

よみもの

【第4回】

テラヘルツ分光による物性評価

—テラヘルツ波源の偏光依存性と測定の繰返し性—

本資料の掲載情報は、著作権により保護されています。本情報を商業利用を目的として、販売、複製または改ざんして利用することはできません。

大塚電子株式会社

- 本 社
- 東京支店

〒573-1132 大阪府枚方市招提田近3丁目26-3 TEL.(072)855-8554 FAX.(072)855-8557
〒192-0082 東京都八王子市東町1-6 橋完LKビル4F TEL.(042)644-4951 FAX.(042)644-4961

ホームページ <http://www.photal.co.jp/>

【第4回】 テラヘルツ分光による物性評価 - テラヘルツ波源の偏光依存性と測定の繰返し性 -

1. テラヘルツ波源の偏光依存性

TR-1000 に搭載されているテラヘルツ波源である、低温成長 GaAs 光伝導スイッチ素子や DAST 結晶は、光源レーザーの偏光方向に強い依存性があります。つまり、最適な偏光方向の光を照射しないと、十分なテラヘルツ波強度が得られないばかりか、全くテラヘルツ波を発生しないことになってしまいます。また、TR-1000 で使用している光源レーザーであるフェムト秒ファイバーレーザーは、偏光性の強いパルス光を発生しているため、その偏光方向を考慮した光学系の構築がなされています。

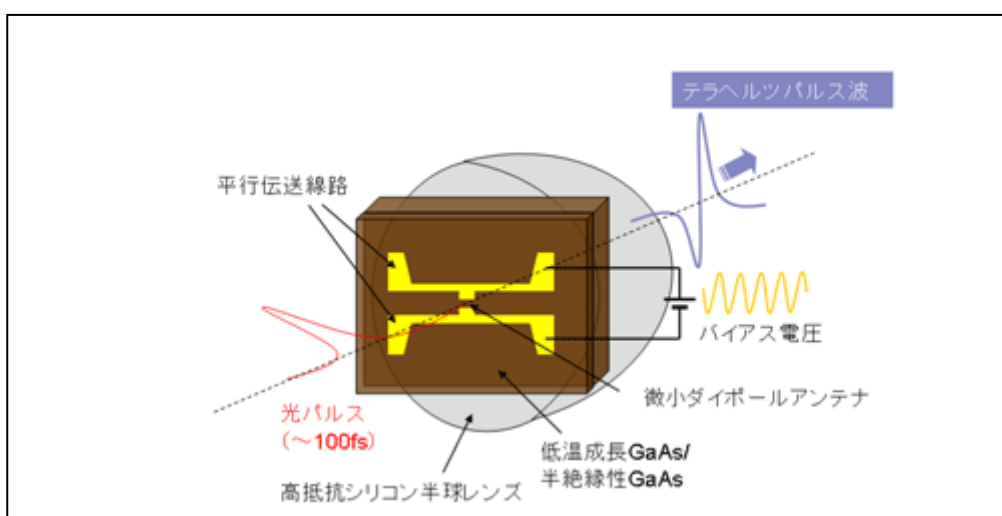


図1. 低温成長 GaAs 光伝導スイッチ素子によるテラヘルツ波の発生

図1は、「【第1回】テラヘルツ分光による物性評価」で解説した、低温成長 GaAs 光伝導スイッチ素子によるテラヘルツ波発生モード図と同様のものです。第1回の解説では、偏光方向まで言及しませんでした。実際には光学系を構築する上で重要なポイントとなります。テラヘルツ波の発生部では、照射するレーザー光および発生するテラヘルツ波は、素子上の平行伝送線路に対してそれぞれ図1のような偏光方向となります。

また、DAST 結晶の場合は、平板結晶に対して誘電主軸偏光（結晶軸とほぼ平行）の光を垂直に入射することにより、テラヘルツ波が発生します。

これらのテラヘルツ波源からは偏光性の高いテラヘルツ波が発生します。このテラヘルツ波の偏光性を利用して、偏光板を用いずにサンプルの偏光特性を測定することができます。

