

6 Gで期待されるテラヘルツ領域 の高消光比な偏光フィルター

- 大阪市立大学
大学院工学研究科 電子情報系専攻

講師 なしま 菜嶋 しげき 茂喜

9 産業と技術革新の
基盤をつくらう

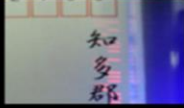
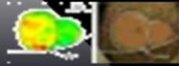
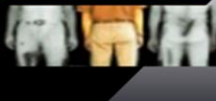


2021年11月9日

テラヘルツ波 (THz波)

300 mm 30 mm 3 mm 300 μm 30 μm 3 μm 300 nm λ

エレクトロニクス → → ← ← フォトニクス



マイクロ波

ミリ波

テラヘルツ波

赤外

可視

紫外

X線

電波と光の間に位置する未開拓な電磁波領域

特長

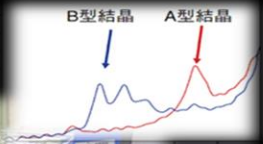
- 低エネルギー, 低侵襲, 安全
- 高い透過特性, 低散乱 (樹脂等の絶縁性物質)
- 高い反射特性 (金属等の導電性物質)
- 指紋 (= 物質固有の) スペクトル
(DNA, 蛋白質, 糖等の高分子等)
- 超高速の光エレクトロニクス領域



