

エバネセントテラヘルツ波と相互作用した信号光とポンプ光検出によるテラヘルツ波センシング

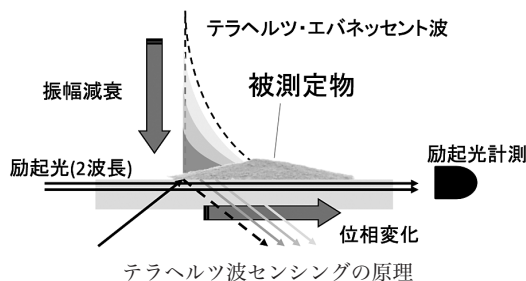
THz-Wave Sensing Via Pump and Signal Wave Detection Interacted with Evanescent THz Waves

[T. Akiba, N. Kaneko, K. Suizu, K. Miyamoto and T. Omatsu: Opt. Lett., 38, No. 18 (2013) 3687-3689]

テラヘルツ波 (0.1~10 THz の電磁波) は、生体イメージングや危険物質のリモート検出、非破壊検査などのセンシング応用にとっても有望な電磁波である。非線形光学結晶とピコ秒/ナノ秒光パルスを用いる準連続テラヘルツ波発生の手法は、シンプルでコンパクトな長所を有する一方で、検出には低温動作の高感度検出器を要するため、室温動作する高感度テラヘルツ波検出法が望まれていた。本論文では、テラヘルツ波を直接検出するのではなく、非線形光学結晶中の三波混合過程において、被測定物と相互作用したテラヘルツ波の振幅・位相変化を励起光の振幅変化として検出する新しいセンシング法を提案している。図に示すように、チェレンコフ位相整合法により発生されたテラヘルツ波は全反射条件を満たしエバネセントテラヘルツ波を生成する。被測定物によりエバネセントテラヘルツ波の振幅と位相は変調を受け、その結果、反射テラヘルツ波と異なる時刻で発生されるテラヘルツ波との干渉条件が変化する。三波混合過程により結合されているテラヘルツ波の振幅の変化は、励起光の振幅変化として検出される。

(図3, 文献15)

被測定物と相互作用したテラヘルツ波の“情報”を光領域で検出する本手法は独創的で、高感度でコンパクトなセンサーヘッドへと展開が期待される。被測定物の複素誘電率分光が次のステップと思われる。(久武信太郎)



シリコン上にウェットエッチングで形成された超高Q ウェッジ共振器

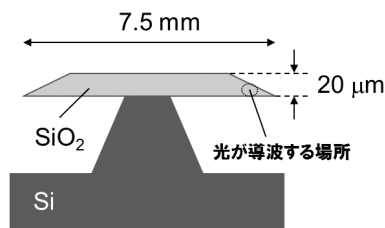
Chemically Etched Ultrahigh-Q Wedge-Resonator on a Silicon Chip

[H. Lee, T. Chen, J. Li, K. Y. Yang, S. Jeon, O. Painter and K. J. Vahala; Nat. Photonics, 6 (2012) 369-373]

高いQ値の共振器は、量子情報、非線形光学、情報通信などのさまざまな分野で研究が進められている。本論文では、ウェットエッチングによりシリコン基板上に高いQ値の共振器を作ること成功した。熱酸化によりシリコン上に形成された石英の膜に対して、フォトリソグラフィとウェットエッチングを施すことにより、加工端をくさび状にすることができる。この方法で、直径がmmオーダーのディスクを加工し、その後シリコンをドライエッチングすることで、下図のような構造を実現した。著者らは端部のくさび形状にちなんでこれをウェッジ共振器とよんでいる。石英の厚み10μm、直径が7.5mmのウェッジ共振器に対して、波長1.5μmの光でQ値を測定したところ、8億7500万というきわめて高い値を得た。これは、石英膜を厚くし、かつ端部をくさび形状にすることで、高い平坦性を有するウェッジ部をリング状に導波するモードの光散乱が小さくなった効果による

ものと考えられている。(図5, 文献36)

このように一般的なプロセスでシリコン上に超高Q共振器を実現できる技術は、サニャック効果を利用した角速度センサーやオンチップの周波数基準等への応用可能性が期待できる。(稲田 安寿)