【第4回】 テラヘルツ分光による物性評価 - テラヘルツ波源の偏光依存性と測定の繰返し性 -

2. 測定の繰返し性

分析装置を用いた測定では、しばしば積算平均化による S/N 比の向上が試みられます。TR-1000 による時間波形の測定においても、積算測定を行います。TR-1000 では、積算回数に応じて遅延ステージを繰返し走査する方法で複数回、時間波形の取得を行っています。積算平均化処理の際、必要な波形は維持し、不要なノイズを減少させるためには、遅延ステージが高い繰返し性を有している必要があります。そこで、TR-1000 では、高分解能（分解能 $0.01\mu\text{m}$ ）な遅延ステージを採用し、安定な積算測定を実現しています。

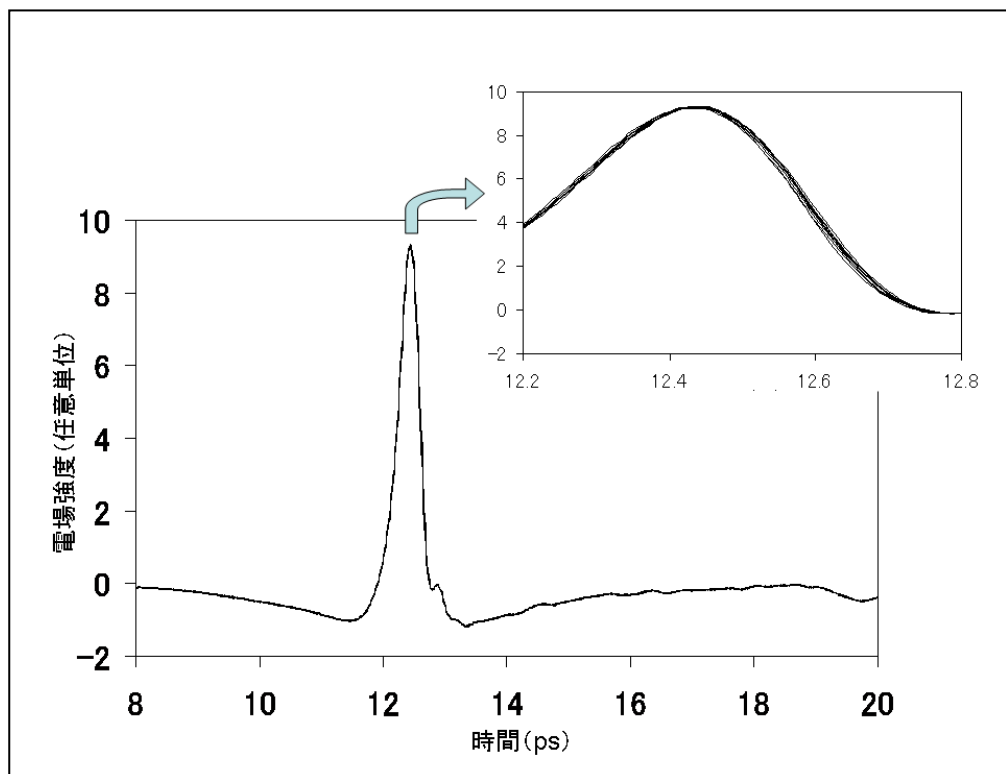


図2. 光伝導スイッチ素子から発生したテラヘルツ時間波形の10回重ね書き

図2は、光伝導スイッチ素子から発生したテラヘルツ時間波形を連続10回繰返し測定したものを重ね書きしたものです。通常は、この10回分の波形データを積算平均化して1回の測定データとしています。このグラフから分かるように、10回分の波形は非常によく一致しており、高い繰返し性が確認できます。

