

## **Abstract**

The work presents the creation of a time-domain THz instrumentation that enables broadband measurements of complex material functions of both bulk samples and thin films in the frequency range from 100 GHz to 2.5 THz at temperatures 20-300 K. Among other original solutions, a novel convertible scheme has been realized. It allows experiments in classical transmission configuration, as well as THz reflection measurements with quick and easy change of incidence angle of THz radiation from 25 to 80 degrees. Various ways to overcome the problem of phase uncertainty are also proposed and tested. The convertible scheme can serve as a basis for new THz arrangements, e.g., for a time-domain THz ellipsometer.

The setup has been applied to the study of complex THz transmittance of high- $T_c$  superconductor thin films. The measured data on  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6.95}$  films were analyzed in the framework of the two-fluid Drude-London model. The results on  $\text{Tl}_2\text{Ba}_2\text{CaCu}_2\text{O}_8$ , however, were impossible to fit with classical Drude expressions with one frequency-independent scattering rate. The material also exhibited unexpectedly high surface resistance at the frequencies around 1 THz and higher. Moreover, the real part of dielectric function turns positive at higher THz frequencies at  $T < T_c$ . Above the transition temperature, it stays positive in the whole frequency range of our spectrometer. The phenomenon was also observed with conventional IR spectroscopic means and is probably caused by unusually high phonon contribution to the dielectric permittivity of the material.

## **Kurzfassung**

In dieser Arbeit wird der Aufbau eines Terahertzspektrometers vorgestellt, das zeitaufgelöste, breitbandige Messungen komplexer Materialfunktionen im Frequenzbereich von 100 GHz bis 2.5 THz und bei Temperaturen von 20 bis 300 K ermöglicht. Neben weiteren originären Lösungen wurde ein flexibler Aufbau realisiert, der sowohl Experimente in klassischer Transmissions-Anordnung als auch THz-Reflektions-Messungen erlaubt. Dabei kann der Einfallswinkel der THz-Strahlung schnell und einfach zwischen  $25^\circ$  und  $80^\circ$  variiert werden. Verschiedene Verfahren zur Kompensation der Phasenungenauigkeit werden vorgeschlagen und experimentell überprüft. Dieser Aufbau, den wir „Konvertierbares Terahertzspektrometer“ genannt haben, kann als Basis für weitere neue Terahertztechniken wie z.B. Terahertzellipsometrie dienen.

Das Spektrometer wurde zur Messung der komplexen Transmission von dünnen Filmen aus Hochtemperatursupraleitern benutzt. Die Daten für  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6.95}$  wurden im Rahmen der Drude-London Zweiflüssigkeitenmodelle analysiert. Die Leitfähigkeit von  $\text{Tl}_2\text{Ba}_2\text{CaCu}_2\text{O}_8$  konnte allerdings nicht mit der klassischen Drude Formel mit frequenzunabhängiger Streurrate gefittet werden. Das Material zeigt auch unerwartet hohe Werte des Oberflächenwiderstands bei Frequenzen um 1 THz und höher. Darüber hinaus wird der reale Teil der dielektrischen Funktion für  $T < T_c$  positiv bei hohen Terahertzfrequenzen. Oberhalb der Übergangstemperatur bleibt es positiv im ganzen Frequenzbereich unseres Spektrometers. Das Phänomen wurde auch mit Hilfe der konventionellen Infrarotspektroskopie beobachtet und wird wahrscheinlich von einem ungewöhnlich hohen Phononenbeitrag verursacht.