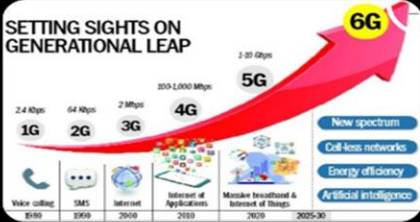
遠隔からの
ボディーチェック



炎, 煙, 砂塵中の
新しい目



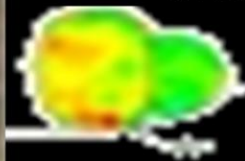
医薬品や食品の
品質管理・検査



Beyond 5G



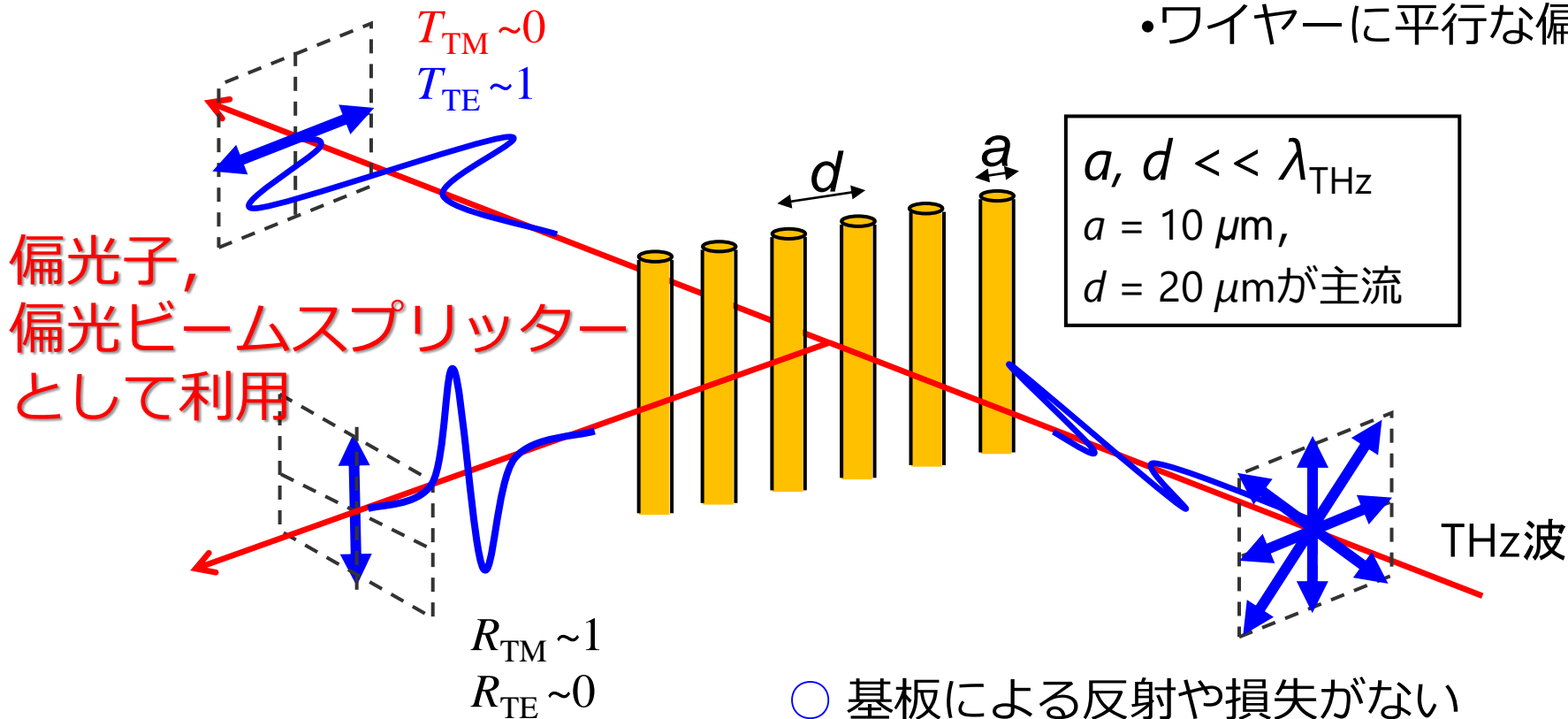
がん細胞



非接触な生体診断

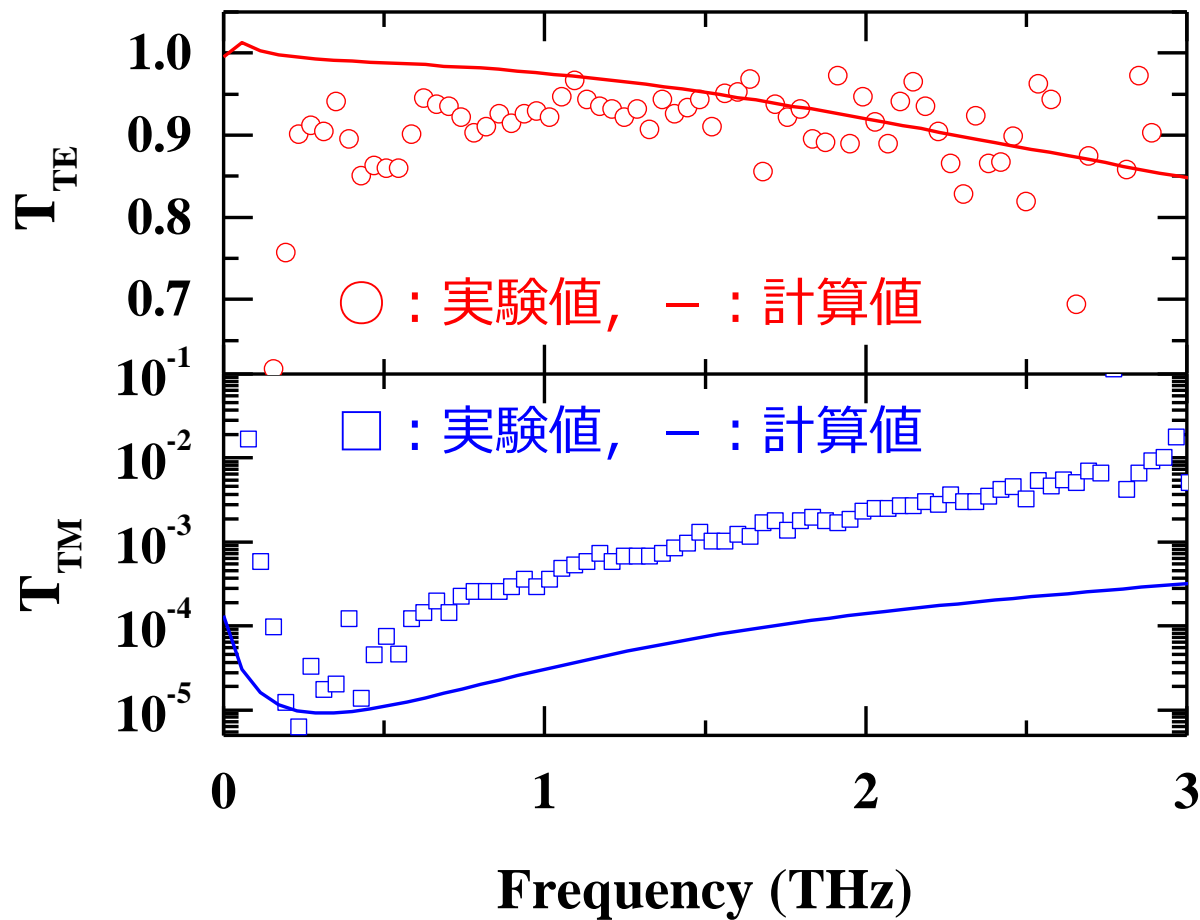
ワイヤーグリッド偏光子

- ワイヤーに垂直な偏光=TE波
- ワイヤーに平行な偏光=TM波



- 基板による反射や損失がない
- μm 台以上の厚みを持たせる事が出来る

従来技術とその問題点

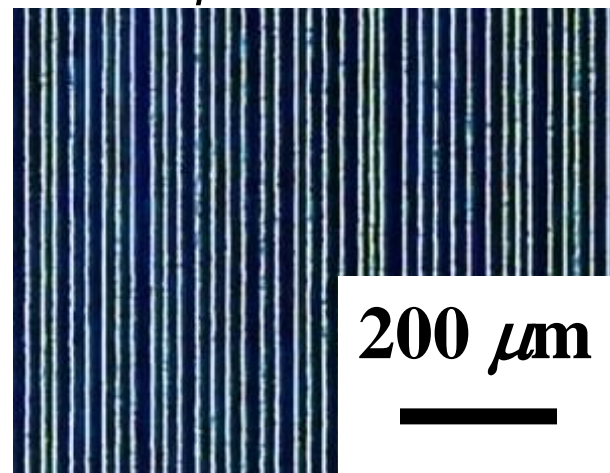


理想的な偏光子とは...

透過率: $T_{TE} \approx 1$

消光比: $\frac{T_{TM}}{T_{TE}} \approx 0$

× グリッド間隔 d の乱れの影響
($\sigma \sim 5 \mu\text{m}$)



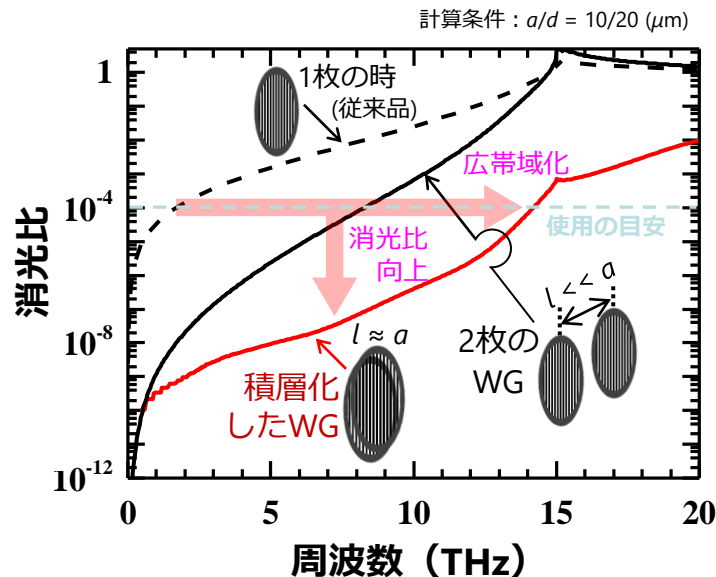
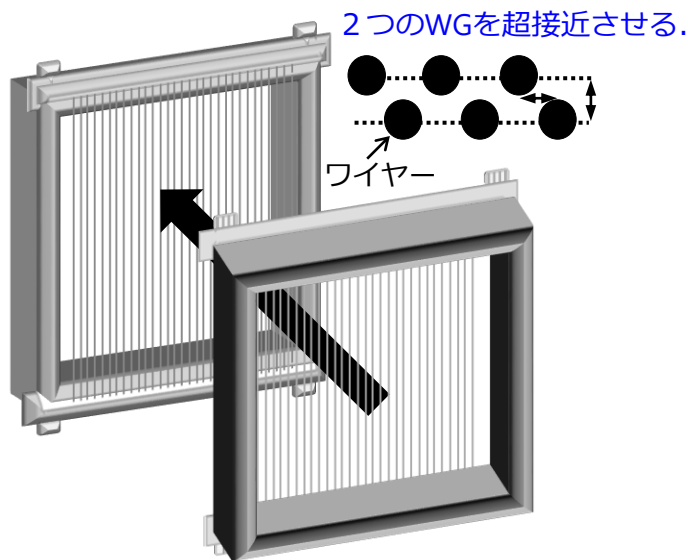
従来技術とその問題点

