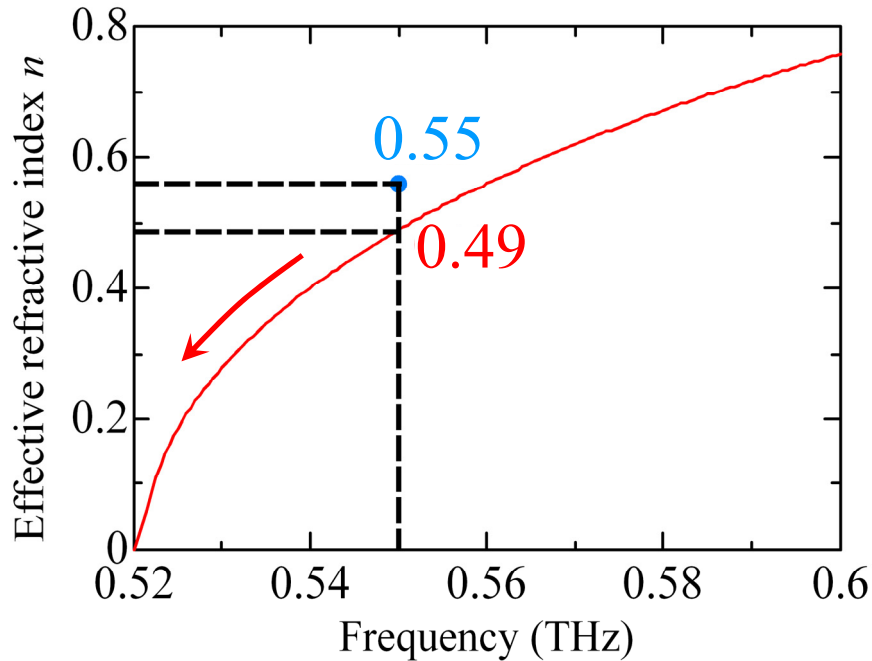
実験での
評価・
検討中



本発表の構成

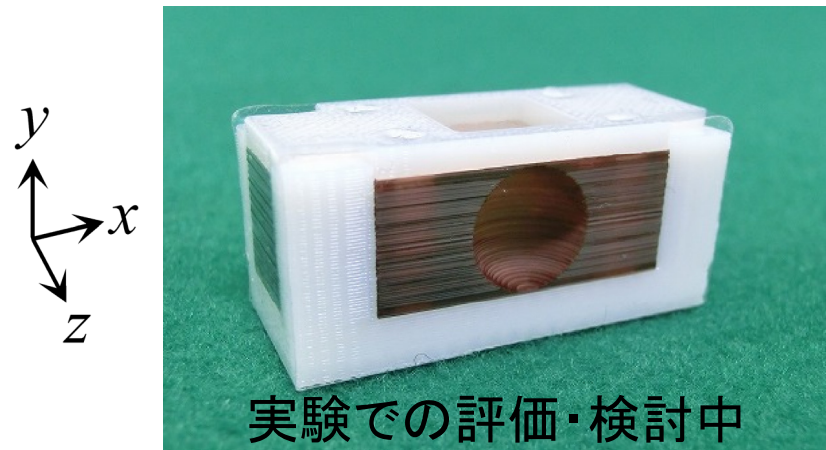
1. 背景・目的
2. テラヘルツ波帯電磁メタマテリアルレンズの
解析→設計→試作→測定
3. 各種光学素子
③ 金属スリット構造 ($0 < n < 1$)
4. まとめ

③ 金属スリット構造1

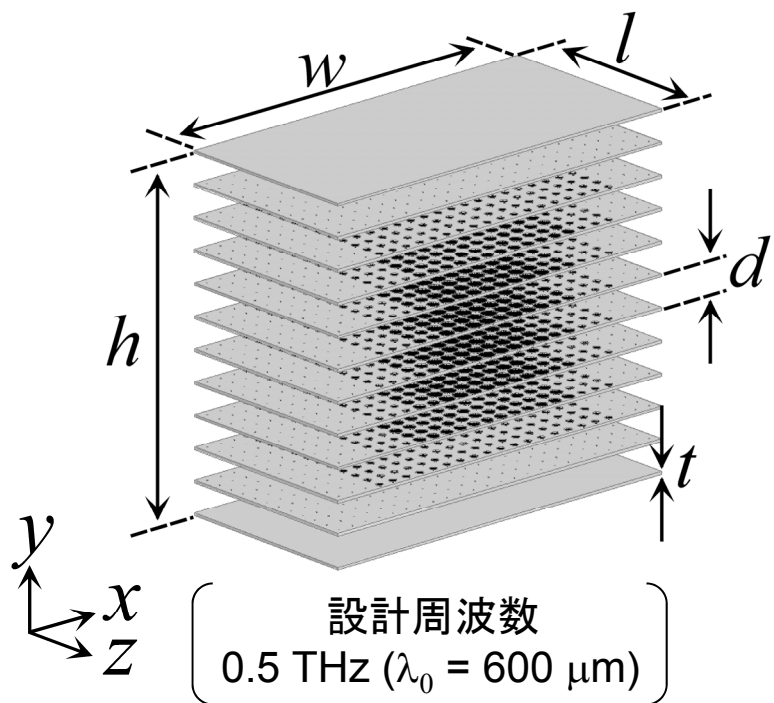


- : 励起されたTE₁モードの波長から求めた屈折率
- : 全構造解析の結果から求めた屈折率

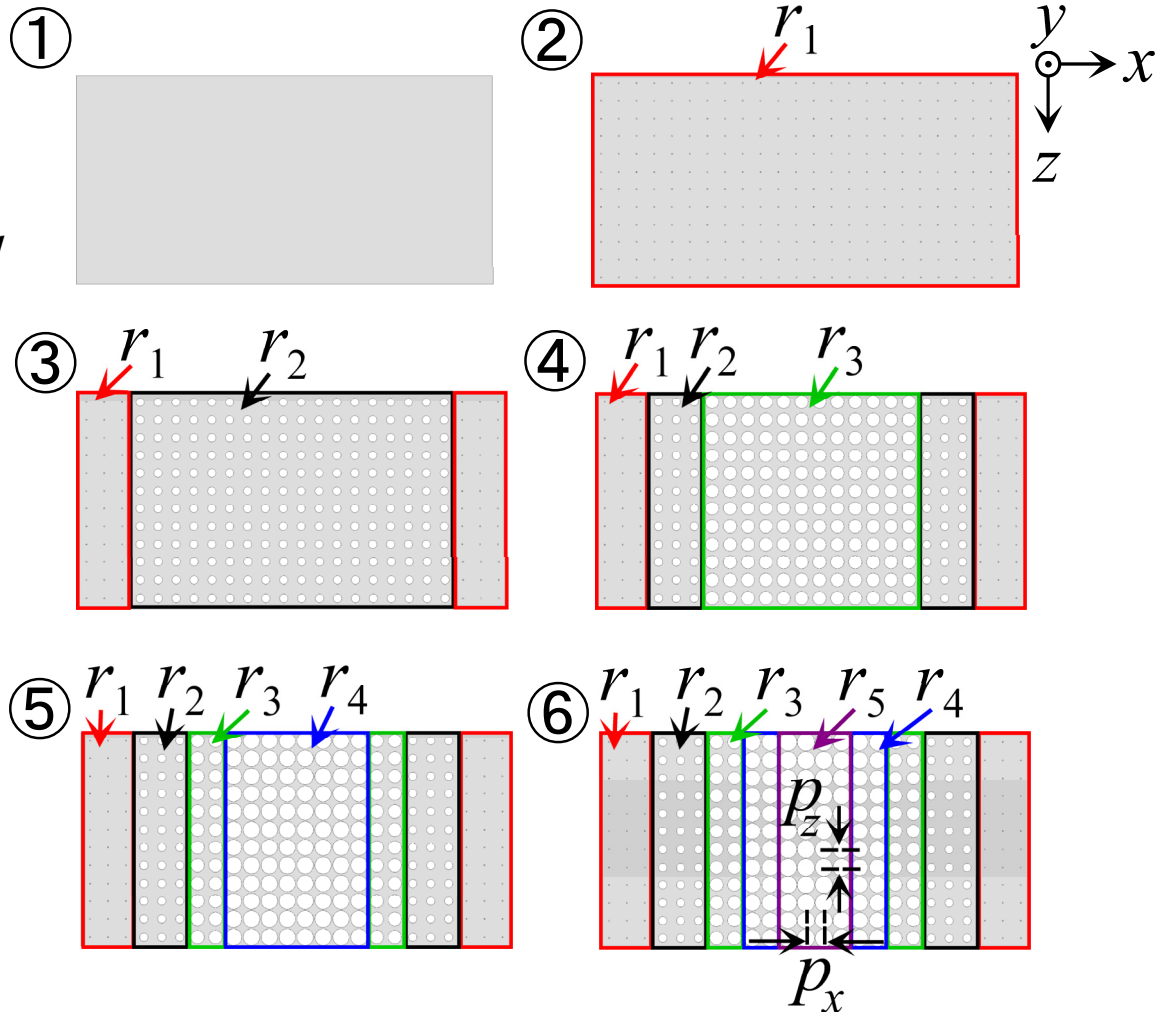
開口数: 0.74 ~ 0.80



③ 金属スリット構造2

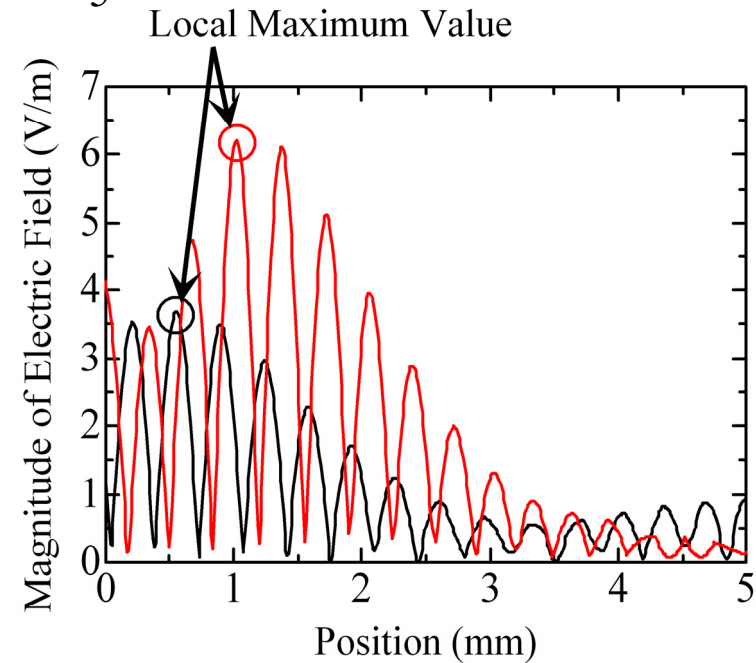
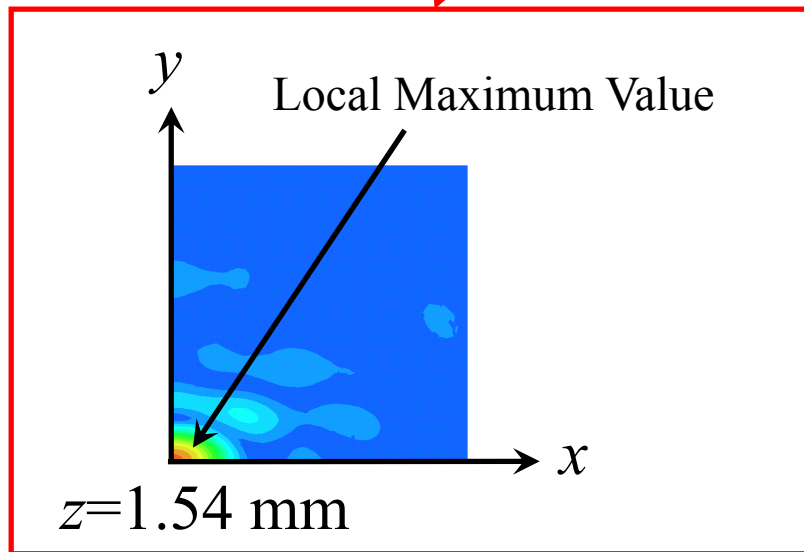
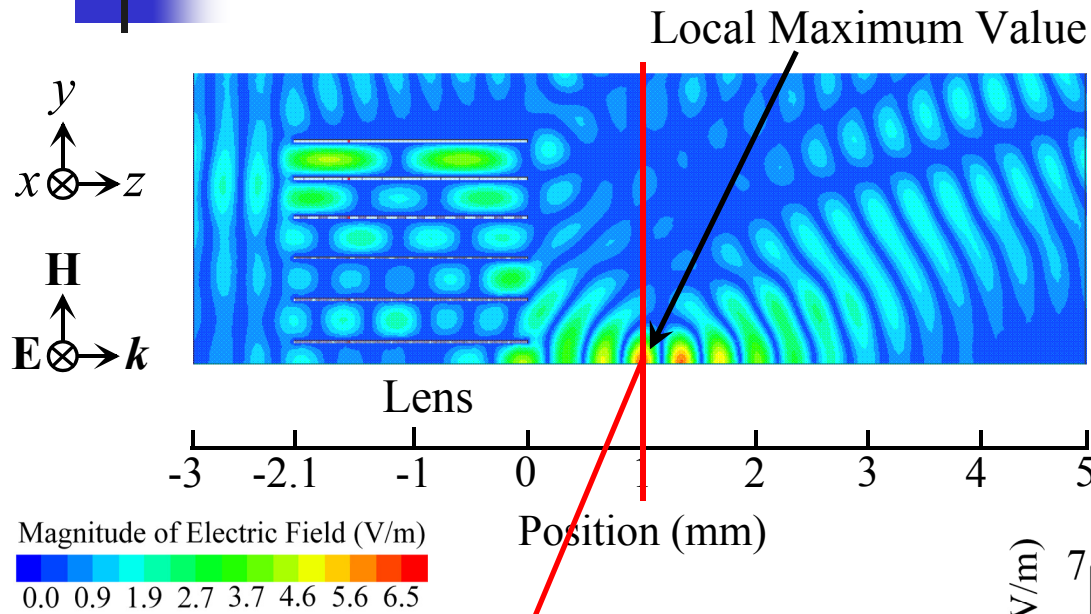


| | |
|--------------|---------------------------------------|
| d 基準 | 310 μm ($0.52\lambda_0$) |
| w | 4.2 mm ($7.0\lambda_0$) |
| l | 2.1 mm ($3.5\lambda_0$) |
| t | 30 μm ($0.05\lambda_0$) |
| h | 3.77 mm ($6.3\lambda_0$) |
| 金属スリット 枚数 | 12 Plates |
| p_x | 175 μm ($0.3\lambda_0$) |
| p_z | 175 μm ($0.3\lambda_0$) |



| | | | |
|-------|---|-------|--------------------------------------|
| r_1 | 5.0 μm ($0.0083\lambda_0$) | r_4 | 80 μm ($0.13\lambda_0$) |
| r_2 | 40 μm ($0.067\lambda_0$) | r_5 | 85 μm ($0.14\lambda_0$) |
| r_3 | 65 μm ($0.11\lambda_0$) | | |