ウェッジ共振器の断面図

偏光に基づく非染色細胞検出

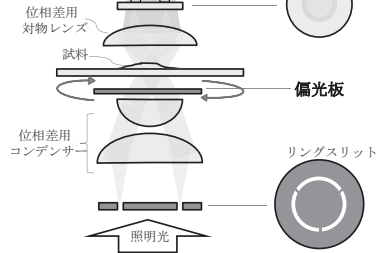
Polarization-Based Non-Staining Cell Detection

[M. Zhang, K. Ihida-Stansbury, J. Van der Spiegel and N. Engheta: Opt. Express, 20, No. 23 (2012) 25378-25390]

この研究では、生細胞のような透明物体の観察においてよりよい細胞検出感度を得るため、3パラメーター偏光偏差画像検出法という位相差顕微鏡に偏光を取り入れた検出法を提案し、非染色、単層、生細胞検出での有用性を実証している。この手法では、位相差顕微鏡の光学系の光源と試料の間に1インチ径のガラス偏光板を水平に挿入し、偏光角を10°ずつ0°~180°の範囲で変化させた18フレームの強度画像を取得する。ここで、同じ範囲(x,y)において偏光角 $X_i (i = 0, 1, \dots, (n-1))$ の直線偏光照明下での取得強度の値の偏差を偏光偏差 $\sigma_p(x,y)$ としている。細胞が存在するピクセルの σ_p の値は細胞が存在しないピクセルの値よりも大きいため、適切な閾値 σ_{th} を定めることで領域内での細胞の有無を識別することができる。さらに、偏光偏差画像検出法では強度画像の取得が18フレーム必要であるのに対し、より入力データの取得を容易にした3フレームの強度画像から検出する3パラメーター偏光偏差画像検出法を提案している。また感度指数を定義し、非偏光照明下での検出感度を1としたとき、偏光偏差画像検出法は11倍、3パラメーター偏光画像検出法は8倍向上することを示している。実際に生細胞試料で検出を行い、疑似的にHSV色空間と対応させて画像化し、(a) ヒト肺血管平滑筋細胞、(b) ヒト口腔上皮細胞において、非染色、単層、生細胞検出を達成し、本手法の有用

性を実証した。(図11, 表2, 文献42)

主軸方位や複屈折位相差などの定量値が求められているわけではなく、1枚の偏光板を入れるだけの簡易で高速なシステムであることが特徴である。そのため、単層細胞などの薄い細胞では感度が大きく向上しているようには見受けられなかったが、本手法を利用して偏光特性をもつ細胞への応用が期待される。(渡邊恵理子)



偏光に基づく非染色細胞検出の光学系概要

2014 年度光科学及び光技術調査委員会

〈関東〉

委員長	早崎 芳夫	宇都宮大学
委員	奥平 陽介	(株)ニコン
	大野 博司	(株)東芝
	豎 直也	東京大学
	渡邊恵理子	電気通信大学
	西舘 泉	東京農工大学
	鈴木 基嗣	警視庁科学捜査研究所
	涌波 光喜	情報通信研究機構
	山本 亮	キヤノン(株)
	田辺 綾乃	シチズンホールディングス(株)
	鈴木恵治郎	産業技術総合研究所
	東海林 篤	山梨大学
	成田 利治	オリンパス(株)
	松井 一生	コニカミノルタ(株)
	立川 慎吾	(株)リコー
	上原 知幸	防衛大学校
	雨宮 智宏	東京工業大学
	今泉 祥子	千葉大学

〈関西〉

委員長	和田 健司	大阪府立大学
委員	水谷 彰夫	大阪府立大学
	北澤田鶴子	シャープ(株)
	多久島 秀	三菱電機(株)
	吉田 浩之	大阪大学
	岡野 誉之	コニカミノルタ(株)
	小倉 裕介	大阪大学
	瀬谷 安弘	立命館大学
	石飛 秀和	大阪大学
	中山 敬三	近畿大学
	水谷 康弘	徳島大学
	久武信太郎	大阪大学
	稲田 安寿	パナソニック(株)