ワイヤーグリッド	ワイヤー径:間隔 a/d	特長	消光比 @ 1 THz	損失 @ 1 THz	備考
大市大 製	10 μm /20 μm	タングステンワイヤー	3×10^{-4}	10 %	
製品A	50 μm /200 μm	金属板を加工	0.5	10 %	
製品B	10 μm /25 μm		4×10^{-4} ※	1 % ※	※計算値
参考文献A ^[1]	1.5 μm /3 μm	リソグラフィーによりSi基板上にAlグリッドを作製	3×10^{-5} ※	5 % ※	※ブリュースター入射
参考文献B ^[2]	56 nm/140 nm	ナノインプリント技術によりTACフィルム上にAlグリッドを作製	1×10^{-5}	35 %	
参考文献C ^[3]	110 μm /210 μm	汎用インクジェットプリンタを用い紙に印刷	0.05 ※	30 % ※	※ 250 GHz

- [1] I. Yamada, K. Takano, M. Hangyo, M. Saito, and W. Watanabe, Opt. Lett. **34**, 274 (2009).
 [2] K. Takano, H. Yokoyama, A. Ichii, I. Morimoto, and M. Hangyo, Opt. Lett. **36**, 2665 (2011).
 [3] T. Kondo, T. Nagashima, and M. Hangyo, Jpn. J. Appl. Phys. Part 2 **42**, L373 (2003).

新技術(積層化WG)の特徴・従来技術との比較

－積層化したWGと偏光性能－



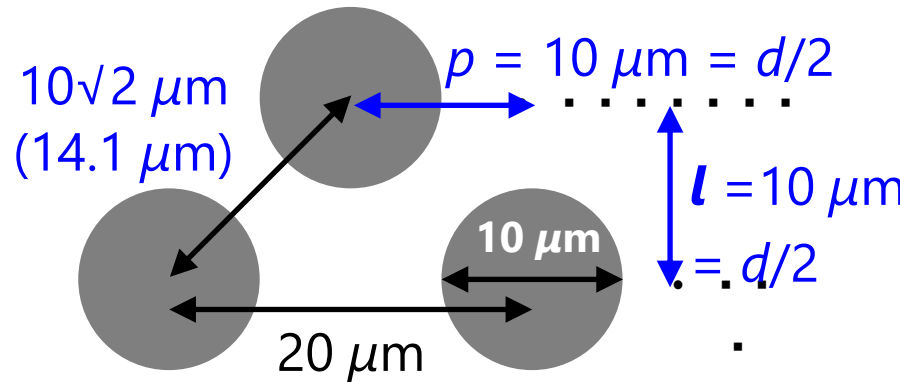
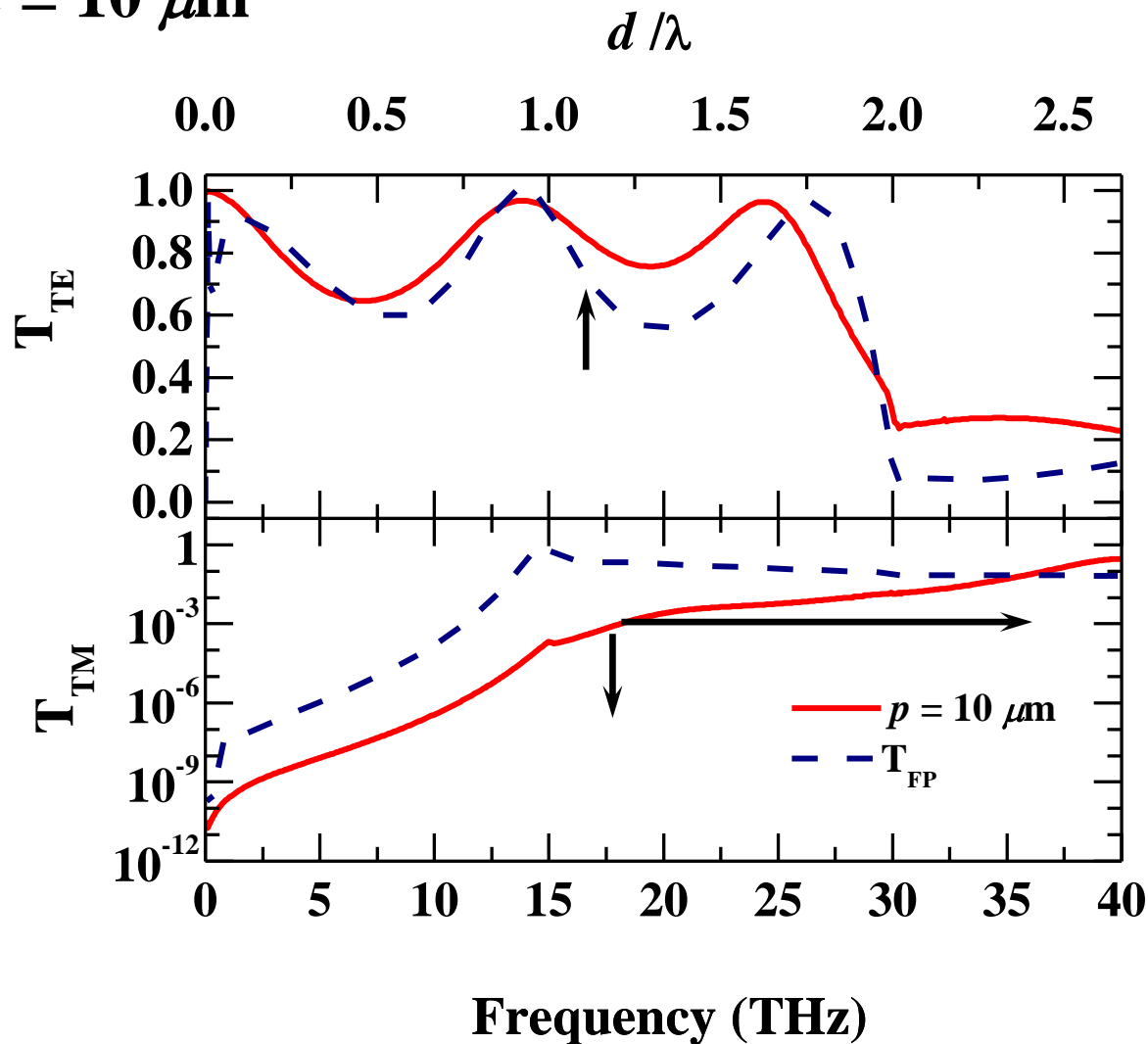
積層化したWG (赤線) の偏光性能