③ 金属スリット構造2



— 基準モデル — 層間隔変化

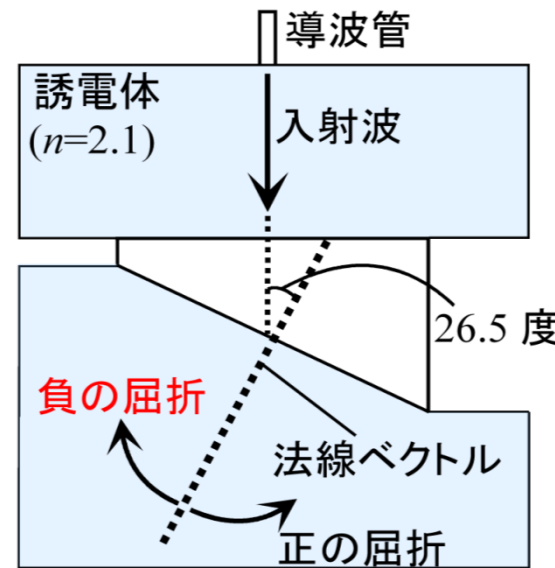
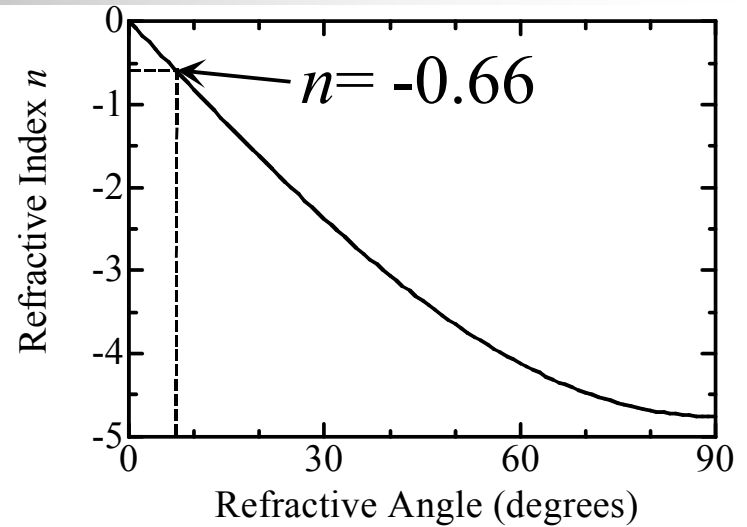
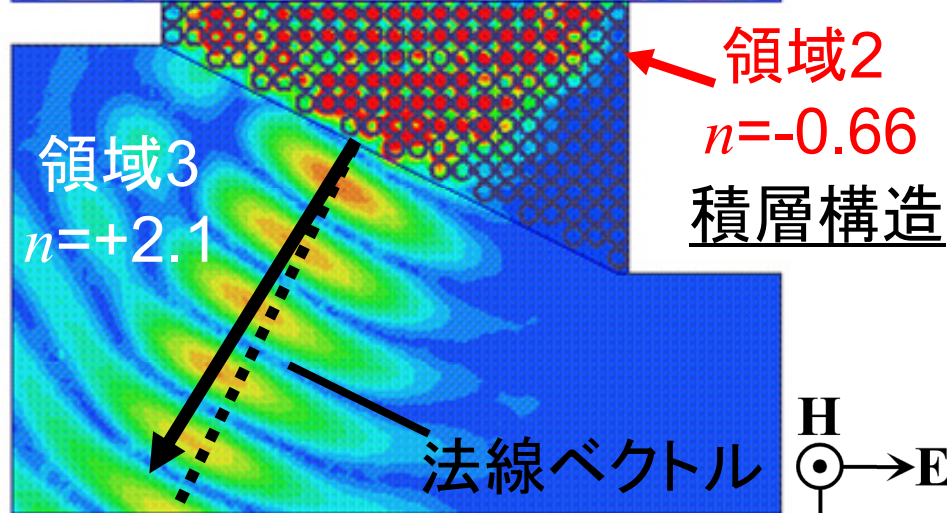
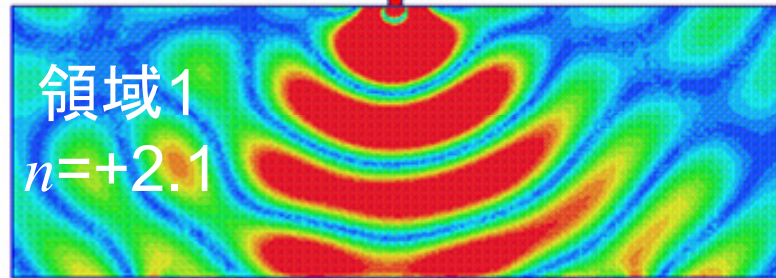


本発表の構成

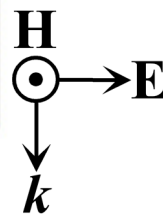
1. 背景・目的
2. テラヘルツ波帯電磁メタマテリアルレンズの
解析→設計→試作→測定
3. 各種光学素子
④ リング+金属スリット構造 ($n < 0$)
4. まとめ

④ 分割リング + 金属スリット構造

屈折角:約8度 $f=0.55$ THz



M1 岸君



先行研究

導波管構造 [1] R. Marques, et al., Phys. Rev. Lett., vol. 89, no. 18, pp. 183901-1-183901-4, Oct. 2002.

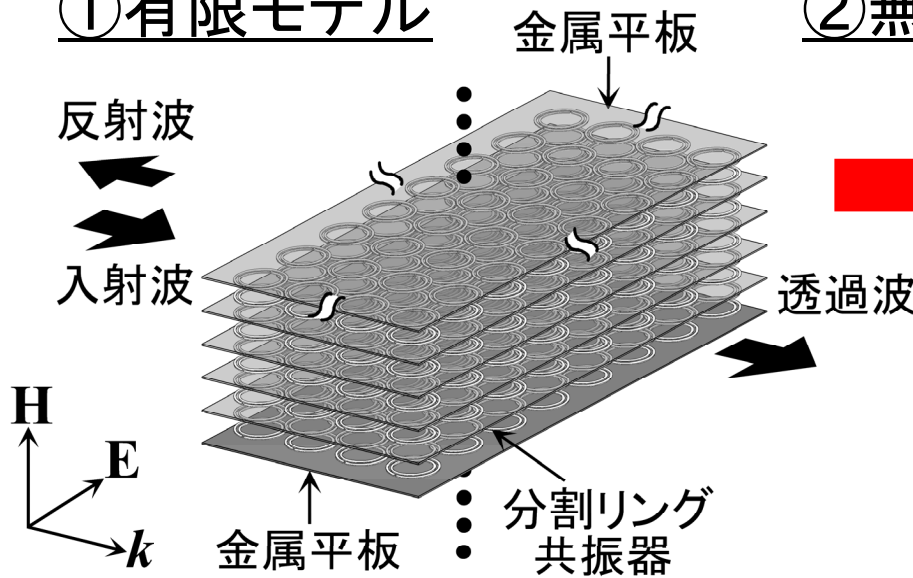
誘電体共振器 [2] T. Ueda, et al., IEICE Trans. Microwave Theory Tech., vol. 55, no. 6, pp. 1280-1287, June 2007.