【第4回】 テラヘルツ分光による物性評価
 - テラヘルツ波源の偏光依存性と測定の繰返し性 -

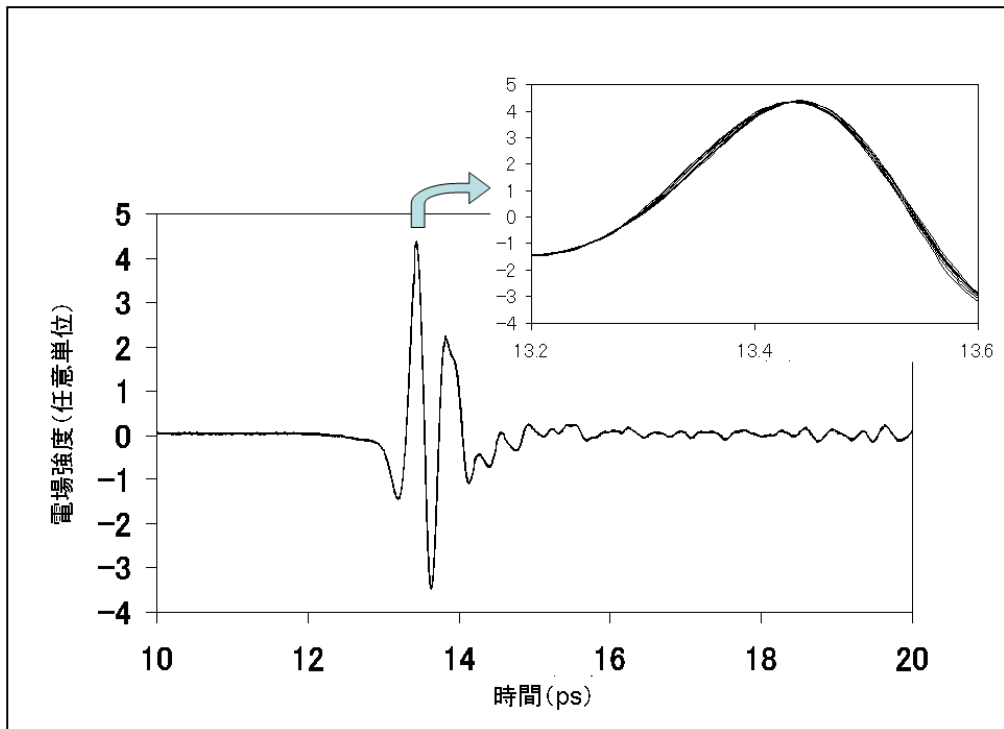


図3 . DAST 結晶から発生したテラヘルツ時間波形の 10 回重ね書き

同様に、DAST 結晶から発生したテラヘルツ波形を重ね書きしたものが図 3 です。この場合も高い繰返し性が確認できます。

【第4回】 テラヘルツ分光による物性評価
 - テラヘルツ波源の偏光依存性と測定の繰返し性 -

3. サンプル測定例の紹介

最後に、TR-1000 を使用した測定例を紹介します。今回のサンプルは、錠剤化した粉体と板状のもので、粉体サンプルはポリエチレン粉末と混合して錠剤化し、板状のものはそのまま測定しました。

測定例 1 つ目は、ヒスチジンの光学異性体 (図 4) を測定したものです。各ヒスチジン 25mg をポリエチレン粉末 (希釈剤) 75mg と共に 10mm に錠剤化したものがサンプルです。

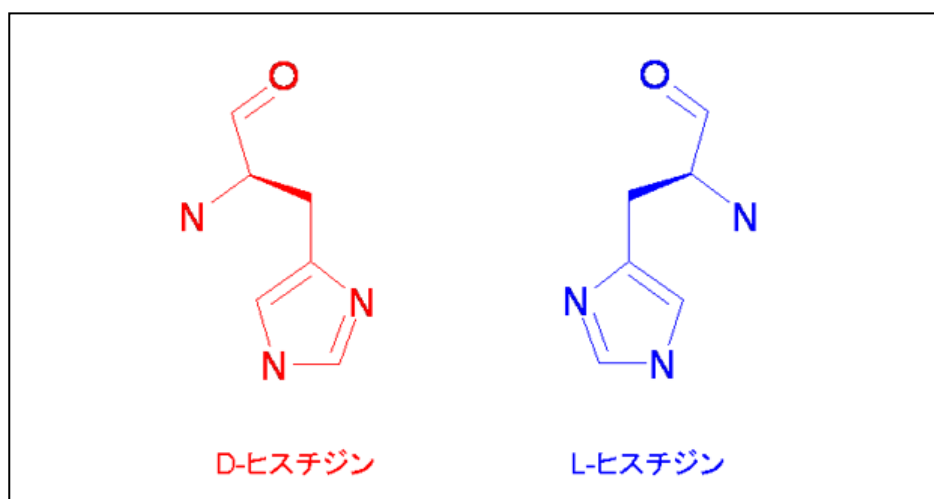


図 4 . ヒスチジンの化学構造式

測定結果を図 5 に示します。上がテラヘルツ時間波形 (生データ) で、下が吸収スペクトルです。時間波形のリファレンスは、ポリエチレン 75mg のみを錠剤化したものです。この時間波形から「【第 2 回】テラヘルツ分光による物性評価」解説した解析の流れにしたがって吸収スペクトルを得ました。「【第 3 回】テラヘルツ分光による物性評価」のチロシンの結果とは異なり、D 体と L 体でもスペクトルが全く異なっています。このことは、少なくとも今回サンプルとしたヒスチジンでは、光学異性体間で結晶構造が比較的大きく異なっているのではないかと、いう事を示唆しています。

