

テラヘルツ時間領域分光法における位相アンラップの決定方法について

Determination of phase unwrapping in terahertz-time domain spectroscopy

大市大院工 °菜嶋 茂喜, 柴田 浩昌, 細田 誠

Osaka City Univ., °S. Nashima, K. Shibata, and M. Hosoda

E-mail: nashima@a-phys.eng.osaka-cu.ac.jp

テラヘルツ時間領域分光法（以後、THz-TDS と記す）は、THz 波の時間波形を計測できることに伴って得られる振幅情報と位相情報を透過（または反射）測定によって取得し、物質の複素屈折率（ $n_r - i\kappa$ ）を直接求めることができる分光法である。バルクの物質の複素屈折率を求める透過測定ではしばしば、光学距離の増加に伴い位相差（ ϕ ）が主値におさまらないことが多い。そのため、逐次代入法を用いて複素屈折率を求める場合には、位相アンラップを適切に行って 2π の不定性を解消し、位相データを連結する必要がある[1]。図 1(a)のような分散がない（または小さい）とき、透過波、または多重反射後の透過波は図 1(c)のように参照波形と同じ形を示し、それらの時間遅れから屈折率を概算できるため、図 1(e)のように位相差のアンラップが決定できる[2]。しかしながら、図 1(b)のような大きな吸収帯等による分散がある媒質の場合には、図 1(d)のように透過波形が変形しチャープする。また、図 1(f)の灰色部のように吸収により計測不能となる周波数領域が発生することもあり、高周波数領域の適切な位相アンラップの決定は容易ではない。これまで、その解決策としては、異なる厚みの試料を用意し、その位相差を求めて解決する方法や、吸収帯を調和振動子モデル等の適当な運動モデルを仮定し予想される位相差を目印にして位相アンラップする方法、あるいはクラマース・クロニヒ変換（所謂、K-K 変換）を用いた方法などが行われている。しかしながら、これらの方法は、他の試料や計測を余儀なくし、或いは、仮定する運動モデルとの不一致の恐れがある。これに対して、我々は THz-TDS で得られた参照波形と透過波形だけを用いて 2π の不定性を解消する簡便な方法について考案したので報告する。

- [1] S. Nashima *et al.*, J. Appl. Phys. **90**, 837 (2001).
 [2] T. D. Dorney *et al.*, J. Opt. Soc. Am A **18**, 1562 (2001).

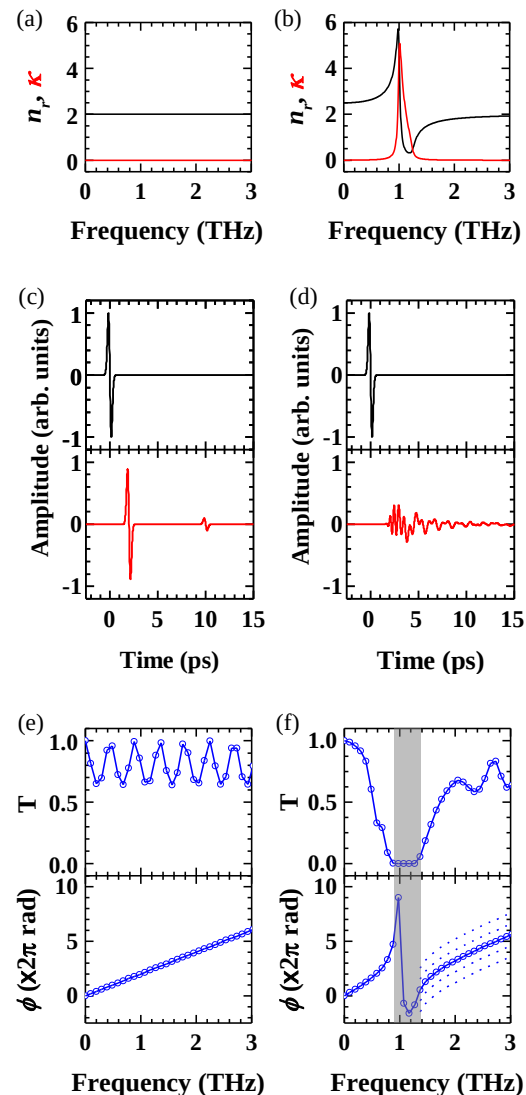


図 1. (a) 位相分散のない媒質の複素屈折率の例, (b) 位相分散の大きい媒質の複素屈折率の例, (c) 参照波形（黒線）と(a)の媒質の透過波形（赤線）. (d) 参照波形（黒線）と(b)の媒質の透過波形（赤線）, (e) (c)から得られる透過率 (T) および位相差 (ϕ), (f) (d)から得られる透過率 (T) および位相差 (ϕ). 灰色部は媒質の吸収により計測不能になった周波数領域とする. 点線は、位相アンラップの候補線.