金属スリット構造単体

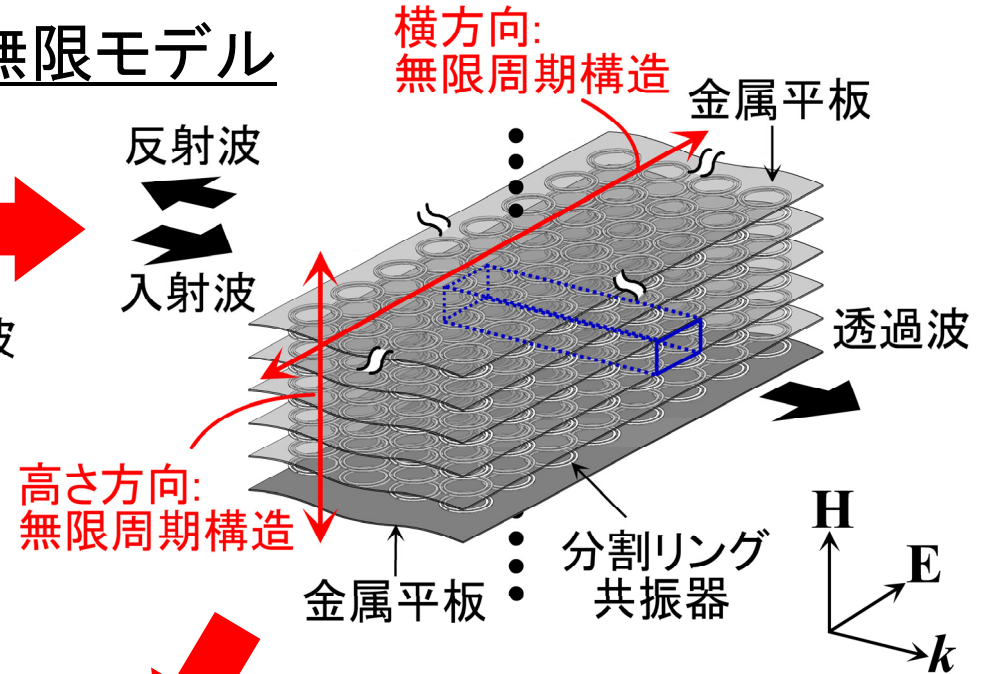
→ 10^{-10} 以下の高消光比ワイヤーグリッド

④ 分割リング+金属スリット構造

①有限モデル

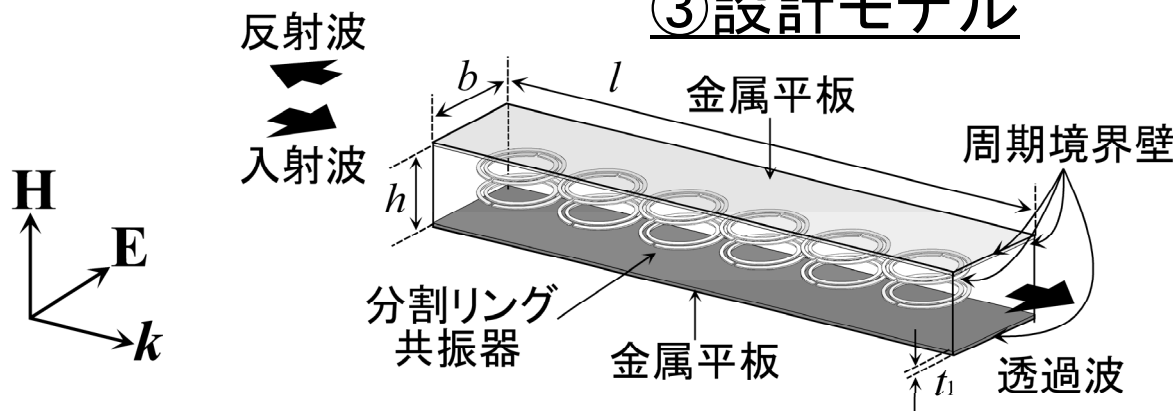


②無限モデル



λ に対して大規模モデル

③設計モデル



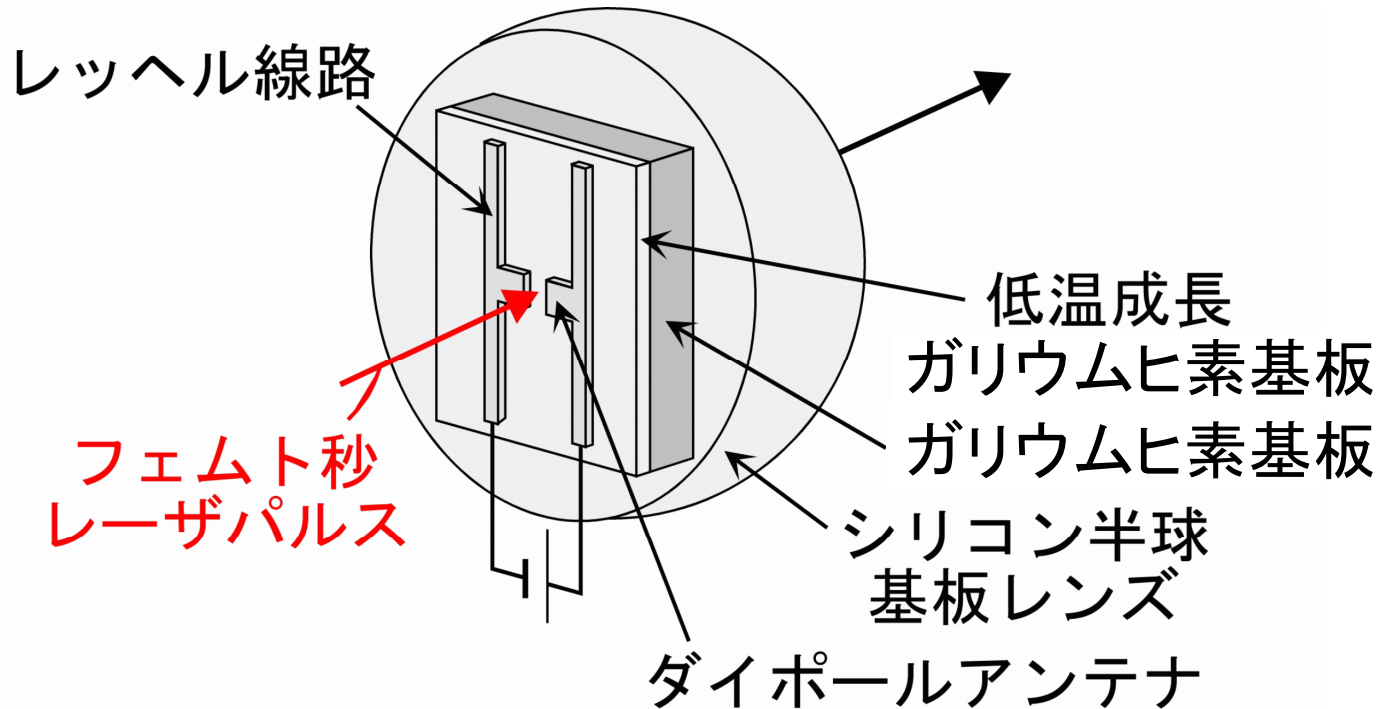
| | |
|-------|--------------------|
| l | 464 μm |
| b | 74 μm |
| h | 151 μm |
| t_1 | 0.25 μm |



本発表の構成

1. 背景・目的
2. テラヘルツ波帯電磁メタマテリアルレンズの
解析→設計→試作→測定
3. 各種光学素子
 - ⑤ 積層薄フィルム構造による
八木・宇田型光伝導アレーアンテナ
4. まとめ

⑤ 積層薄フィルムTHz八木・宇田アレーアンテナ



- ・光伝導電流による給電と受信アンテナを考慮したスペクトル解析と設計
- ・アレー化
 (大規模モデル 過渡波形)

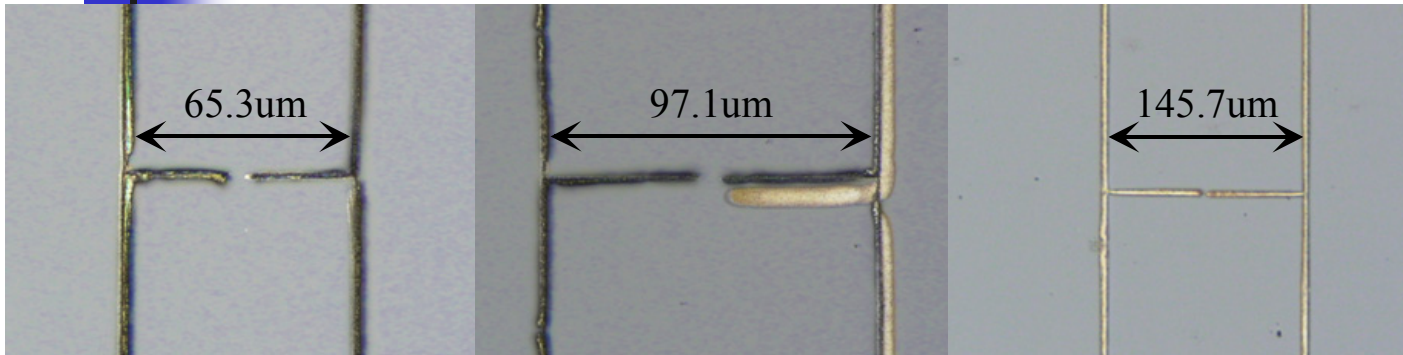
光伝導アンテナ

比較的高効率、広帯域

テラヘルツ波帯
 100 GHz ~ 1 THz ~ 30 THz
 (3 mm) (300 μm) (10 μm)

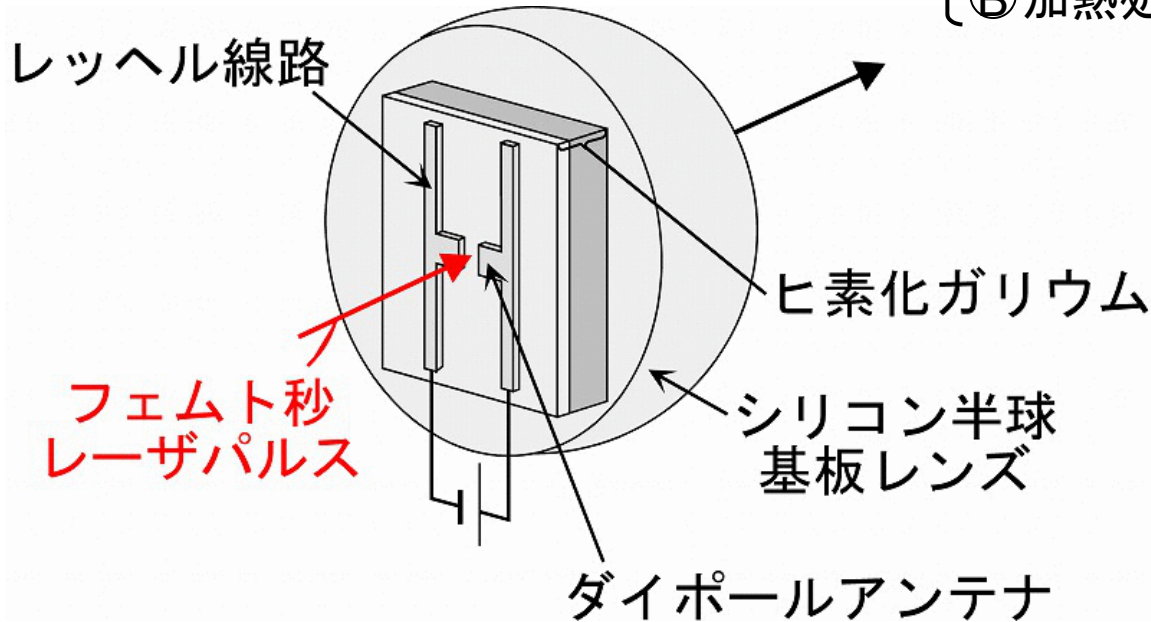
- ①フェムト秒レーザをダイポールのギャップ部に照射
- ②キャリアが励起され過渡電流が発生する
- ③裏面からテラヘルツ波が放射

⑤ 積層薄フィルムTHz八木・宇田アレーアンテナ



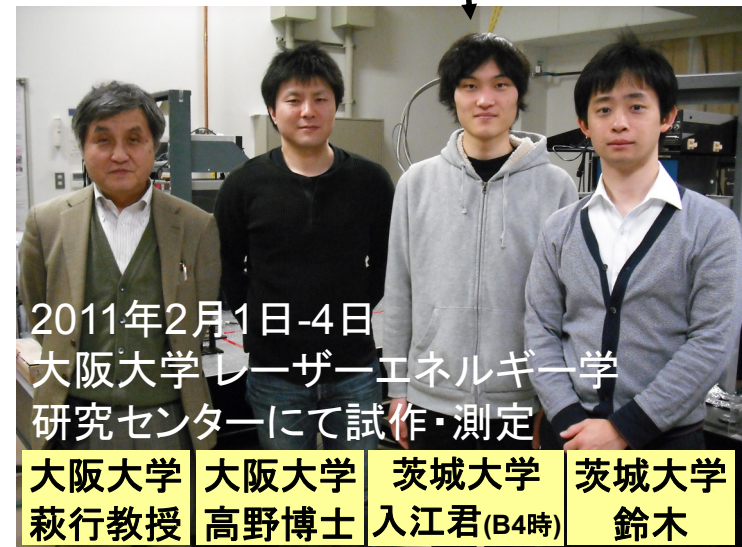
超微細インクジェット工法

- ① 微粒子金属ふきつけ
- ② 加熱処理



比較的高効率、
広帯域にテラヘルツ波を放射

→ 設計方法の構築

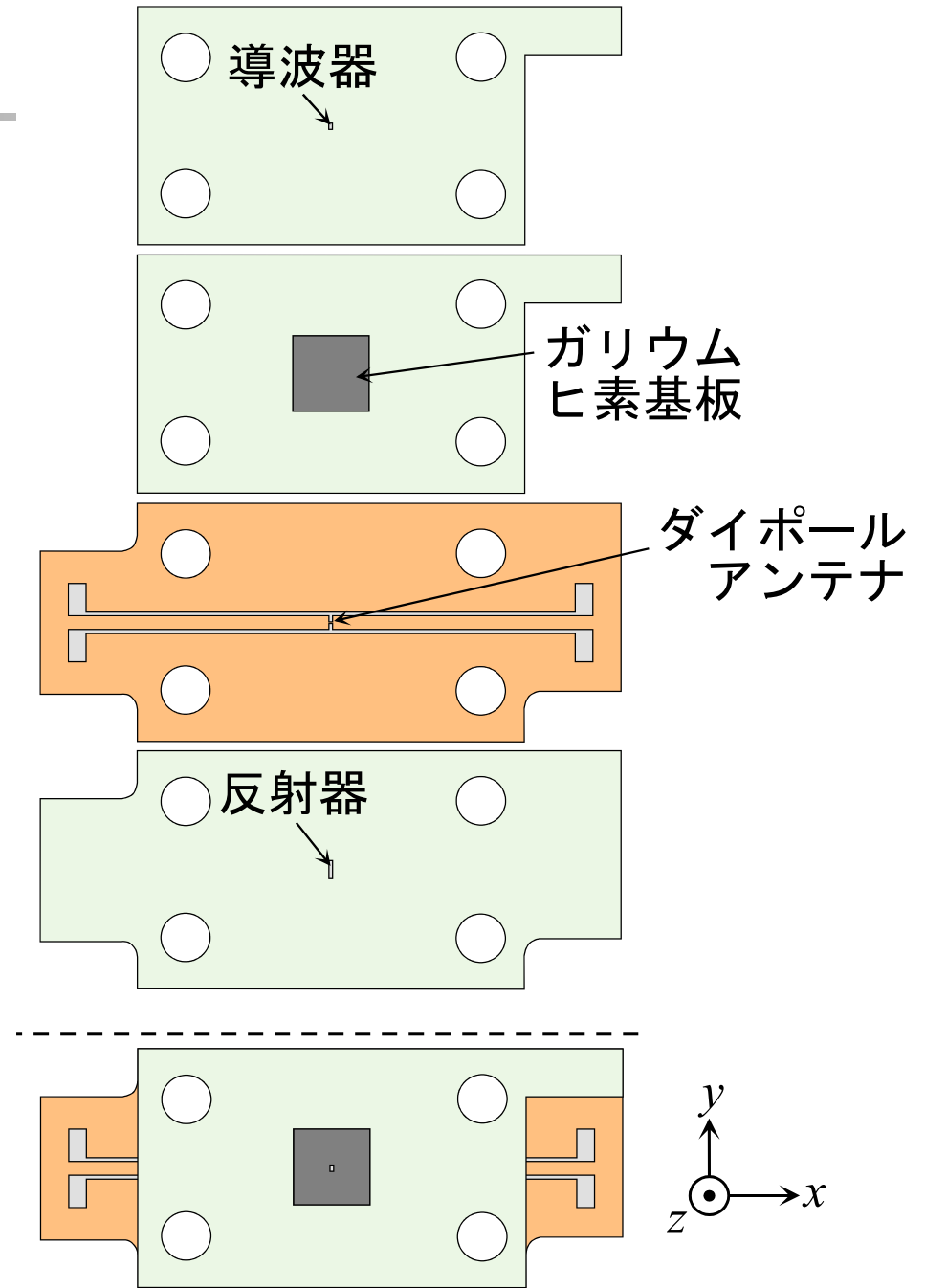
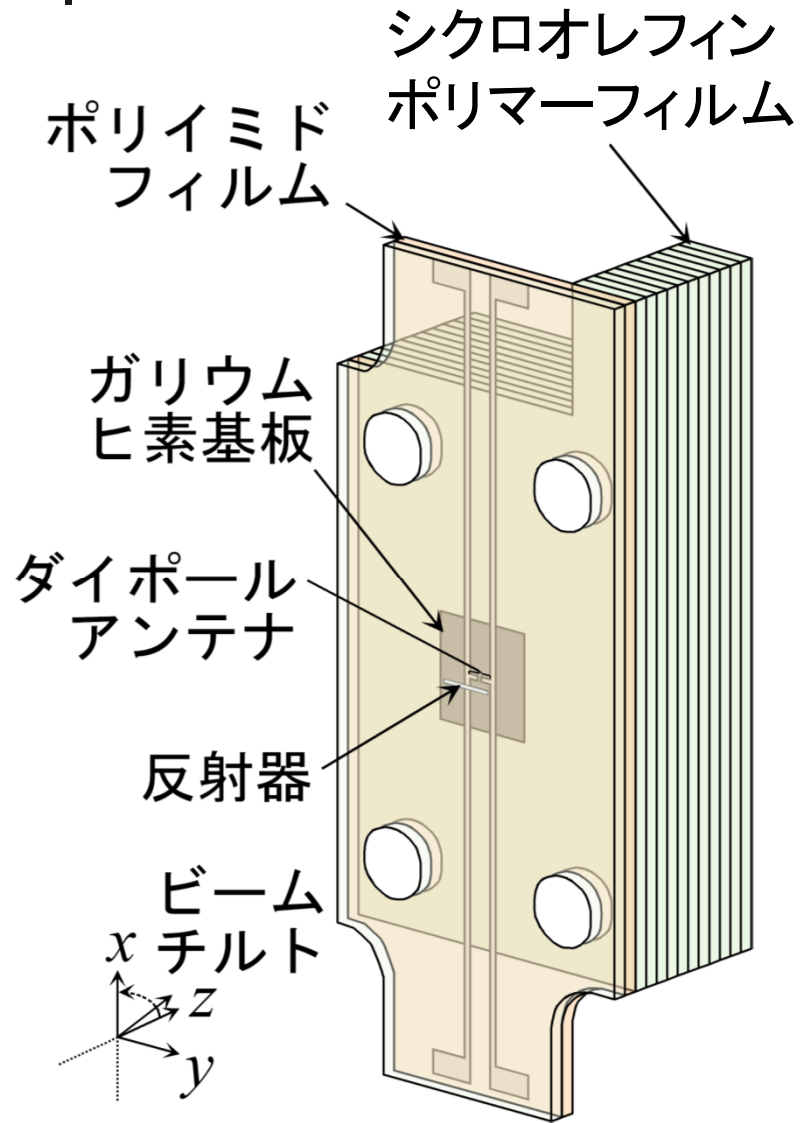