－積層化したWGの特徴－

- 従来のWGの1 THzにおける消光比は 10^{-4} 台程度なのに対し、積層化技術を用いれば理論上、 10^{-7} 台 (またはそれ以上) の優れた消光比が見込め、かつ、透過損失も低減できる。
- 10^{-4} 以下の消光比の動作範囲が拡大する。
- 支持基板のないフリースタンド型なので、どの周波数でも吸収損失がない。
- 多層化による更なる偏光性能の向上が見込める。

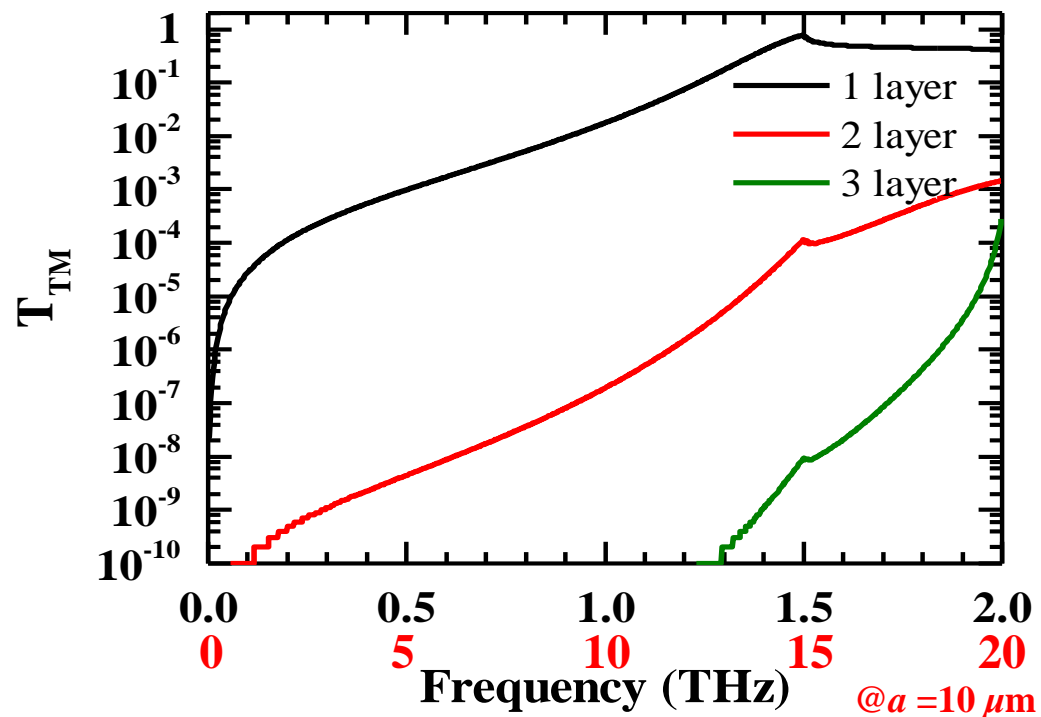
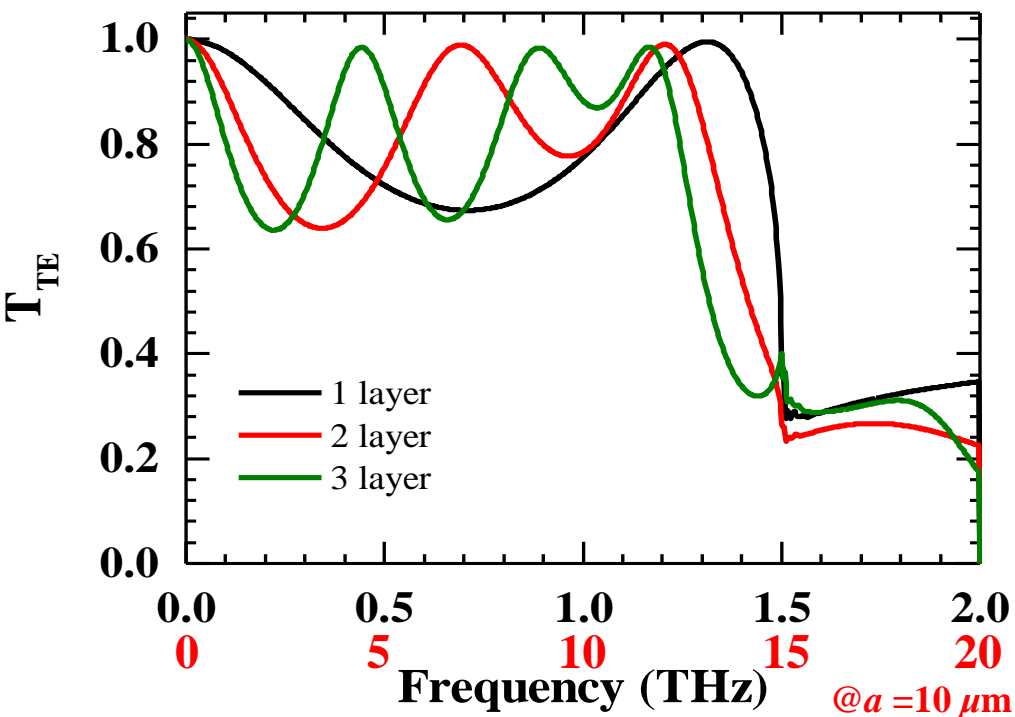
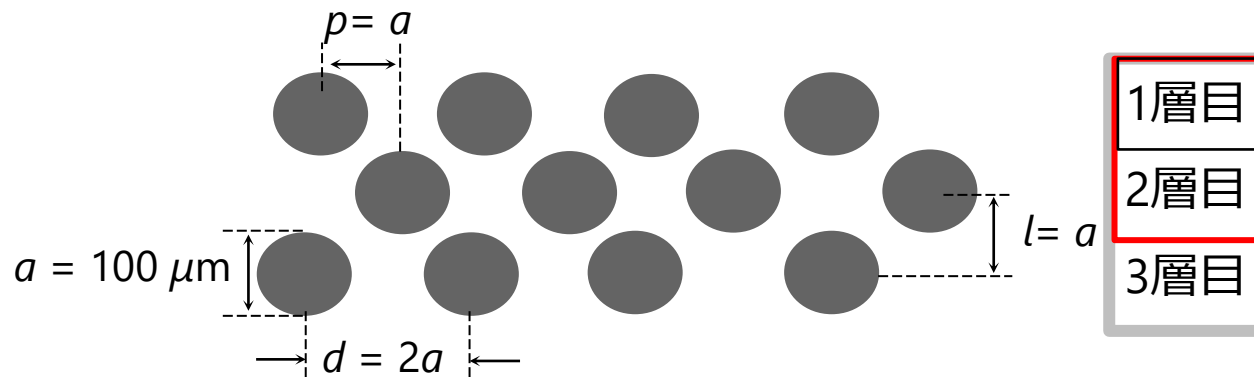
新技術の特徴・従来技術との比較

