

超伝導中赤外光検出器用アンテナの検討 I

Study on an antenna for a mid-infrared superconducting detector I

○堀川 隼世¹, 川上 彰², 兵頭 政春³, 島影 尚⁴

(1. 福井高専, 2. 情通機構, 3. 金沢大理工, 4. 茨城大学)

○J. Horikawa¹, A. Kawakami², M. Hyodo³, and H. Shimakage⁴

(1. NIT, Fukui Col., 2. NICT, 3. Kanazawa Univ., and 4. Ibaraki Univ.)

E-mail: horikawa@fukui-nct.ac.jp

我々は、中赤外光検出器性能向上の手段として、薄膜光アンテナ構造を提案している。既に、中赤外光領域におけるアンテナ特性評価を実施[1]、ツインスロットアンテナを用いた中赤外超伝導 HEB を試作し、61 THz のレーザー照射において、明確なアンテナ偏波面依存性と高速応答(半値幅約 0.3 nsec のパルス応答)を観測している。しかし現状では、室温で測定した金属表面インピーダンスを用いて光アンテナ設計を行っている。そこで今回、超伝導デバイス用光アンテナ設計指針の確立を目的として、極低温下での金属表面インピーダンス評価法を検討した。

中赤外光領域に於けるアンテナ設計には、構成する材料(金属)の表面インピーダンス(以下 $Z_s = R_s + jX_s$)を考慮することが重要である。中赤外光領域において Z_s を 0 とした完全導体と、金 (Au) を適用した場合の長さ $3.0 \mu\text{m}$ 、幅 $0.2 \mu\text{m}$ 、給電部分の幅 $0.2 \mu\text{m}$ のスロットアンテナ入力インピーダンス (Z_{ant}) シミュレーション結果を図 1 に示す。完全導体に比べ Au の共振周波数 ($\lambda/2$, λ , $3\lambda/2$) はいずれも低周波側に移動、このことは Z_s (特に X_s) がアンテナの設計寸法に影響を与えることを示している。この Z_s は平均自由行程 (l_m) に依存し、また l_m は低温では長くなることから、アンテナ設計において温度の影響を考慮する必要がある。そこで、設計に必要な低温下での金属パラメータの導出を目指し、図 2 に示すような冷凍機と、赤外分光光度計 (FTIR) を組み合わせた透過率測定装置を実現、温度依存性の測定を行った。図 3 (a), (b) に Au 薄膜で作製した 2 種類のダイポール共振器(長さ 2.0, 1.6 μm , 幅 0.2 μm) の 300 K (室温) 及び 10 K における測定結果を示す。共振周波数 f_0 は、長さ 2.0 μm (図 3 (a)) では約 43.5 THz@300 K, 約 42 THz@10 K, 長さ 1.6 μm (図

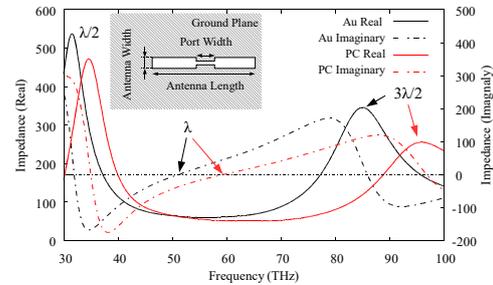


図 1. 完全導体 (PC) と Au とを用いた場合のスロットアンテナへの入力インピーダンス特性

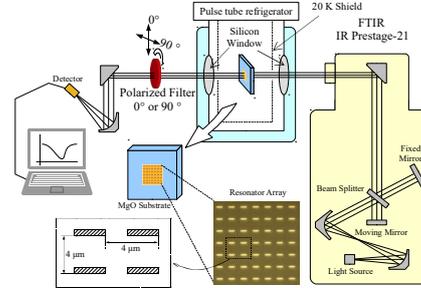


図 2. 冷凍機を付加した赤外分光光度計 (FTIR) によるダイポール共振器の測定系

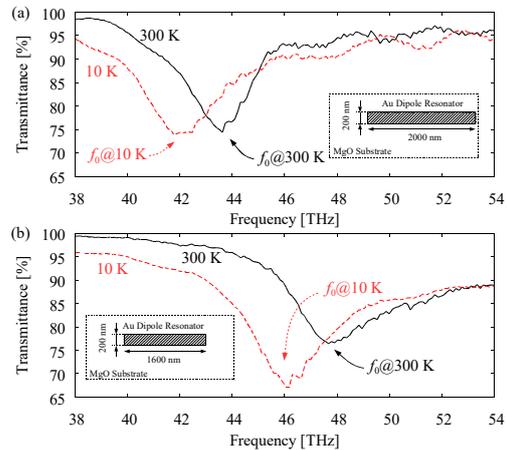


図 3. 300 K 及び 10 K における Au ダイポール共振器の透過率測定結果
(a) 長さ 2.0 μm (b) 長さ 1.6 μm

3 (b)) では約 47.8 THz@300 K, 約 46 THz@10 K であった。共に f_0 が温度の低下に伴い減少、温度による特性への影響を確認した。本結果は、低温下における l_m の増加に伴った X_s の増加が原因であると考えている。

[1] J. Horikawa, A. Kawakami, M. Hyodo, S. Tanaka, M. Takeda, and H. Shimakage, *Infrared Phys. Technol.* 67 (2014) 21-24.