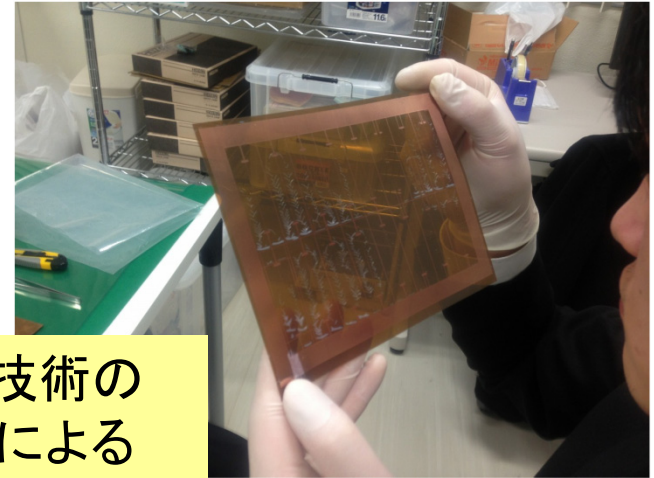
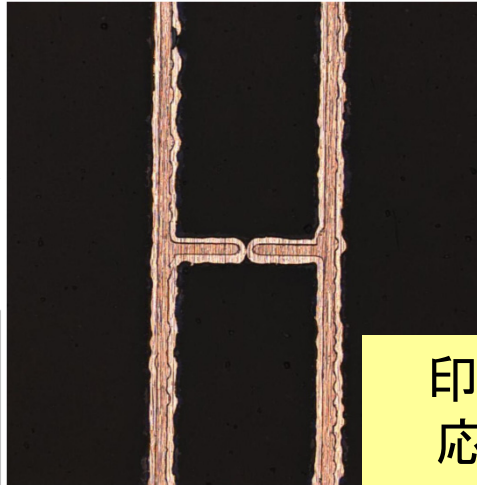
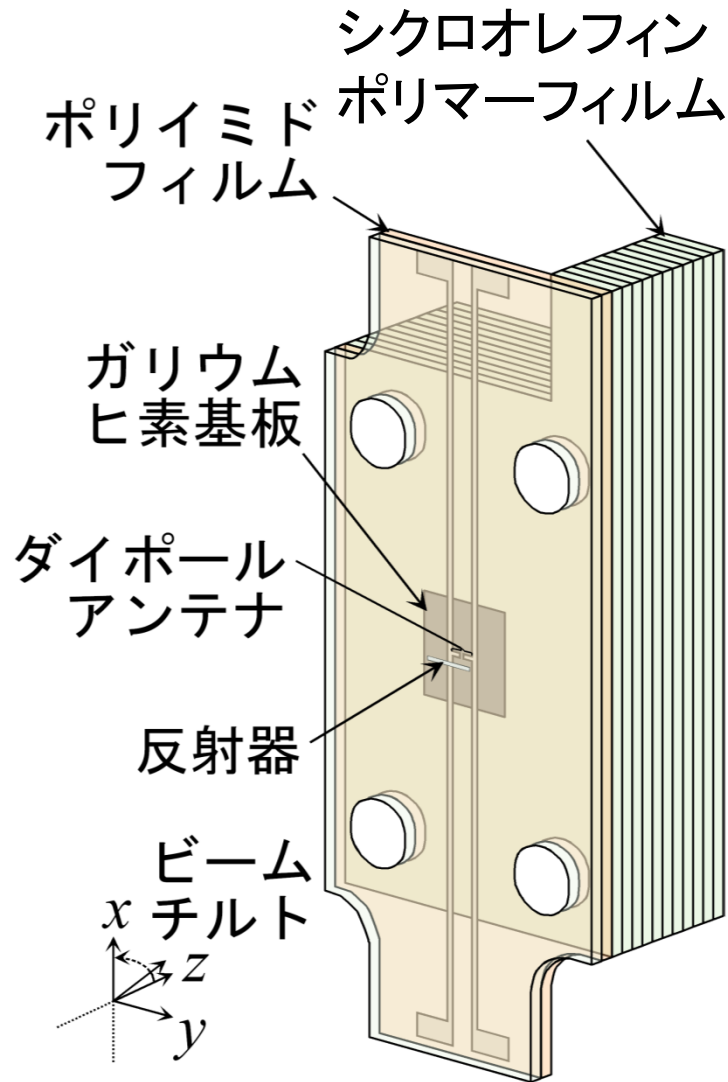
⑤ 積層薄フィルムTHz八木・宇田アレーアンテナ

シクロオレフィン
ポリマーフィルム

積層薄フィルム構造による
八木・宇田型光伝導アレーアンテナ



⑤ 積層薄フィルムTHz八木・宇田アレーアンテナ



印刷技術の
応用による
フレキシブルな
アンテナの開発

パターンめっき・転写法
(日立化成株式会社)

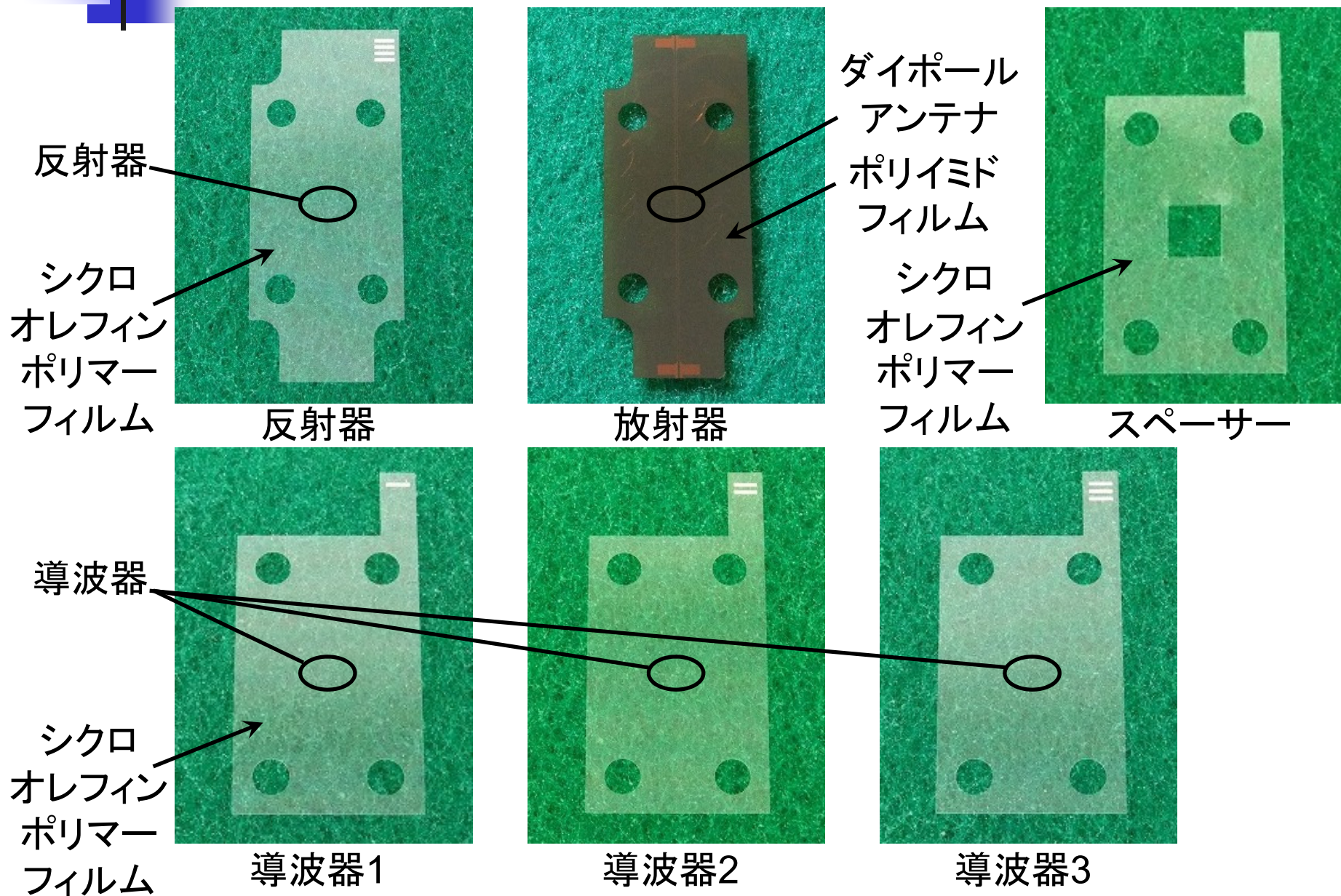


入江君(M2時)
(現・茨城県庁)

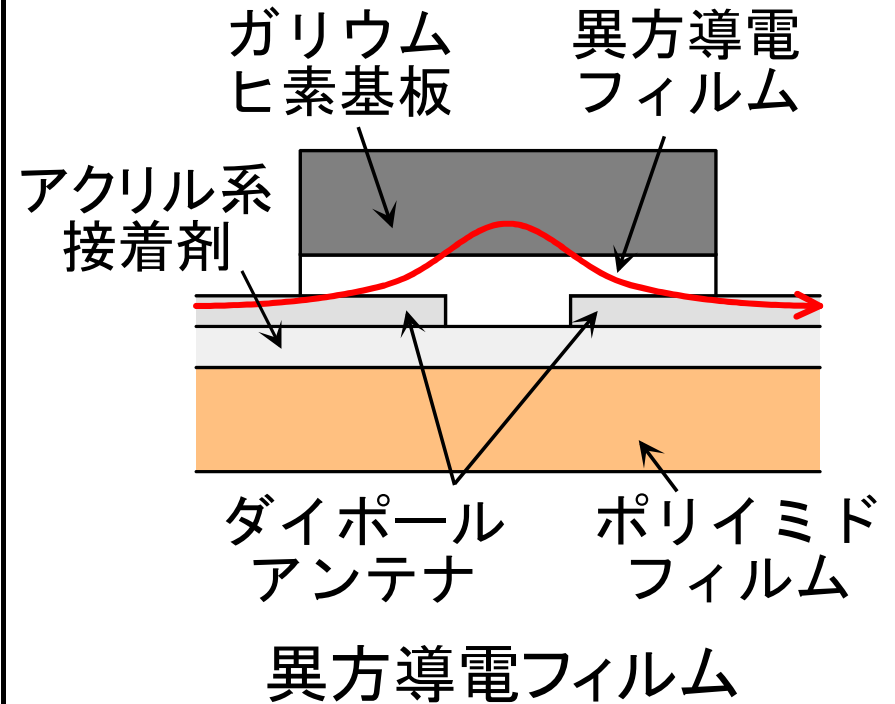
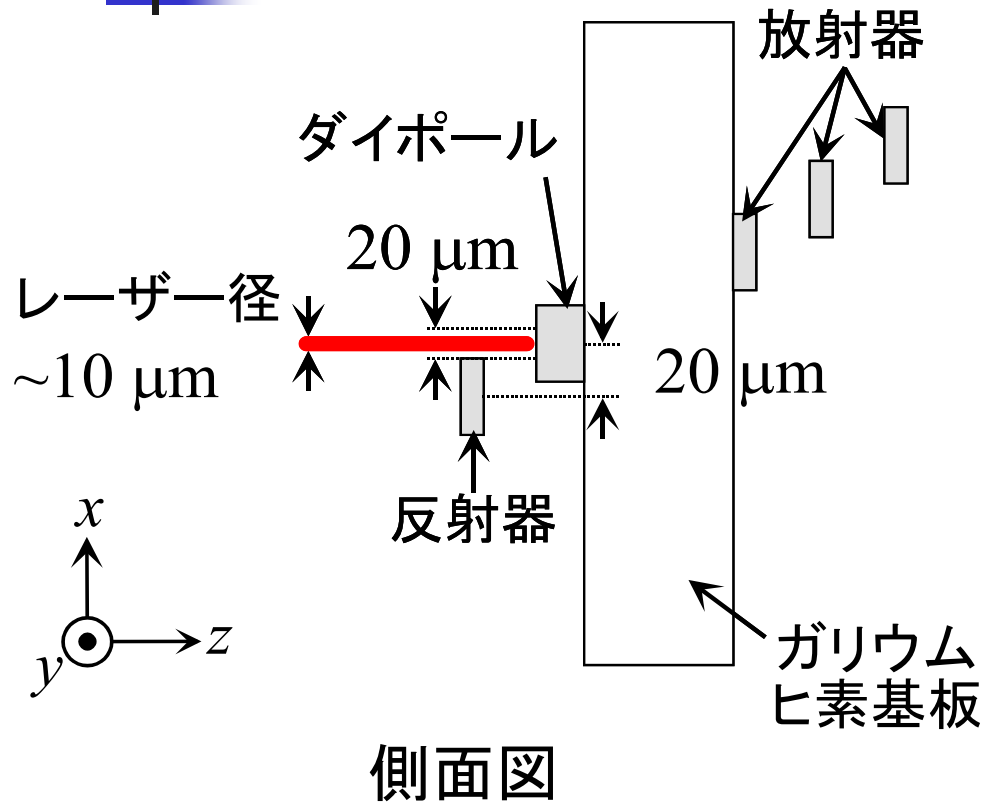
- ・安価に光伝導アンテナを作製
- ・高価な低温成長ガリウムヒ素基板の
再利用の検討