$l = 10 \mu\text{m}$

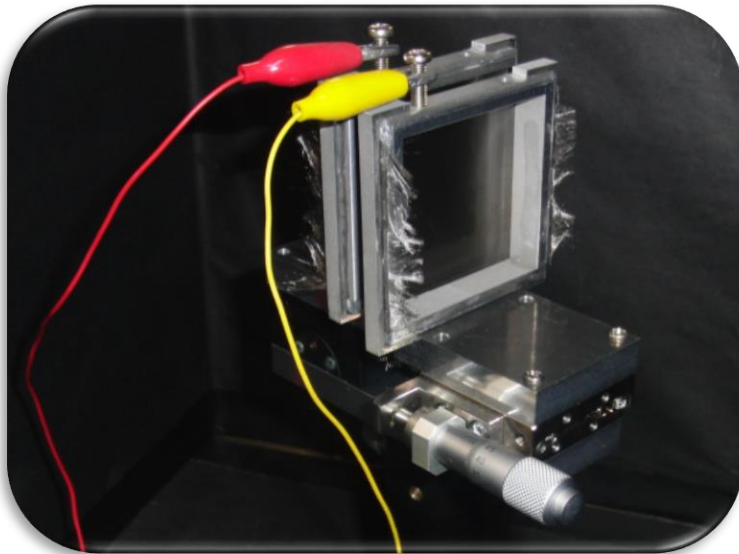
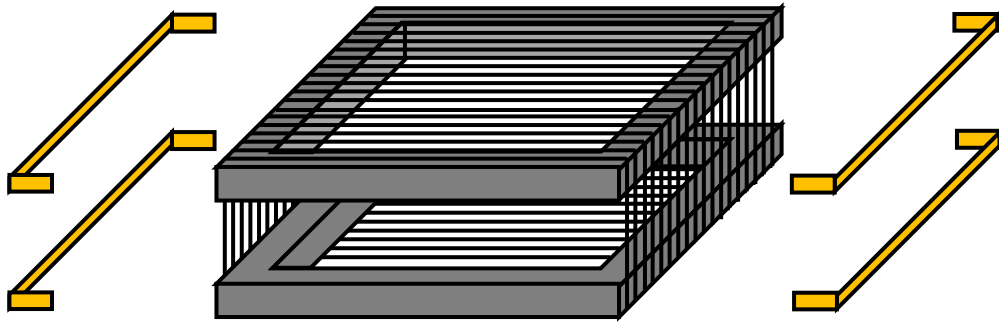