【第4回】 テラヘルツ分光による物性評価
 - テラヘルツ波源の偏光依存性と測定の繰返し性 -

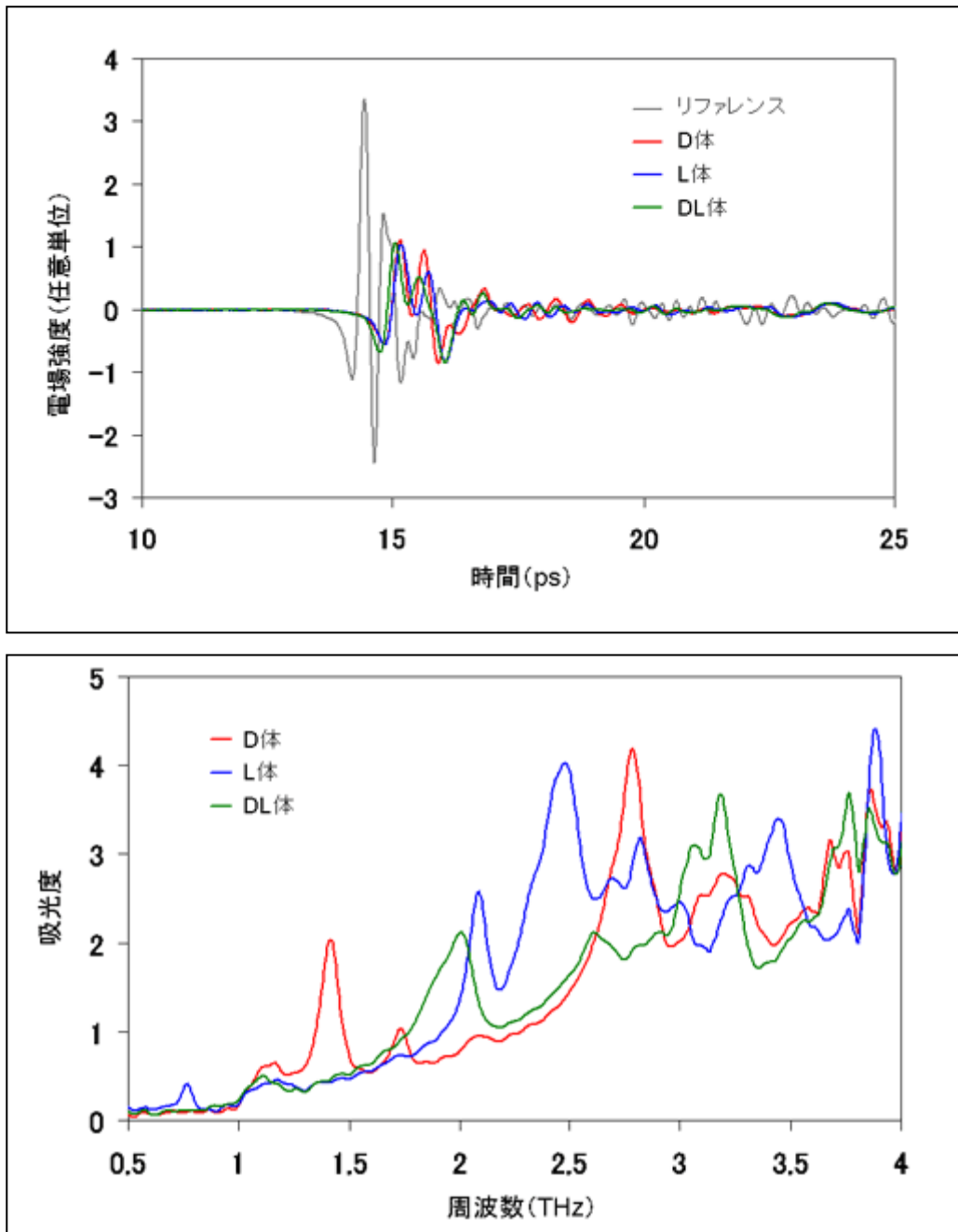


図5 . ヒスチジンのテラヘルツ時間波形 (上) と吸収スペクトル (下)