初回の作製で
現在ギャップ部が通電 ➡ 今後検討を進め改善

⑤ 積層薄フィルムTHz八木・宇田アレーアンテナ



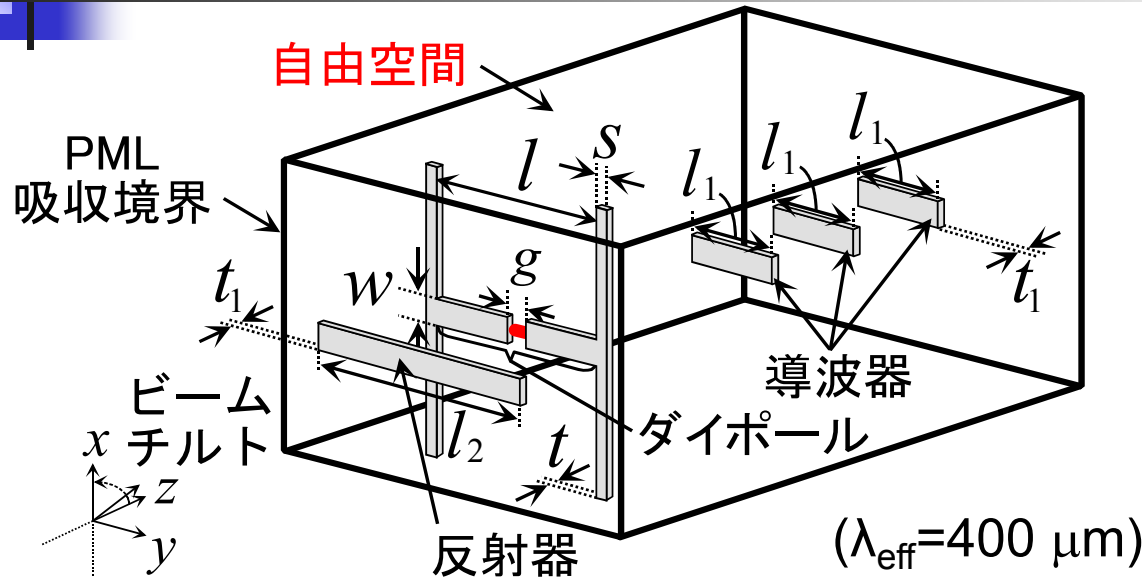
⑤ 積層薄フィルムTHz八木・宇田アレーアンテナ



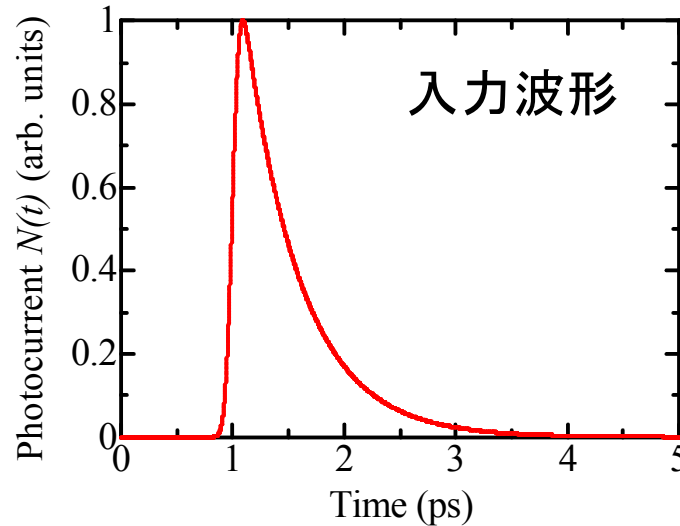
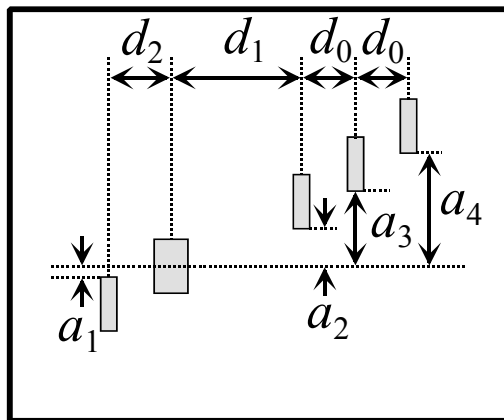
角度

$$\tan^{-1}\left(\frac{20}{72.75}\right) = 15.37 \quad (\text{ダイポールと反射器の距離: } 72.75 \mu\text{m})$$

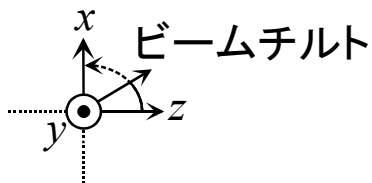
⑤ 積層薄フィルムTHz八木・宇田アレーアンテナ



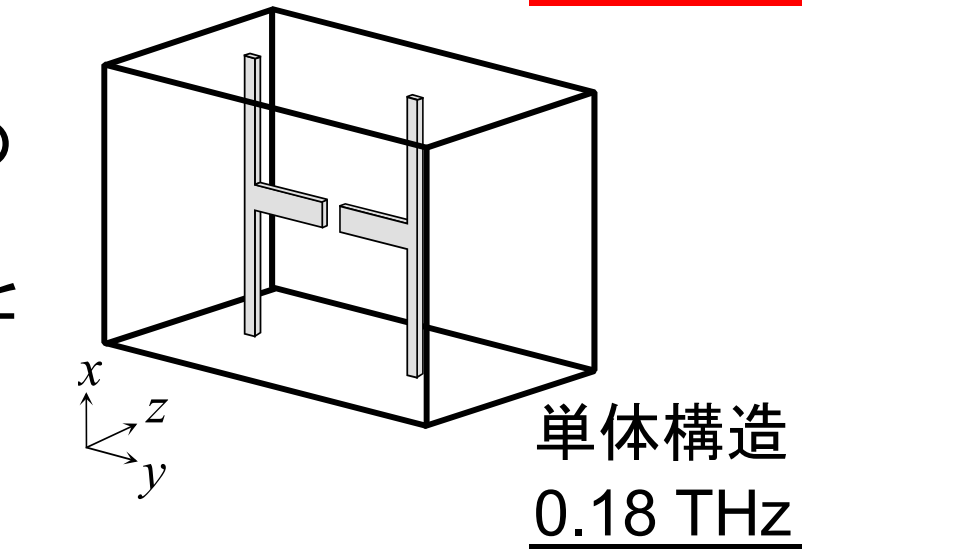
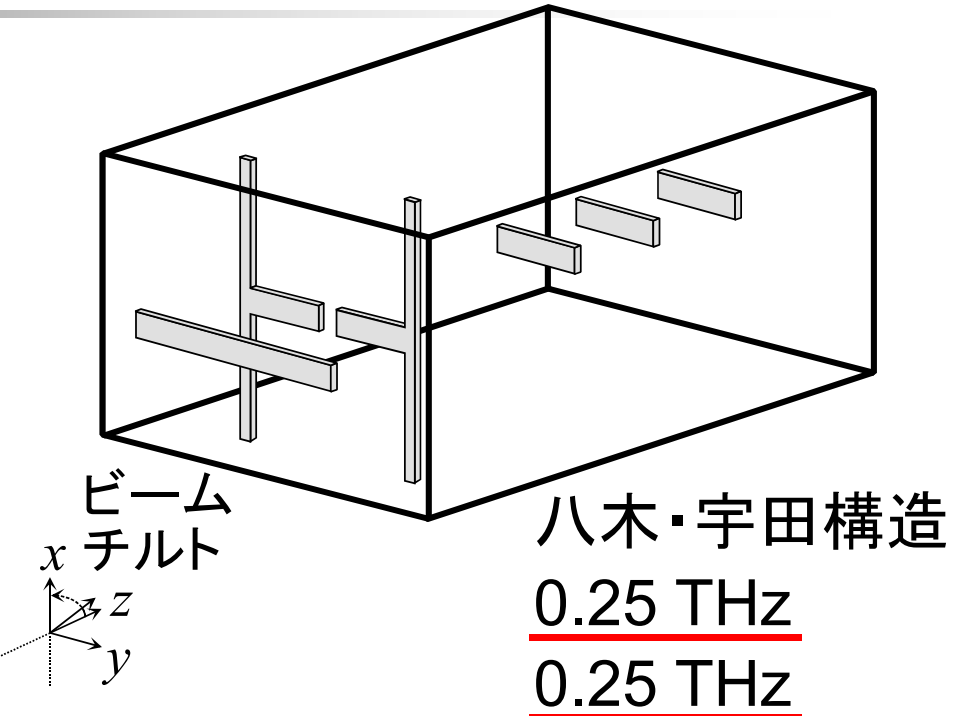
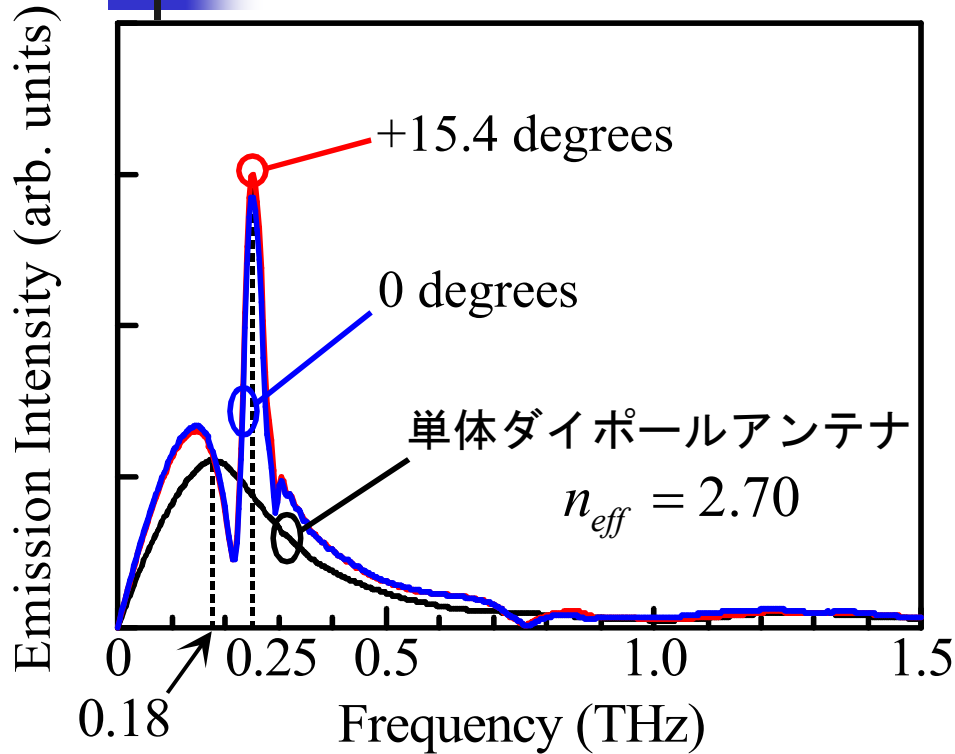
| | |
|-------|--|
| l | 185 μm ($0.46\lambda_{\text{eff}}$) |
| l_1 | 170 μm ($0.43\lambda_{\text{eff}}$) |
| l_2 | 200 μm ($0.5\lambda_{\text{eff}}$) |
| g | 10 μm ($0.025\lambda_{\text{eff}}$) |
| w | 20 μm ($0.050\lambda_{\text{eff}}$) |
| s | 20 μm ($0.050\lambda_{\text{eff}}$) |
| t | 5 μm ($0.013\lambda_{\text{eff}}$) |
| t_1 | 0.5 μm ($0.0013\lambda_{\text{eff}}$) |
| d_0 | 50.5 μm ($0.13\lambda_{\text{eff}}$) |
| d_1 | 402.75 μm ($1.0\lambda_{\text{eff}}$) |
| d_2 | 72.75 μm ($0.18\lambda_{\text{eff}}$) |
| a_1 | 10 μm ($0.025\lambda_{\text{eff}}$) |
| a_2 | 101 μm ($0.25\lambda_{\text{eff}}$) |
| a_3 | 115 μm ($0.29\lambda_{\text{eff}}$) |
| a_4 | 128 μm ($0.32\lambda_{\text{eff}}$) |