- ◆ ファブリーペロー効果
- ◆ 2層間に形成された新たな微小スリットによる遮蔽効果

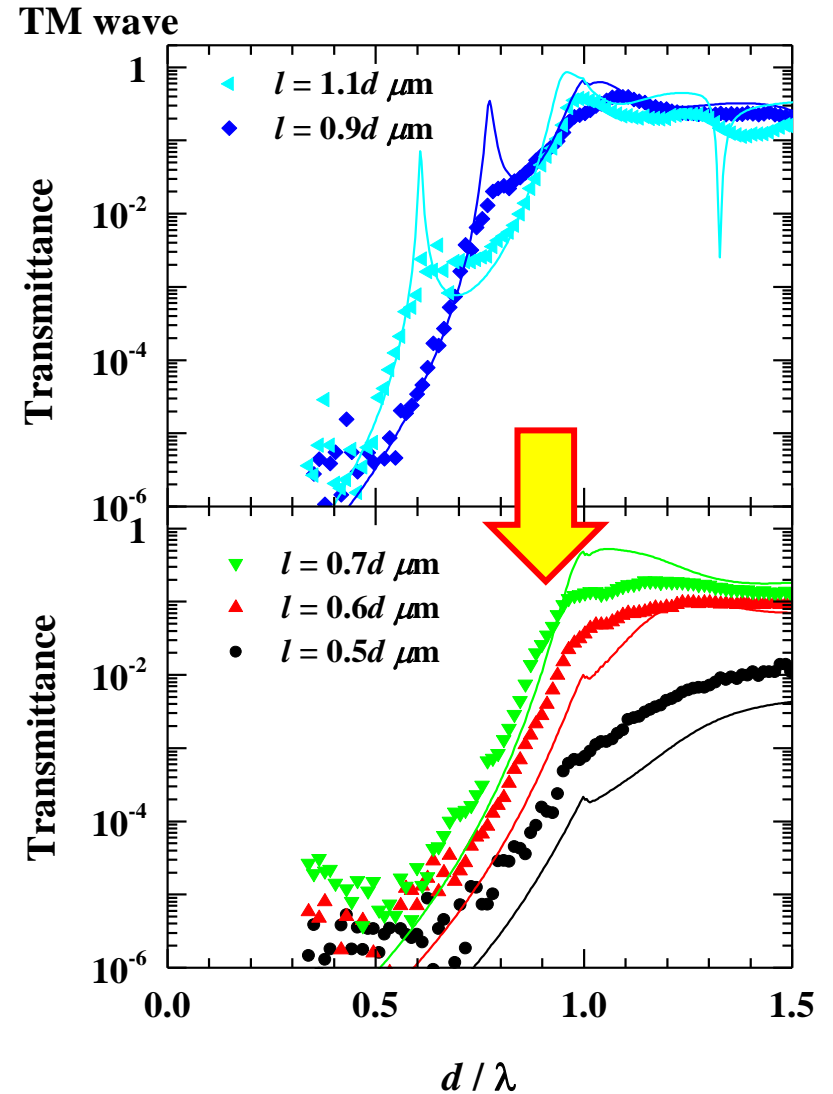
積層化の効果



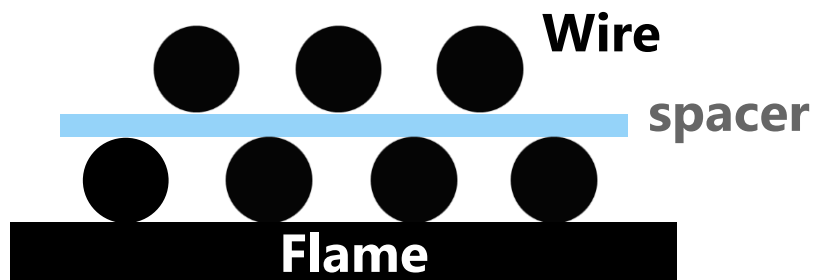
新技術の実証



ワイヤー径 : $a = 100 \mu\text{m}$
グリッド間隔 : $d = 200 \mu\text{m}$

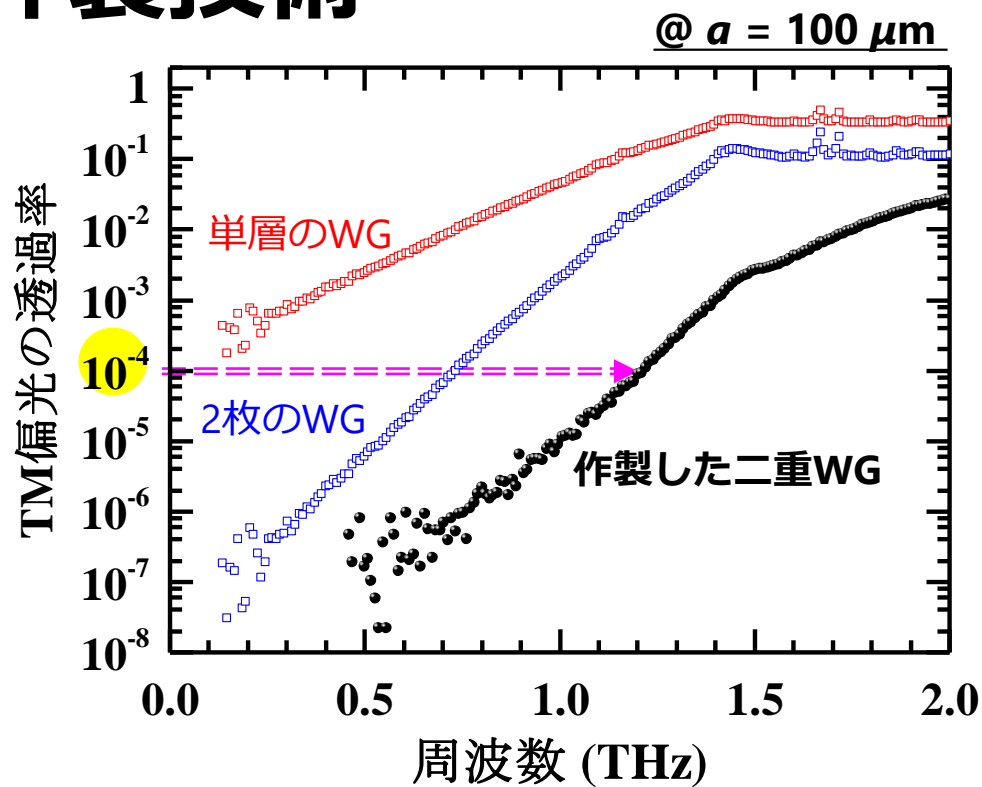
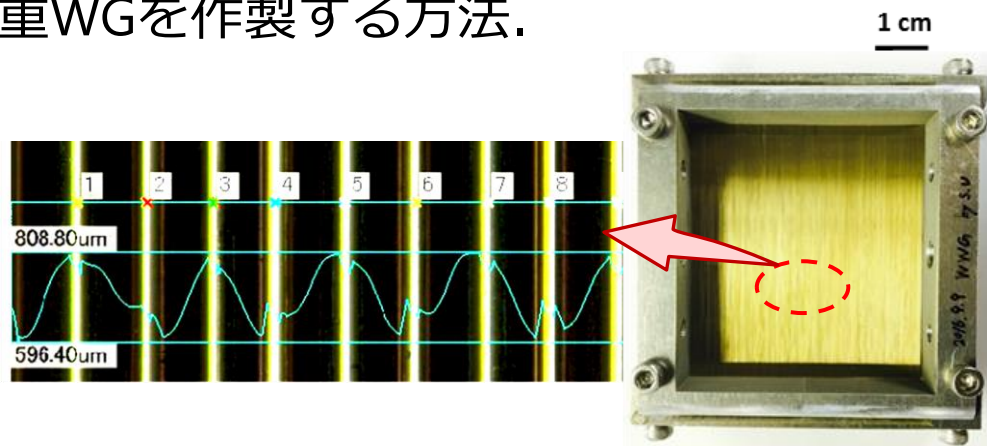