【第4回】 テラヘルツ分光による物性評価 - テラヘルツ波源の偏光依存性と測定の繰返し性 -

測定例 2 つ目は、セラミックスのテラヘルツ帯域での誘電特性を求めたものです。今回測定したセラミックスは、アルミナ (Al_2O_3) を原料としたもので板状に成型されたものを測定しました。

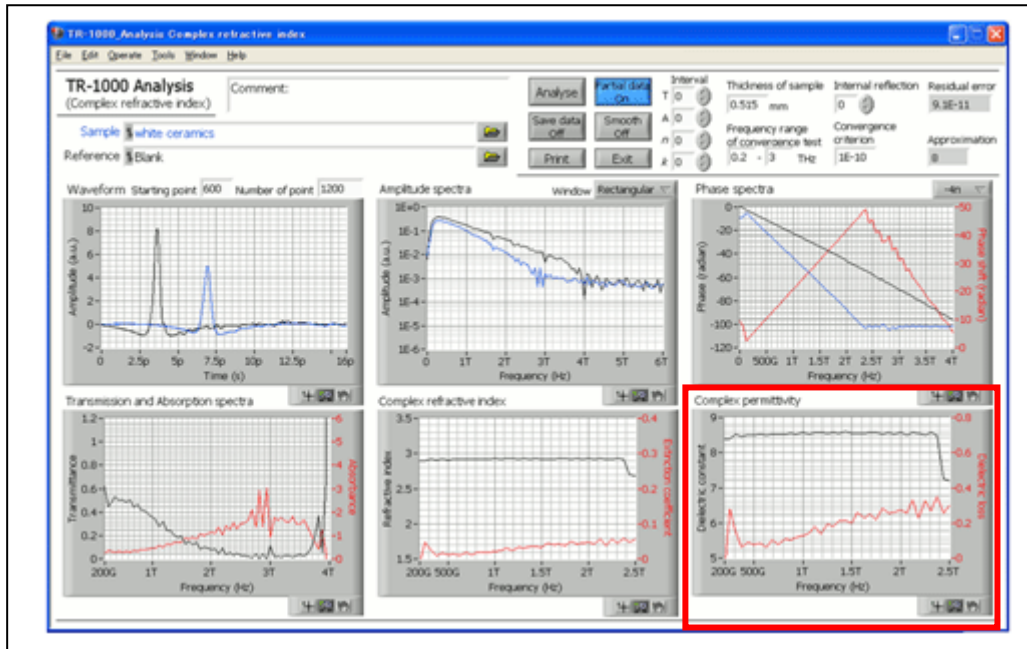


図 6 . セラミックスの複素誘電率・複素屈折率の解析画面

図 6 は、複素誘電率の解析画面です。この中から 1 THz での誘電特性を既知の値（カタログ値）と共にまとめたものが表 1 です。誘電正接（タンジェント・デルタ）は複素誘電率の（虚部 / 実部）で与えられ、損失の指標として用いられています。各周波数域で誘電率に大きな違いはありませんが、誘電損失は、1 THz では 2 GHz での 10 倍以上の大きい値となりました。

このことは、今回測定したセラミックスはメガヘルツおよびギガヘルツ帯域で用いられている材料ですが、テラヘルツ帯域では損失が大きく、そのままでは用いることは難しいのではないかと考えられます。今後、通信や電子機器の高速化によりテラヘルツ帯域の利用がなされていく際には、用いる材料の評価が重要になると思われます。

周波数	1 MHz	2 GHz	1 THz
比誘電率	9.1	8.5	8.5
誘電損失	5	10	150

表 1 . 各周波数帯域でのセラミックスの誘電特性

（誘電損失 / 誘電率）

【第4回】 テラヘルツ分光による物性評価
－テラヘルツ波源の偏光依存性と測定の繰返し性－

それでは次回をお楽しみに。

(2010/01)

< 関連製品 >



テラヘルツ分光システム TR-1000

高速・高分解能で時間領域分光測定が可能です。
固体、粉体、液体試料に対応しています。