レーザーパルス半値幅 : 120 fs
 キャリア生存時間 : 0.5 ps



⑤ 積層薄フィルムTHz八木・宇田アンテナ



単体構造と比べ、八木・宇田構造の最大放射スペクトルは2.7倍となる。今後、試作と実験を行い解析結果と比較する。

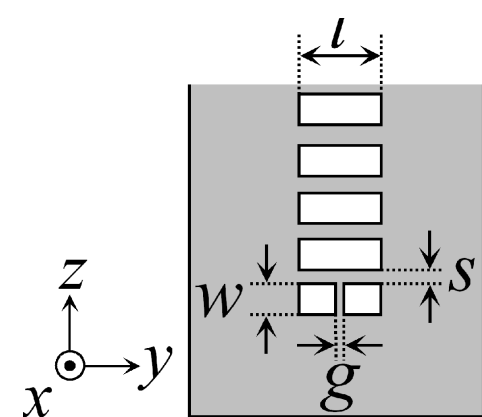
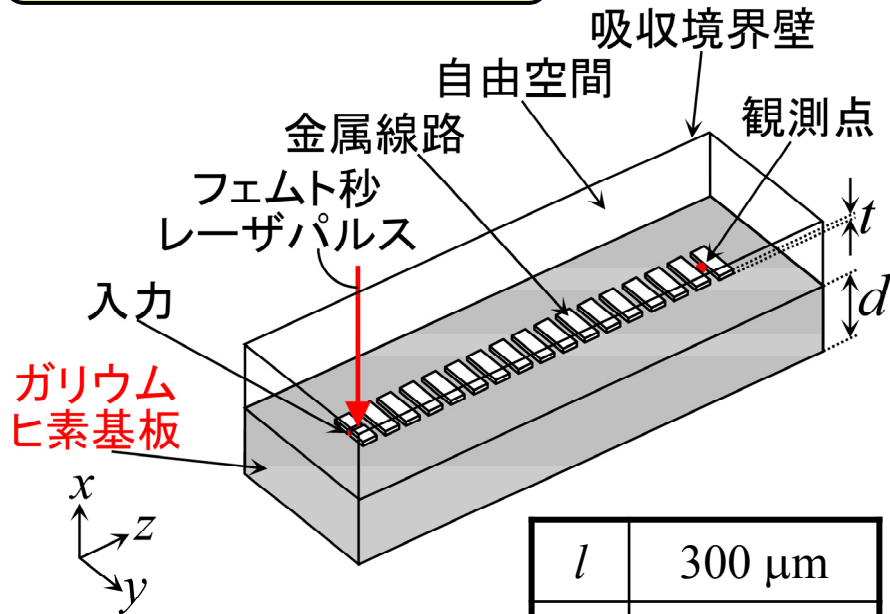


本発表の構成

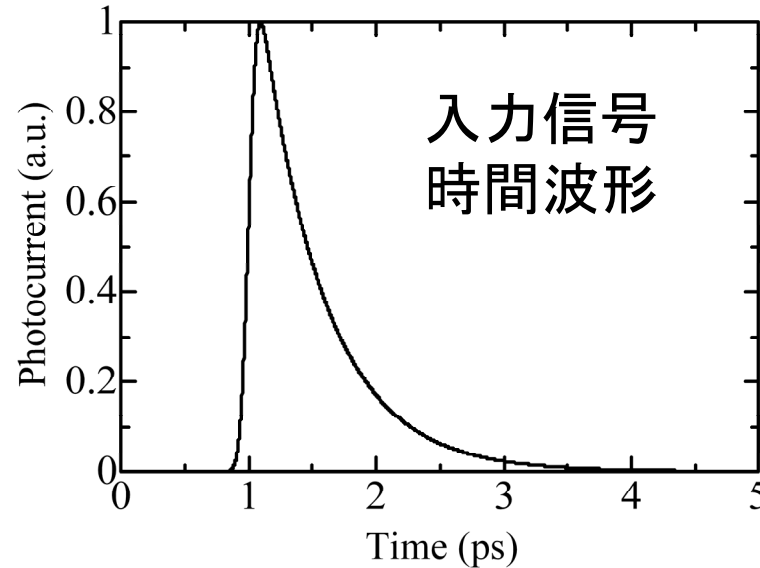
1. 背景・目的
2. テラヘルツ波帯電磁メタマテリアルレンズの
解析→設計→試作→測定
3. 各種光学素子
 - ⑥ 表面波を利用したテラヘルツ波帯
伝送線路
4. まとめ

⑥ 表面波を利用したテラヘルツ波帯伝送線路

給電部(過渡波形)



| | |
|--------------|-------------------|
| l | 300 μm |
| w | 110 μm |
| t | 1 μm |
| g | 3 μm |
| s | 60 μm |
| d | 400 μm |
| ϵ_r | 12.25 |



- ① フェムト秒レーザをダイポールのギャップ部に照射
- ② キャリアが励起され過渡電流が発生する
- ③ ダイポールに電流が流れ、テラヘルツ波が放射

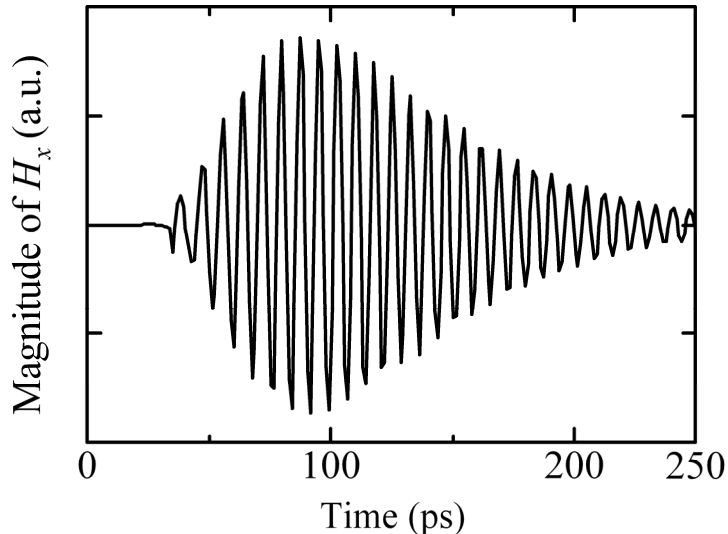


M1
八代君

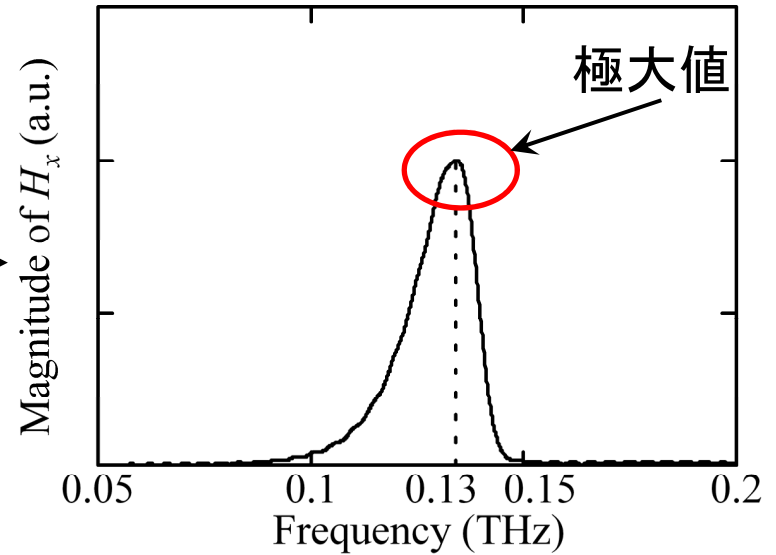
Dr. Withawat Withayachumnankul
(アデレード大学)との共同研究

⑥ 表面波を利用したテラヘルツ波帯伝送線路

給電部(過渡波形)

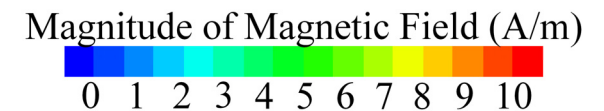
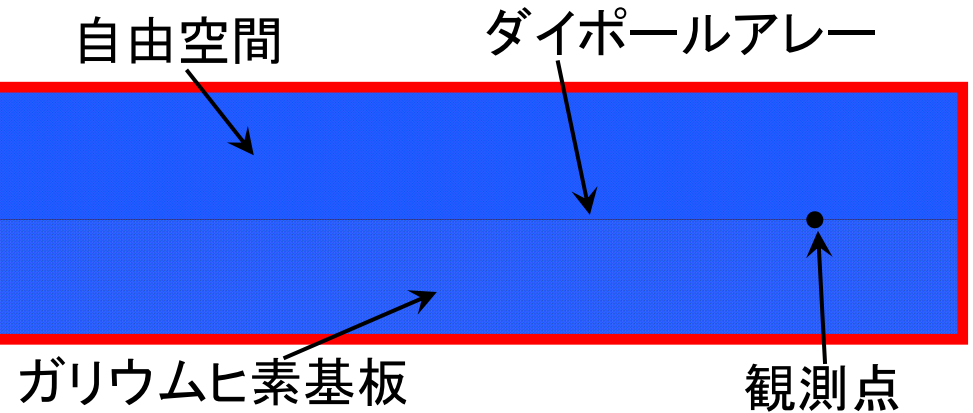
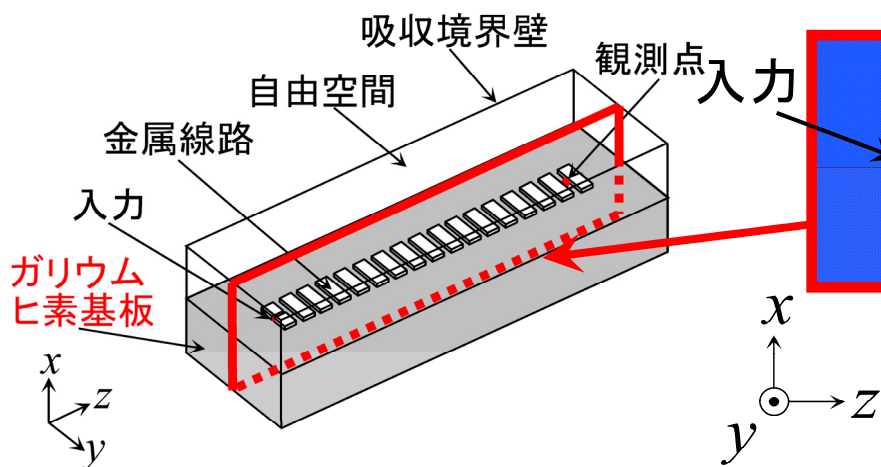


