

MEMS 両持ち梁構造を用いたテラヘルツ光検出の可能性

Terahertz Detection Scheme by Using Doubly Clamped MEMS Beam Structures

東京大学生産技術研究所・ナノ量子機構 ○渡辺康行, 吉田健治, 平川一彦

IIS and INQIE, Univ. of Tokyo ○Yasuyuki Watanabe, Kenji Yoshida, and Kazuhiko Hirakawa

E-mail: yasuyuki@iis.u-tokyo.ac.jp

光と電波の中間の周波数をもつテラヘルツ (THz) 光は, イメージングなどへの応用が期待されているが, 高感度な非同期型 THz 光検出器においては, 一般にヘリウム温度程度まで検出素子を冷却する必要がある, 汎用的な実用化に向けて大きな障壁となっている。非冷却 THz 光検出においては, THz 光を一度熱エネルギーに変換するボロメトリックな検出法が研究されている[1]。熱型検出を高感度に行うためには, 温度に対して敏感な応答を示す構造が必要である。現在, 熱型検出器として, VO_x の相転移に起因する抵抗変化が広く用いられている[2]。我々は, 半導体微細加工技術により実現されるようになった微小な MEMS 機械振動子(Fig. 1 参照)の固有振動が, 高い Q 値を持つ[3]ことに着目し, この構造を THz 光検出に応用することを検討した。

長さ L , 幅 w , 厚さ t , ヤング率 E , 質量密度 ρ の両持ち梁構造のたわみ振動モードの場合, 固有角振動数 ω_n は $\omega_n = (t/L^2)\sqrt{E/12\rho} k_n^2$ と表されることが知られている (k_n は定数)。梁の中央部に長さ l ($0 < l < L$), 幅 w の薄膜吸収層を取り付けた構造を考える。THz 光は吸収層で熱エネルギーに変換され, 梁の温度を上昇させる。このとき, パワー P_0 の THz 光に対し, 上昇する温度 ΔT は $\Delta T/P_0 = \eta/G$ と表される。ただし, η は吸収層における光熱変換効率, G は吸収層から梁支持部にかけての熱コンダクタンスである。梁部分の温度上昇による固有角振動数の変化は, ヤング率の温度依存性よりも梁の熱膨張に起因する応力の影響が大きいため[4], 温度変化に対する固有角振動数 ω_n の変化率は $(1/\omega_n)(\partial\omega_n/\partial T) \approx -3/k_n^2(1+l/L)(L/t)^2\alpha_T$ と表される (α_T は線熱膨張係数)。検出器の感度は $\Delta T/P_0 \times (1/\omega_n)(\partial\omega_n/\partial T)$ によって計算することができる。長さ $L = 300 \mu\text{m}$, 幅 $w = 85 \mu\text{m}$, 厚さ $t = 1.5 \mu\text{m}$ の GaAs による両持ち梁構造の中央部に, 長さ $l = 150 \mu\text{m}$, 幅 $w = 85 \mu\text{m}$ の薄膜吸収層を設置した構造の場合, 室温動作時の感度はおよそ $-7.0 \times 10^2 \text{ W}^{-1}$ となる。 10^5 の Q 値を持つ両持ち梁構造によって角振動数変化を検出する場合, 必要な角振動数の変化量 $\Delta\omega_n$ は $\Delta\omega_n/\omega_n = Q^{-1} = 10^{-5}$ 程度である。これより, 上記の吸収層付き GaAs 両持ち梁において検出可能なだけの角振動数変化をもたらすために必要な THz 光パワーは, 14 nW 程度と見積もられる。これは, 両持ち梁構造による高感度な非冷却 THz 光検出の可能性を示唆するものである。

【参考文献】

- [1] A. Rogalski and F. Sizov, *Opto-Electron. Rev.*, **19**, 346(2011).
 [2] N. Fieldhouse, *et al.*, *V. Vac. Sci. Technol. A*, **27**, 951(2009).
 [3] I. Mahboob and H. Yamaguchi, *Nat. Nanotech.*, **3**, 275(2008).
 [4] A. K. Pandey, *et al.*, *Appl. Phys. Lett.*, **96**, 203105(2010).



Fig. 1 SEM image of a fabricated doubly clamped beam structure