

Zusammenfassung

Graphen als neuartiges zweidimensionales Material hat einzigartige mechanische, thermische und insbesondere optoelektronische Eigenschaften. Diese Arbeit befasst sich mit seinem erstmaligen Einsatz in Graphen-Polymer Elektro-Absorptions-Modulatoren (EAMs). Zunächst werden die physikalischen Grundlagen der optoelektronischen Effekte in Graphen diskutiert. Auf dieser Basis werden mit Hilfe numerischer Simulationen geeignete EAMs entworfen und der Einfluss der Graphen-Parameter, insbesondere der Dotierung, diskutiert. Zudem wird ein elektrisches Netzwerk entworfen, das eine Modulation der Komponenten im GHz-Bereich ermöglicht.

Anschließend wird ein neu entwickelter Fabrikationsprozess für Graphen-basierte Komponenten präsentiert, der kompatibel mit der Herstellung von Polymer-Wellenleiter-Netzwerken auf 4"-Wafer-Ebene ist. Dieser ermöglicht spezifische Schichtwiderstände von $680 \Omega/\text{sq}$. und spezifische Kontaktwiderstände von $2,4 \text{ k}\Omega \cdot \mu\text{m}$. Dieser Prozess ist die Grundlage für die Herstellung der EAMs. Hierdurch können funktionale Komponenten mit einer nutzbaren spektralen Bandbreite von mehr als 55 THz demonstriert werden. Zudem werden durch die Integration der EAMs mit hochfrequenztauglichen elektrischen Netzwerken optoelektronische Bandbreiten bis zu 4.2 GHz erreicht, was die ersten erfolgreichen Hochfrequenz-Modulations-Experimente an Graphen-Polymer-EAMs ermöglicht.

Abstract

Graphene as a novel two-dimensional material exhibits unique mechanical, thermal and especially optoelectronic properties. This work deals with its use in novel graphene-polymer electro-absorption modulators (EAMs). First, the physical basics of optoelectronic effects in graphene are discussed. On this basis, suitable EAMs are designed with the help of numerical simulations and the influence of the graphene parameters, in particular the doping concentration, is discussed. In addition, an electrical network is designed that enables a modulation of the components in the GHz range.

Subsequently, a newly developed fabrication process for graphene-based components is presented that is compatible with the fabrication of polymer waveguide networks on 4"-wafer scale. This allows for specific layer resistances of $680 \Omega/\text{sq.}$ and specific contact resistances of $2.4 \text{ k}\Omega\cdot\mu\text{m}$. This process is the basis for the production of the EAMs. As a result, functional components with a usable spectral bandwidth of more than 55 THz are demonstrated. In combination with high-speed electrical networks, optoelectronic bandwidths of up to 4.2 GHz are achieved. This enables the first successful high-frequency modulation experiments on graphene-polymer EAMs.