フーリエ
変換



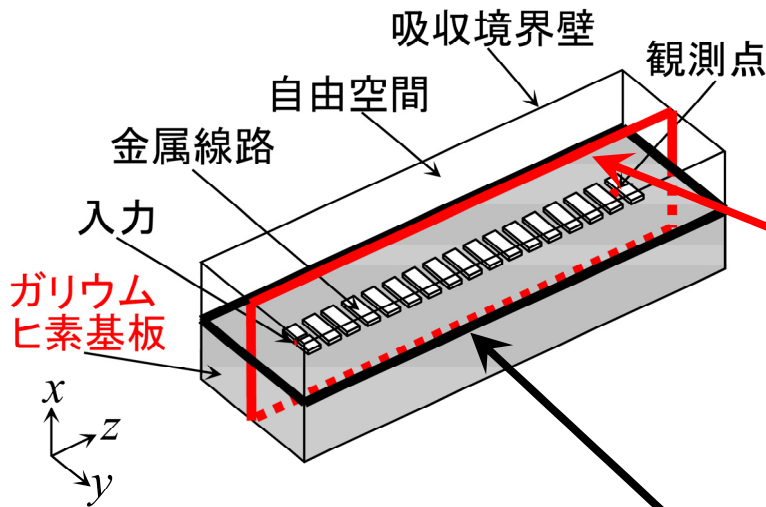
0.13 THzでの表面波伝搬を確認

観測点における磁界波形

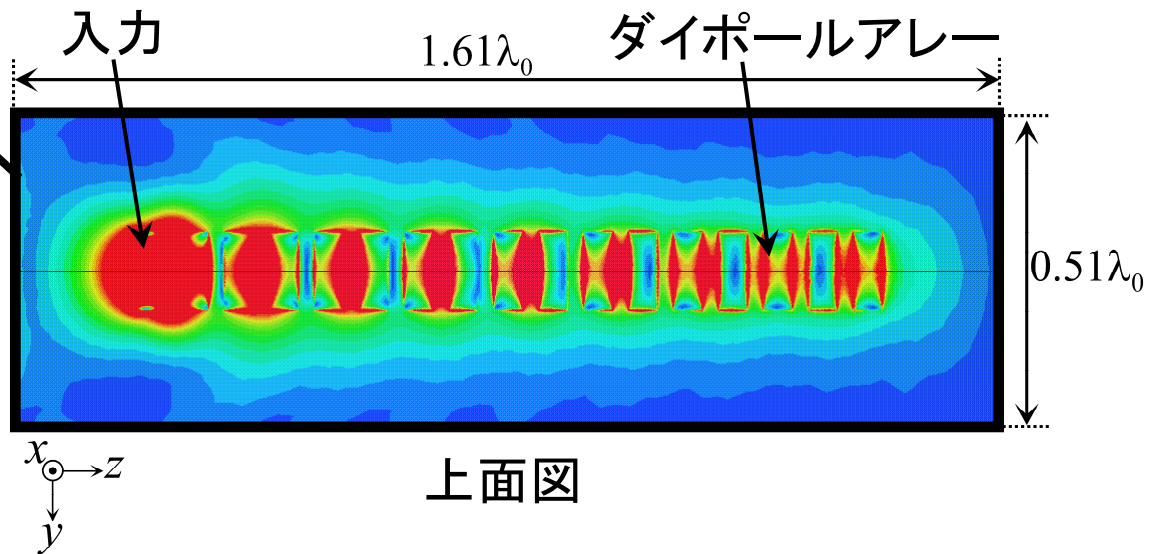
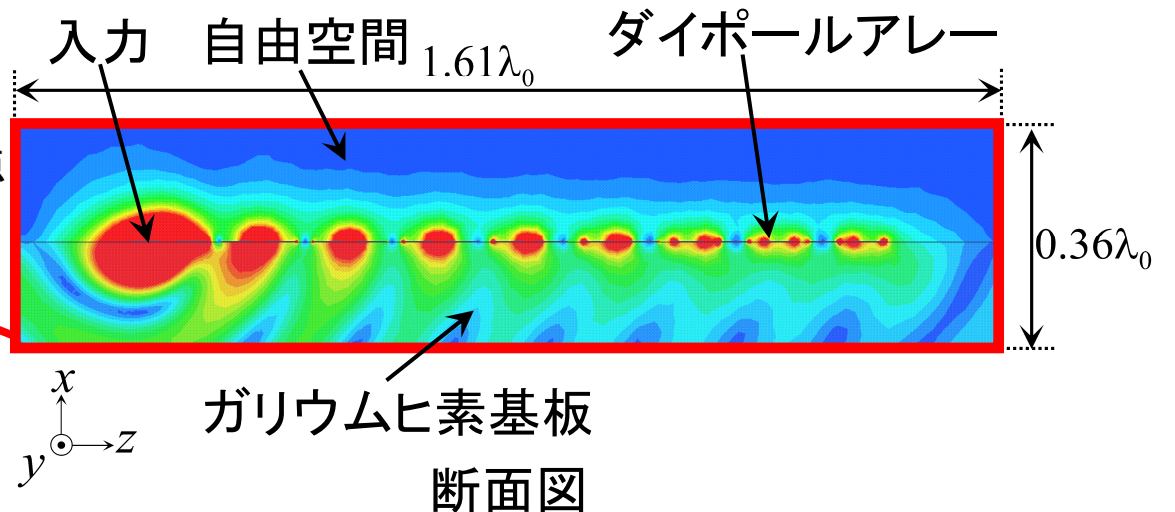
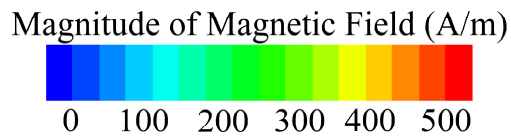


⑥ 表面波を利用したテラヘルツ波帯伝送線路

給電部(周波数固定)

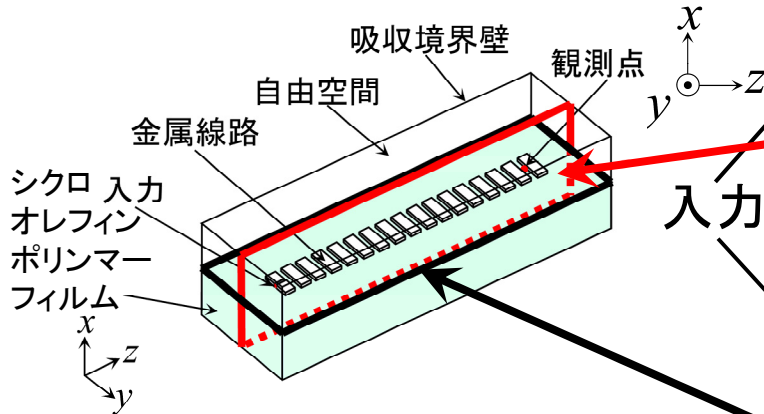


周波数 **0.13 THz**
 波長 $\lambda_0 = 2.31 \text{ mm}$
 実効波長 $\lambda_{\text{eff}} = 898 \text{ }\mu\text{m}$

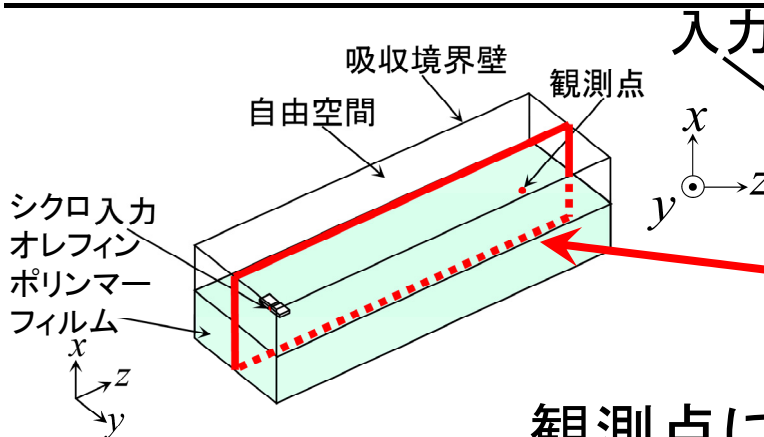
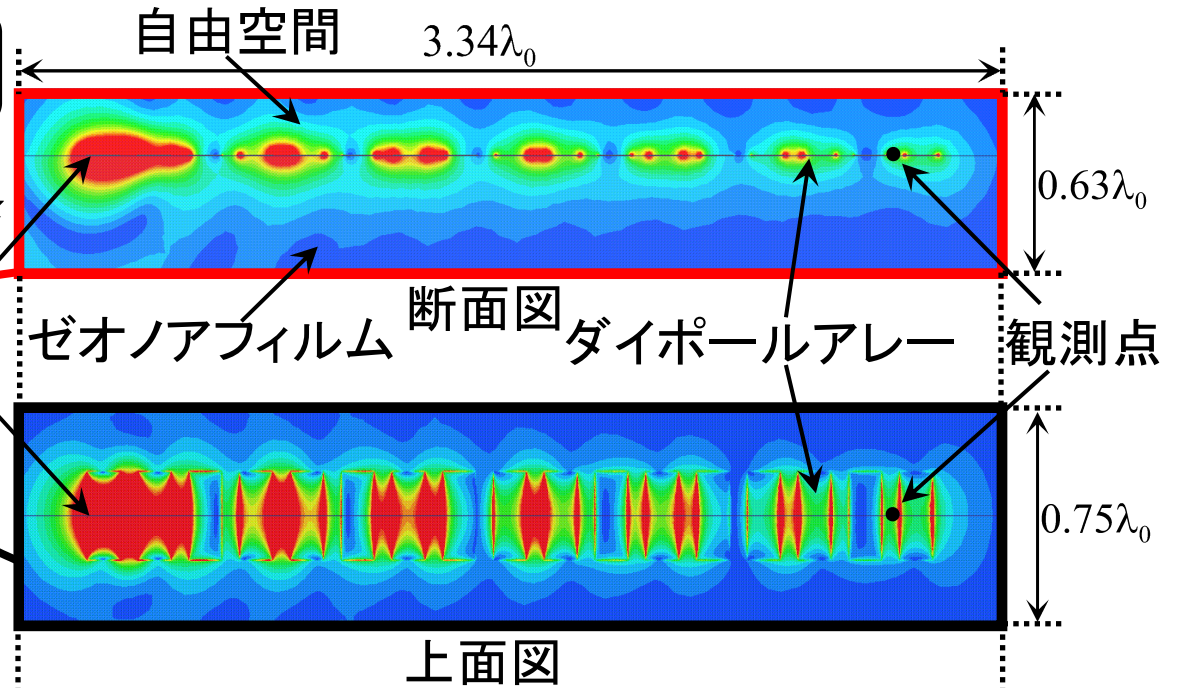


⑥ 表面波を利用したテラヘルツ波帯伝送線路

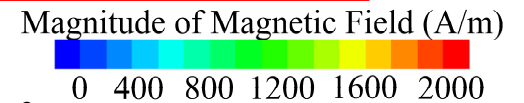
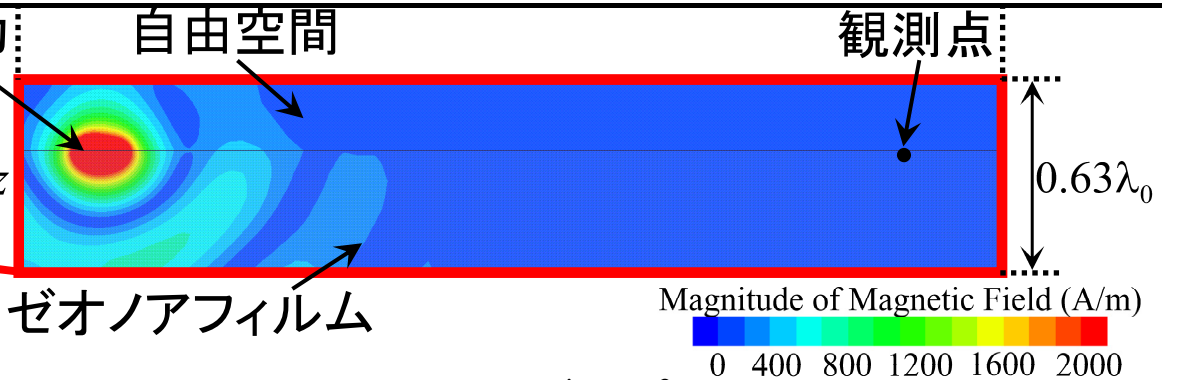
伝送線路部(周波数固定)



周波数 0.45 THz
波長 $\lambda_0 = 667 \mu\text{m}$



ダイポールアレー無し



観測点における磁界強度比 $\frac{\text{ダイポール有り}}{\text{ダイポール無し}} = \text{約}147\text{倍}$
(約43dB)



本発表の構成

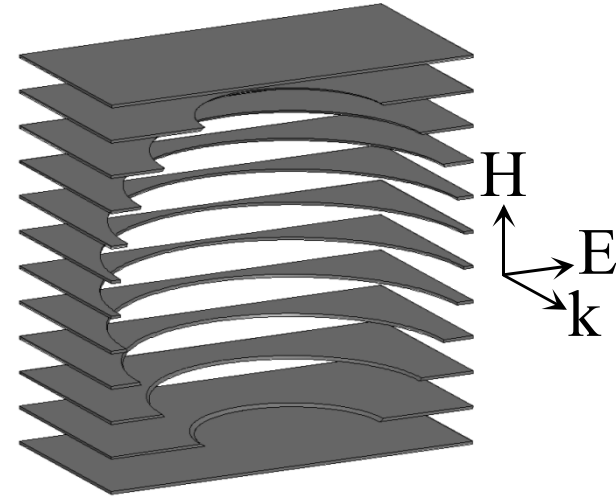
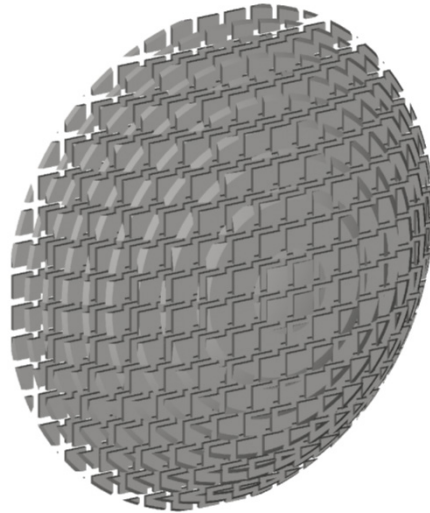
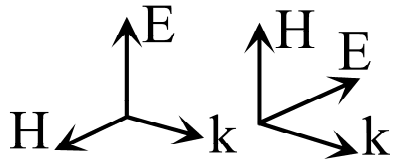
1. 背景・目的
2. テラヘルツ波帯電磁メタマテリアルレンズの
解析→設計→試作→測定
3. 各種光学素子
4. まとめ

①~④ テラヘルツ波人工誘電体レンズ

①

金属方形
チップ
周期構造

$n > 1 (n < -1)$



③

金属
スリット
構造

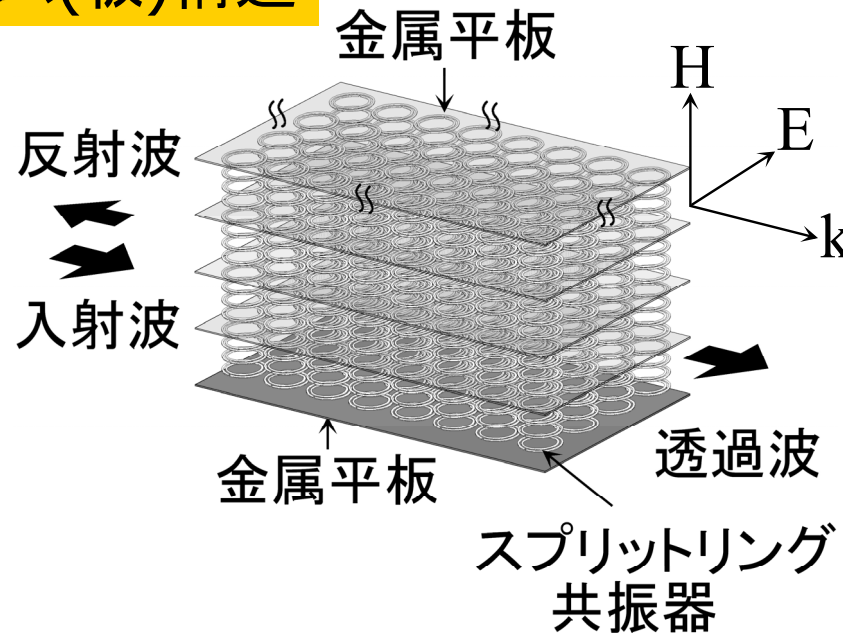
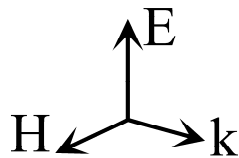
$0 < n < 1$