一体化の作製技術



方法①

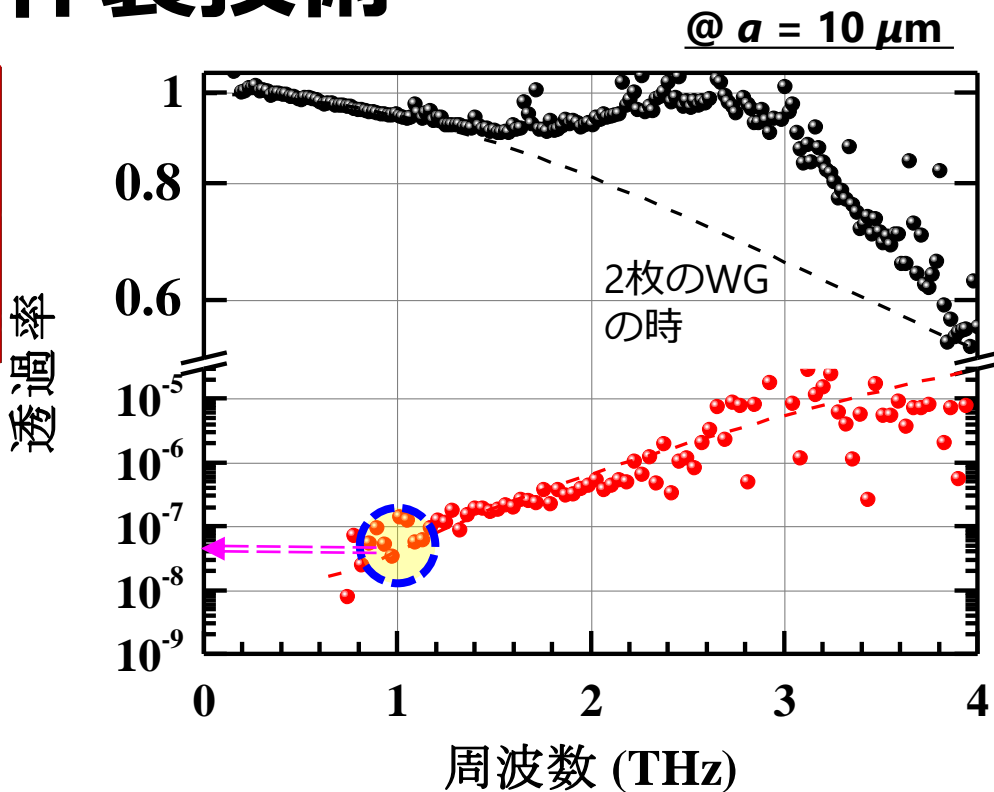
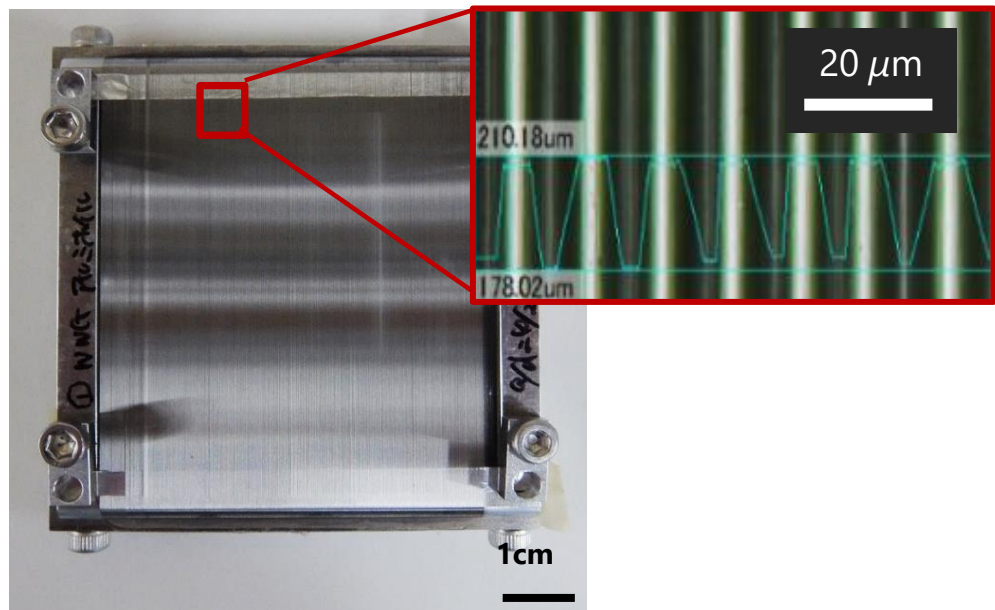
WGの間にスペーサーを挟むことにより二重WGを作製する方法.



