

半導体表面で全反射している THz 波を取り出すための高効率グレーティング High efficiency gratings for extracting totally reflected THz waves in semiconductors

広島大学大学院 先進理工系科学研究科

○竹安 隼哉, 橋内 優輝, 西田 宗弘, 角屋 豊

Grad. School of Adv. Sci. Eng, Hiroshima Univ.

○Shunya Takeyasu, Yuki Hashiuchi, Munehiro Nishida, Yutaka Kadoya

E-mail: m215452@hiroshima-u.ac.jp

1. 背景と目的

メタ表面による光や電磁波の偏向制御の研究が盛んである。これまでの研究の多くでは、メタ構造体は理論的には均質媒質中、実験的にはガラス等の比較的低屈折率の基板表面に置かれていたが、実用的には半導体等の比較的高屈折率の高い基板上のメタ表面も重要である[1]。また、これまでの研究のほとんどは基板表面（メタ構造体シート）に垂直（あるいは垂直に近い角度）に入射する場合が考えられていたが、斜め入射、特に全反射が生じている状況での応用も重要である。そのような例としては、差周波量子カスケードレーザー[2]からのテラヘルツ波取り出しなどが考えられる。我々は、メタ表面でも良く使われるフアブリペロー（FP）共鳴[3]に着目し、これを内包するグレーティングによる、半導体基板からの高効率全反射光取り出しを検討している。これまでにメタル援用 Monolithic High Contrast Grating[4]を用いる例を報告した[5]。本発表では素子作製がより容易と考えられる、2層メタルグレーティングを提案する。

2. シミュレーションモデル

市販のソフトウェア (COMSOL) を用いて、シミュレーションを行った。入射波長を $100 \mu\text{m}$ (3 THz)、入射角を 70° に設定した。グレーティングの周期としては、回折波が基板表面に対して垂直になる $p = 29.6 \mu\text{m}$ と垂直にはならないが基板側 2 次回折波がエバネッセントになる $p = 28.6 \mu\text{m}$ を考えた。層間膜にはスピコート法で容易に形成でき、かつ THz 帯での吸収が少ないベンゾシクロブテン (BCB) を想定し、 $n_2 = 1.5$, $\tan\delta = 1.24 \times 10^{-2}$ とした。シミュレーションモデルを図 1 に示す。

3. 結果及び考察

$p = 29.6 \mu\text{m}$ 及び $p = 28.6 \mu\text{m}$ の場合の空気側取り出し効率をそれぞれ図 2 及び図 3 に示す。下部グレーティングのメタルの割合を $F_L = 0.7$ とし、上部グレーティングのメタルの割合 F_U と層間膜の厚さ d を変化させた。取り出し効率の最高値は $p = 29.6 \mu\text{m}$ の時、 0.29 ($F_U = 0.85$, $d = 36 \mu\text{m}$)、 $p = 28.6 \mu\text{m}$ の時は 0.52 ($F_U = 0.95$, $d = 2 \mu\text{m}$) となった。図 2 及び図 3 より、効率は F_U と d に対してかなり敏感であることが分かる。 d 依存性から FP 共鳴が起こっていることが分かる。またピークとなる d が F_U に依存しているのは、グレーティングの反射位相の変化により FP 共鳴のピークが移動したことを表している。

参考文献

- [1]M. Gębski, et al. Opt. Express 23, 11674 (2015). [2]K. Fujita, et al. Nanophotonics 7, 1795 (2018).
[3]C. Pfeiffer, et al. Nano Lett. 14, 2491 (2014). [4]T. Czynszanowski, et al. Sci. Rep. 7, 40348 (2017).
[5]Y. Kadoya and Y. Hashiuchi, SPIE Defense + Commercial Sensing 2021, DOI:10.1117/12.2588972.

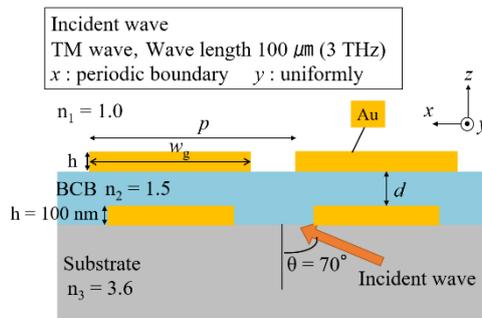


図 1: シミュレーションモデル

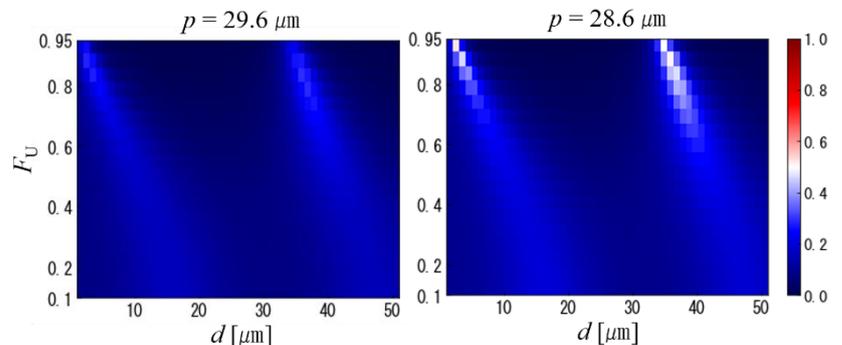


図 2: 空気側光取り出し効率

図 3: 空気側光取り出し効率