

金薄膜内キャリアの非線形テラヘルツ波応答

Nonlinear Carrier Response in Gold Thin Film
Observed with Intense THz Spectroscopy

横国大院工¹, 物材機構 WPI-MANA², CREST JST³, 奈良先端大⁴, ルクスレイ⁵
 °南 康夫¹, Thang Duy Dao^{2,3,4}, 長尾 忠昭^{2,3}, 武田 淳¹, 北島 正弘^{1,3,5}, 片山 郁文¹

Yokohama National Univ.¹, WPI-MANA, NIMS², JST-CREST³, NAIST⁴, LxRay Co. Ltd.⁵
 °Y. Minami¹, T. D. Dao^{2,3,4}, T. Nagao^{2,3}, J. Takeda¹, M. Kitajima^{1,3,5}, and I. Katayama¹
 E-mail: minamiyasuo@ynu.ac.jp

テラヘルツ波は周波数 0.1-100 THz 程度の電磁波のことを指す。このテラヘルツ波は金属に反射され、水に吸収される性質を持つことが広く知られており、金属透過率測定への適用は敬遠されてきた。これまでに FT-IR などによる測定は行われてきたが、テラヘルツ波を用いた測定 (THz-TDS) では電場の時間波形を観察するため、屈折率の実部と虚部が同時に測定可能である。この点が FT-IR などの測定法とは異なる。本研究では均一な金薄膜を作製し、THz-TDS によりその THz 域の電磁波の透過率を測定した。さらに、金薄膜透過率のテラヘルツ波強度依存性を調べ、キャリアの非線形応答を見出した[1,2]。

室温、 10^{-7} Pa の超高真空中で、Si 基板(111)面(7×7 構造)上に厚さ 1.4 - 5.8 nm、結晶粒径 3 - 5 nm の多結晶金薄膜を蒸着し作製した。厚さ 1.9 nm の金薄膜の SEM 像を図 1 に示す。一様に成膜されていることがわかる。測定には、Ti:Sapphire 再生増幅フェムト秒レーザー(繰り返し: 1 kHz, パルス幅: 130 fs, 中心波長: 800 nm, パルスエネルギー: ~ 1.9 mJ/pulse)を光源として用い、LiNbO₃ 結晶内のチェレンコフ位相整合によるパルス面傾斜法により発生したテラヘルツ波を用いた [3,4]。最大電場は 284 kV/cm ($\equiv E_0$) であった。この強度をワイヤーグリッドにより調整し、各強度での金薄膜のテラヘルツ波透過率を観察した。

図 2 に、テラヘルツ波の透過率の金膜厚依存性、電場強度依存性を示す。金薄膜の膜厚が厚くなるにつれ、透過率が低下している。また、電場が強くなるにつれ、透過率が低下している。特に後者の原因について調べるために、ドルーデモデルによる解析を行った。その結果、テラヘルツ電場の高強度化に伴い、減衰定数が小さくなっていること、プラズマ周波数が高くなっていることが明らかになった。本研究での透過率低下は、減衰定数の低下によるところが大きく、高強度テラヘルツ波の照射により加速された金薄膜内の電子に対する結晶粒界の実効的な影響が小さくなったと推測される。

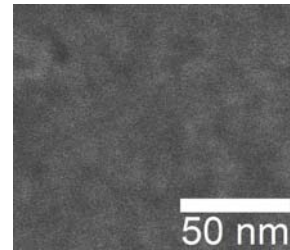


Fig. 1 SEM image of Au thin film surface with 1.9 nm thickness.

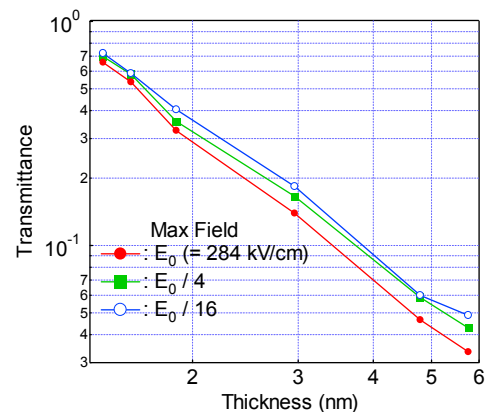


Fig. 2 Transmittance of terahertz waves as a function of the Au film thickness with several terahertz intensities.

- [1] 吉岡, 南, Dao 他, 第 61 回応用物理学会春季学術講演会, 講演予稿集 p. 04-215 (2014).
- [2] M. Walther, D. G. Cooke, C. Sherstan *et al.*, Phys. Rev. B **76**, 125408 (2007).
- [3] H. Hirori, A. Doi, F. Blanchard *et al.*, Appl. Phys. Lett. **98**, 091106 (2011).
- [4] J. Hebling, G. Almási, I. Z. Kozma, and J. Kuhl, Opt. Express **10**, 1161 (2002).