100μm径による一体化した二重構造のWGの作製に成功

⇒0.5 THzでの消光比は 1.9×10^{-7}

一体化の作製技術



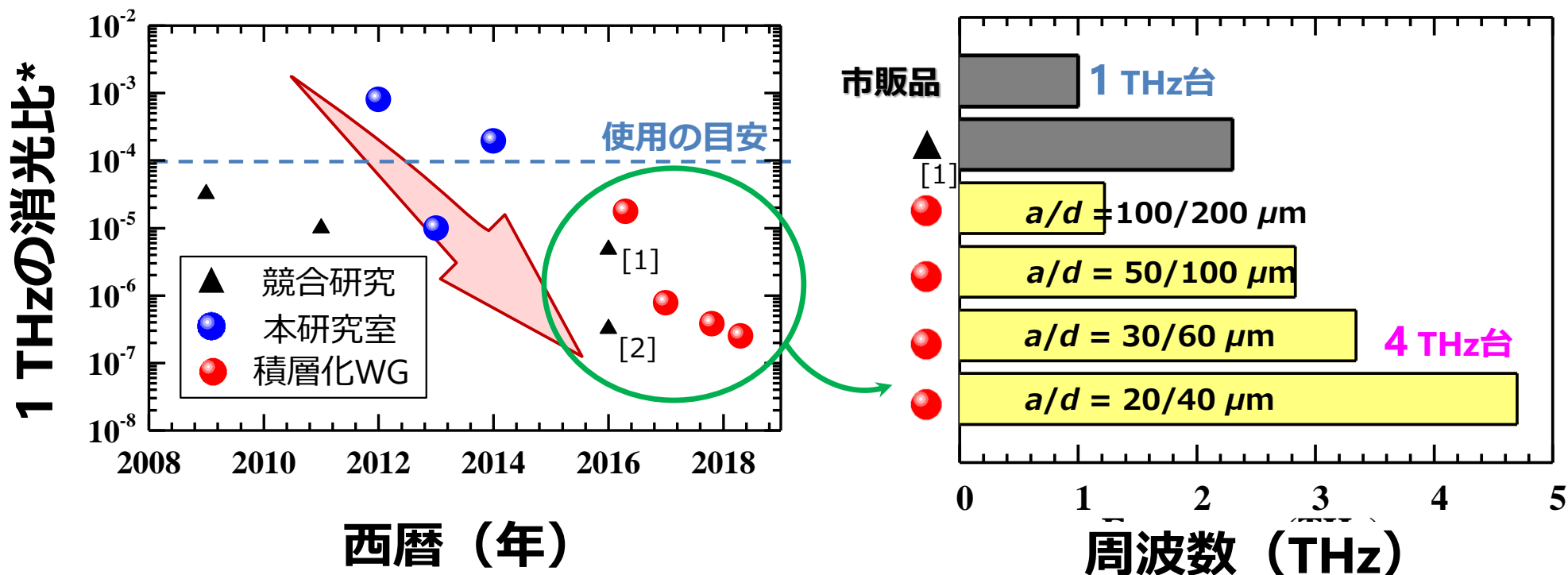
10 μm 径による一体化したWGの作製に成功

⇒ 2枚のWGの透過損失を低減

⇒ 1.0 THzでの消光比は 10^{-8} 台

⇒ 4 THz台までの高消光比

新技術の特徴・従来技術との比較

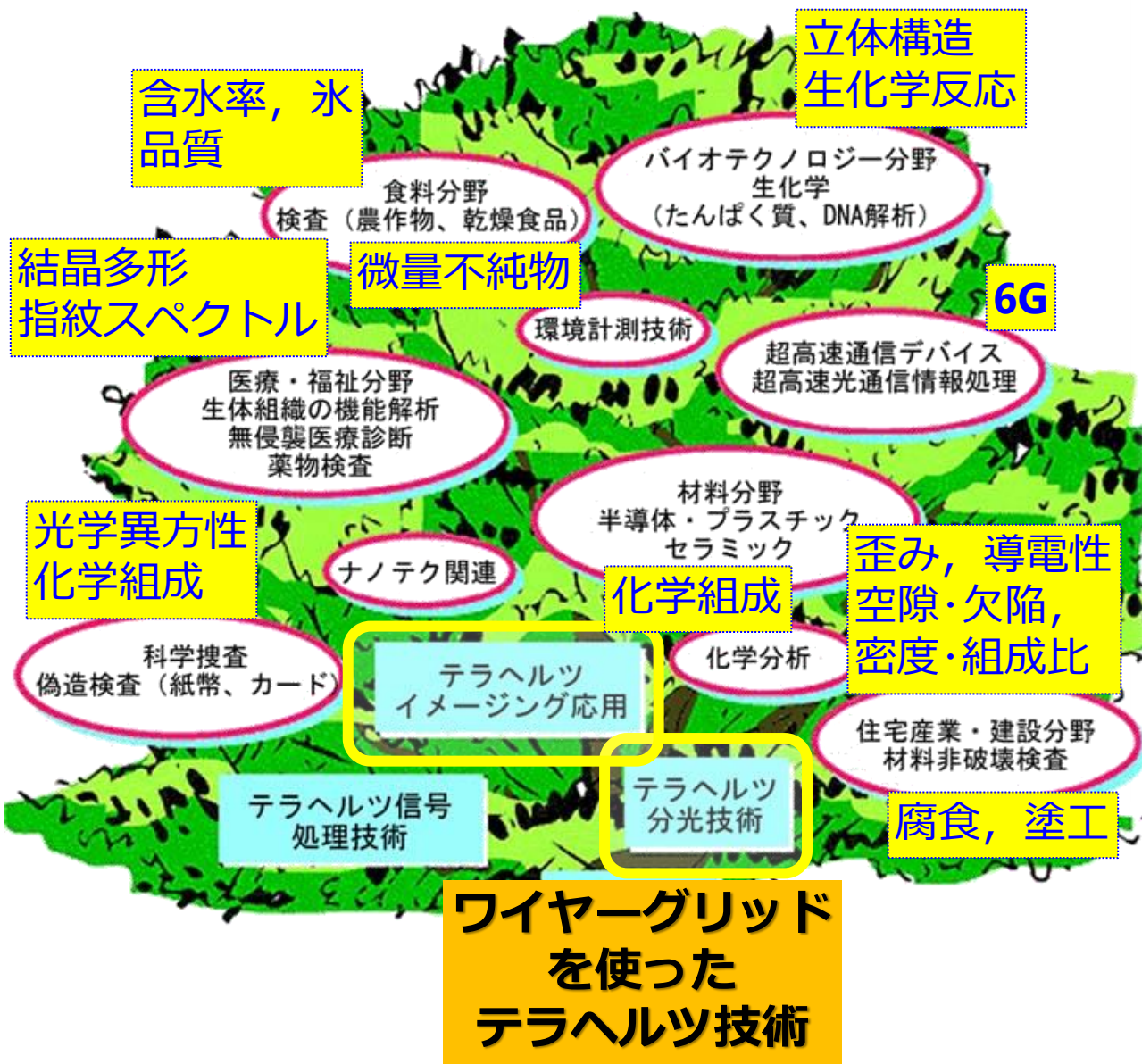


積層化したWGの偏光性能の向上の変遷。

(左図：1 THzの消光比，右図： 10^{-4} 以下の消光比の帯域。)

*消光比：直交する偏光がどの程度完全に分離しているかを表すための指標値。

想定される用途



消光比が**1億**(10^{-8})以上
(従来の10,000倍以上)

- 分光技術
- イメージング技術
- センシング技術

- ① 偏光子
- ② フィルター
- ③ 偏光ビームスプリッター
- ④ 円二色性(VCD)センサー
- ⑤ 複屈折センサー
- ⑥ 非接触型歪みセンサー

実用化に向けた課題

- 現在, 50 mm径迄のWVGの作製が可能なところ迄開発済み. しかし, 大面積化が未解決.
- 現在, 20 μm 径の金属ワイヤーでの作製が可能なところ迄開発済み. 更なる極細化が課題.
- 実用化に向けて, ワイヤー間隔 d の精度を10%以下まで向上できるように技術が必要.

企業への期待

- 未解決のワイヤー間隔の精度については、低速（10～100 $\mu\text{m/s}$ 台）で等速移動できる自動ステージにより克服できると考えている。
- 織物の技術が積層構造化に有力と予想（共同研究を希望）。
- また、テラヘルツ波領域の分光装置、分光センシング、通信技術を開発中の企業は、本技術の導入が有効と思われる。

本技術に関する知的財産権

【特許 1】

- 発明の名称：積層型ワイヤグリッド及びその製造方法
- 登録番号：特許第6256966号
- 出願人：公立大学法人大阪
- 発明者：菜嶋 茂喜, 半田 卓也, 細田 誠

【特許 2】

- 発明の名称：ワイヤーグリッド, 及びワイヤーグリッドの製造方法
- 登録番号：特許第6846030号
- 出願人：公立大学法人大阪
- 発明者：菜嶋 茂喜, 鎌森 隆明, 上田 誠矢

ワイヤーグリッドに関する 産学連携の経歴

- 2008-2010年度 民間企業A社と共同研究実施
- 2013年度～ 他大学発のベンチャーのテクニカルアドバイザー
- 2014年度 民間企業B社と共同研究実施

お問い合わせ先

大阪市立大学

URAセンター URA 山崎 基治

TEL 06-6605-3550

FAX 06-6605-2058

e-mail ura@ado.osaka-cu.ac.jp