積層薄フィルム(板)構造

②

金属溝
周期構造

$n > 1$

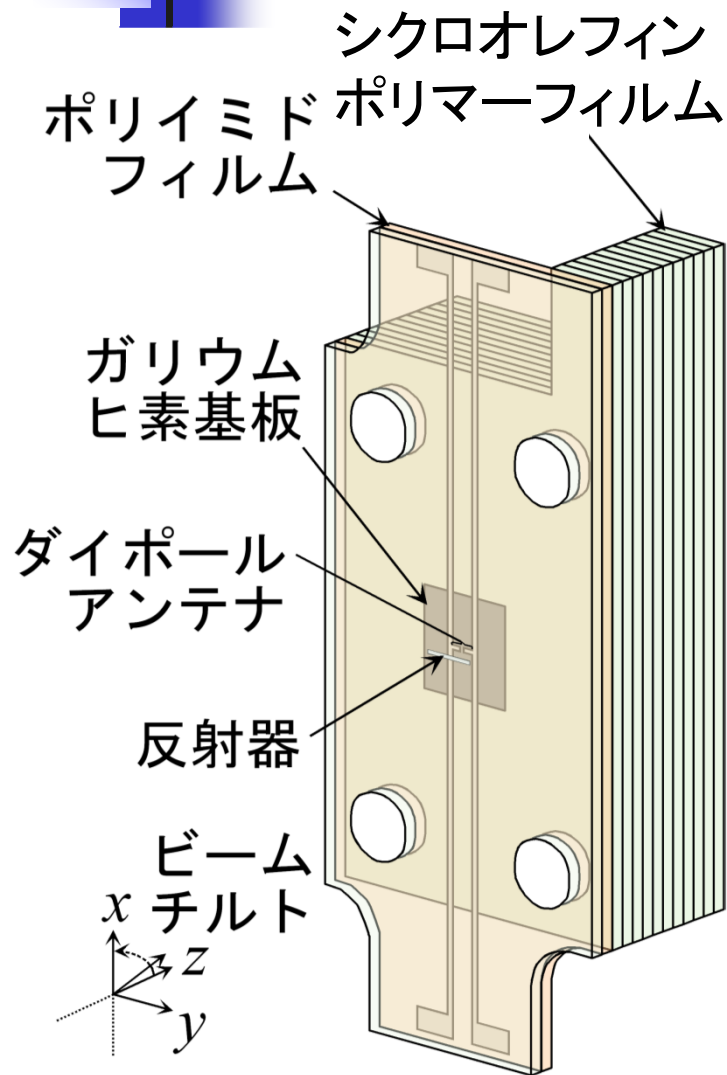


④

リング
+金属
スリット
構造

$n < 0$

⑤ テラヘルツ波帯アンテナ



積層薄フィルム構造による
八木・宇田型光伝導アレーアンテナ



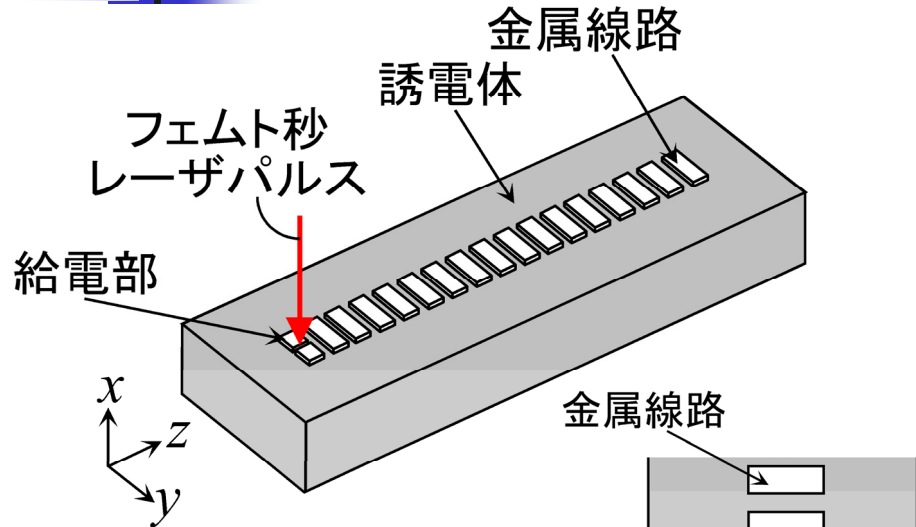
目的
印刷技術の
応用による
フレキシブルな
アンテナの開発

パターンめっき・転写法(日立化成株式会社)

- ・安価に作製
- ・高価な低温成長ヒ素化ガリウム基板の
再利用の検討

初回の作製で
現在ギャップ部が ➡ 今後検討を進め改善
通電

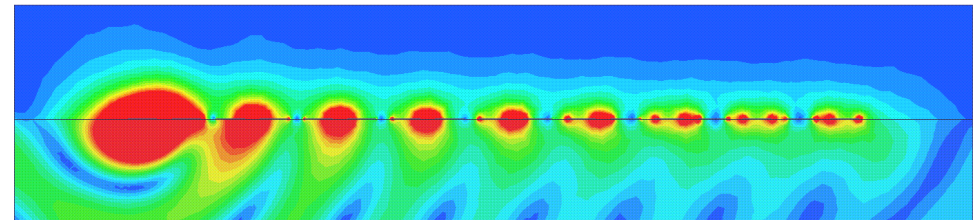
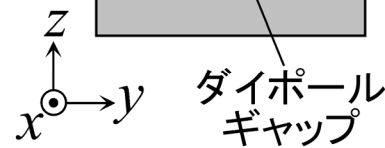
⑥ テラヘルツ波伝送線路



目的
 ダイポールアレー構造において
 表面波を用いた高効率な
 テラヘルツ波伝送線路の設計
 ↓
**平面でオンチップ化可能な
 伝送線路**

誘電体

- 給電部→GaAs (フェムト秒レーザー照射により光伝導電流を発生)
- 伝送線路→シクロオレフィンポリマーフィルム(低損失)



ガリウムヒ素基板 断面図

広報誌iUP vol.3にて研究室の特集



PROFESSOR INTERVIEW NOW



工学部 電気電子工学科 助教

鈴木 健仁
Takenito SUZUKI

神奈川県出身。東京工業大学大学院理工学研究科電気工学専攻博士課程2009年修了。博士課程進学と同時に日本学術振興会特別研究員に採用。同年4月より茨城大学勤務。船井研究開発院の011、第23回筑波博覧会学術博覧会(2010)名と受賞多数。電磁メタマテリアルやミリ波帯テラヘルツ帯アテナの研究、開発を行う傍ら、工学部の「ON Project」活動を茨城県庁の協力を得つつ推進し、モチベーションアップと愛校心を育むことに務めている。

世界に誇れる技術力の一翼を目指し、電磁波制御の研究に夢を賭ける

「常に世界を意識しよう」。

「常」に世界を意識しよう。私たちが研究室で、この一言を合言葉に研究に取り組んでいる。普段は笑顔で地味な雑談や空想が溢れるが、学会での発表を控える時などは、某夜関係なく、みんなが一体になって研究に没頭する日々が続きます。私たちの取り組んでいる電磁波の研究は、日本、米国、欧州が研究をリードし、日進月歩で開発が進んでいます。世界のライバルに目を向ける、新たな発見に驚くこともあり、研究への情熱も自然と高まります。また、世界と競争すること、相乗効果を生み、面白い研究成果が生まれます。

電磁波は、日常生活でどんな役割を果たしているのでしょうか。例えば携帯電話、電波時計、ナビゲーション、テレビ、レコーダーなど、無意識に、しかし至る所で使われています。電磁波は、波の振動(周波数)の高さによって、その研究領域が分かれています。例えば、電子レンジやラジオ、携帯電話などに使われる周波数は低く、「電波」と呼ばれ、赤外線、可視光、X線など、高い領域は「光」のフィールドになります。実は、電波というのは光の物理的には同じです。ただし、目には見えません。このように、電波は周波数が高くなるにつれて光の領域に入っていきますが、その中でも光の一歩手前の「ミリ波」「テラヘルツ波」が私たちの研究領域です。

「ハリリーの透明マント」も、夢ではない

「このあたりに来たなら、スマートフォンがつかなくなるんだ...」。

学者の大型プロジェクトを進めている。テラヘルツ波の高次元制御は、光領域に向けたさまざまな研究の意味合いもあります。さらに研究を進め、この技術を光の領域で実現できれば、究極のステルス技術「ハリリーポッター」の透明マントも夢物語ではなくなるかもしれません。

しかし、電磁波の研究は、常に「損失との闘い」です。効率の良いアンテナや光学素子の改良、開発をいかに成し遂げるか、これが、大きなポイントのひとつになると考えています。

日本への期待や信頼に応えられる学生を育てたい。

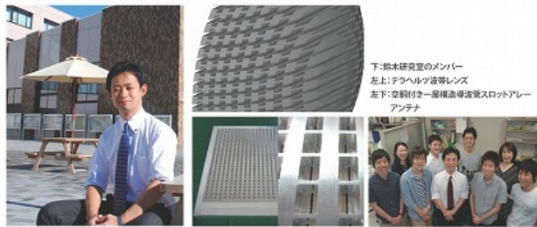
私たちの研究室では、分野は変わっても、学生自身が研究を通して培った能力を発揮できるようにすることも大事にしています。自分で興味を持ったテーマや課題を深く掘り下げ、答えに近づこうとするのが研究の醍醐味です。研究という方法論を通して、多くの学生にたくさん学ぶことを学んでもらい、社会に出た後も活躍できるように努めています。

先日、修士2年の入江成成さんがテラヘルツ帯アンテナの研究について発表をする、発表後、様々な回の研究者から質問やアドバイスを寄せられました。「日本の学生の可能性は、世界でも期待されている。」その様子を、日本が海外から厚い信頼を寄せられるのは、長年に渡って、私たちの先輩方が積み重ねた確かな技術力があるからです。世界が発展し続ける中で未来に目を向けると、日本とその技術に誇

そんな経験をしたいことではありませんか。原因は、その地域に電磁波を発する波源、すなわちアンテナが原因です。電磁波を逃がさないようにするには、アンテナが必要で、一つの方向へ電磁波を集中して送れる高性能アンテナがあれば、より多くの情報を送ることができます。私たちの研究室では、ミリ波帯やテラヘルツ帯の電磁波を飛ばすアンテナや電磁波を操作する素子の研究、開発を進めています。ミリ波では既に様々な開発が行われていますが、テラヘルツ波は未開拓な部分の多い領域です。これからどういう目的で使っていくのか、現在、総務省が調査、検討を行っている段階です。テラヘルツ波は電磁波を発生させることも難しいですが、それと同時に難しいのは、出された電磁波を操縦することです。

電磁波をある方向に集中させたい、屈折させたい、しかし、テラヘルツ波を自由にコントロールできる素子は限られます。思い通りに動かすのは至難の技です。テラヘルツ波をどう高度に制御するか。私たちは、この課題を乗り越えるための研究を進めています。

具体的には、電磁メタマテリアル(メタ)はシリコンで、「電」の意として呼ばれる金属の微細な構造を組み合わせて、電磁波を操作する技術に取り組んでいます。この技術で、新しい光学素子を実現できれば、応用上の意義が大きいと考えています。2001年にデューク大学のDavid R. Smithe教授が通常の材質では困難な電磁波の制御(負の屈折)の表紙に成功して以来、世界的な研究のブームが起っています。私たちの研究室でも、総務省や文部科



下:鈴木研究室のメンバー
左:テラヘルツ波帯アンテナ
右下:屈折率が負の電磁波を発生させるアンテナ

せられる期待は、むしろこれからのほうが高くなるのではないのでしょうか。私たちの研究室は、そんな世界の期待に応えようとする、志の高い研究者の集まる空間です。一人でも多くの学生が誇りを持って研究に励み、日本を支えてくれることを願いながら、私も研究に努めています。

森葉子アナ(本学OB テレビ朝日)も同じ号に。
森花子アナ(本学OB NHK)はvol.1



謝辞

本研究の一部は、総務省SCOPE(122103011)の研究助成を受けたものです。本研究を大きく推進してくれました入江克成氏(学部・修士修了 現・茨城県庁)、今野拓矢氏(学部・修士修了 現・日立オートモティブシステムズ株式会社)、與那嶺 広樹氏(学部卒業 現・株式会社協和エクシオ)、研究室の学生、スタッフの方々に深く感謝いたします。

また以下の共同研究者の皆様、日頃より貴重なアドバイスを頂いている皆様に深く感謝申し上げます。

萩行正憲教授(大阪大)、高野恵介博士(大阪大)、北原英明博士(大阪大)、谷正彦教授(福井大)、山本晃司准教授(福井大)、永井正也准教授(大阪大)、Withawat Withayachumnankul 博士(アデレード大)、御田護博士(株式会社M&M 研究所)、舘野貴一様、滝田隆夫様、稻田禎一博士(左記 3 名 日立化成株式会社)、直之進様、John C. Young博士(ケンタッキー大)、広川二郎准教授(東工大)、安藤真教授(東工大)



ご清聴ありがとうございました。