

Development of Ultrafine Pitch Vias for Sub-THz Packaging

Keywords: Thin Film Technology, RF Measurements
Type of work: Technology
Start: SS24

Broadband packaging above 100 GHz is currently a major challenge for creating powerful RF devices at sub-THz frequencies (90-300 GHz) like the future 6G communication standard and imaging radar. An important aspect of a package is the number and efficacy of in- and outgoing signal ports. To increase the number of serviceable ports, a common approach at low frequencies is the introduction of vias. This allows routing on multiple layers, which increases possible port density greatly. At sub-THz frequencies, confined signal propagation requires precise fabrication of waveguides, which means that any vias have to be designed and fabricated precisely enough to fit within the overall transmission system. Previously at IGM and ILH, fine-pitch freestanding flip chip bumps based on thick dry-film photoresist have been shown to work up to at least 25 GHz. Since then, IGM has obtained the world's first commercially shipped ultraprecise deposition printer, which can be used to dispense conductive ink into an opening that is smaller than 10 μm in diameter. This new technological capability promises via fabrication that is precise enough to be used for sub-THz signal transmission.

The goal of this thesis is to develop and verify a package-level via process that is suitable for broadband signal transmission in the sub-THz band. This should be done by conducting simulations of promising and fabricable via topologies, designing one or several mask sets, using these mask sets to fabricate vias and supporting structures, including transmission lines on at least two layers, in the clean room at IGM and verifying the fabricated structures by measuring them on-substrate with ILH's sub-THz measurement equipment. The fabricated vias should then be evaluated for figures of merit like bandwidth, insertion loss, phase behavior and robustness with regards to fabrication tolerances. Additionally, it should be evaluated which minimum via size can still be reliably filled.

The thesis is jointly supervised at all stages by IGM and ILH. The work at IGM includes designing one or several mask sets, fabricating substrates in the clean room and performing DC and non-electrical measurements. The work at ILH includes conducting simulations, performing RF measurements, and analyzing the obtained results.

The thesis can be written in either German or English. Prior knowledge in microwave theory, such as from the Radio Frequency Technology lecture is required. Prior experience or knowledge in thin film technology may be helpful, but is not required.

Entwicklung von Vias mit Ultrafeinem Pitch für Sub-THz Packaging

Schlagworte: Dünnschichttechnologie, Hochfrequenzmessungen
Art der Arbeit: Technologie
Beginn: SS24

Breitbandige Packages sind aktuell oberhalb von 100 GHz eine große Herausforderung. Ein Durchbruch in diesem Bereich würde Sub-THz (90-300 GHz) Anwendungen wie den zukünftigen 6G Standard und bildnerzeugende Radare unter geringeren Kosten und mit höherer Performanz ermöglichen. Ein wichtiger Aspekt eines Packages ist die Anzahl und Effizienz der ein- und ausgehenden Signaleingänge. Um die nutzbare Anzahl an Signaleingängen zu erhöhen, werden bei niedrigen Frequenzen oft Vias eingesetzt. Dies erlaubt die Signalführung auf mehreren Lagen, was die erzielbare Dichte an Kontakten stark erhöht. Die präzise Fertigung von Wellenleitern ist bei sub-THz Frequenzen eine Voraussetzung für die gerichtete Übertragung von Signalen. Das bedeutet, dass alle Vias präzise genug designt und gefertigt werden müssen, um die Spezifikation des Gesamtsystems zu gewährleisten. In der Vergangenheit wurden am IGM und am ILH trockenfilmphotolackbasierte, freistehende Flip-Chip Kontaktierhügel entworfen, die in der Messung bis mindestens 25 GHz funktioniert haben. Seitdem hat das IGM den ersten, kommerziell verfügbaren Ultraprecise-Deposition Drucker gekauft, der dafür eingesetzt werden kann, leitfähige Tinte in Öffnungen kleiner als 10 μm zu füllen. Diese neue technologische Möglichkeit hat das Potential Vias zu fertigen, die präzise genug für den Sub-THz Bereich sind.

Das Ziel dieser Masterarbeit ist es, einen Via-Prozess auf der Package-Ebene zu entwickeln und zu verifizieren, der für breitbandige Signalübertragung im Sub-THz Band geeignet ist. Um dies zu erreichen, sollen Simulationen vielversprechender und herstellbarer Via-Topologien durchgeführt, ein oder mehrere Maskensätze entwickelt, unter Nutzung der entwickelten Masken Vias und unterstützende Strukturen wie Übertragungsleitungen auf mindestens zwei Lagen im Reinraum des IGM hergestellt, und anschließend mit dem Sub-THz Messequipment am ILH „on-substrate“ gemessen und verifiziert werden. Die hergestellten Vias sollen anschließend anhand von Kriterien wie Bandbreite, Einfügedämpfung, Phasenverhalten und Einfluss von Fertigungstoleranzen evaluiert werden. Außerdem soll untersucht werden, welche minimale Viagröße noch zuverlässig gefüllt werden kann.

Die Masterarbeit wird während der gesamten Zeit gemeinsam von IGM und ILH betreut. Die Arbeiten am IGM beinhalten das Design von einem oder mehreren Maskensätzen, die Prozessierung von Substraten im Reinraum und das Durchführen von DC und nichtelektrischen Messungen. Die Arbeiten am ILH beinhalten das Durchführen von Hochfrequenzsimulationen und -messungen, sowie der Analyse der gemessenen Ergebnisse.

Die schriftliche Ausarbeitung kann entweder auf Deutsch oder auf Englisch geschrieben werden. Theoretische Vorkenntnisse in der Hochfrequenztechnik, z.B. aus der Vorlesung Radio Frequency Technology oder Hochfrequenztechnik I+II sind eine fachliche Voraussetzung der Arbeit. Vorkenntnisse in der Dünnschichttechnologie sind hilfreich, aber keine Voraussetzung.

Development of Ultrafine Pitch Vias for Sub-THz Packaging

Keywords: Thin Film Technology, RF Measurements
Type of work: Technology
Start: SS24

Broadband packaging above 100 GHz is currently a major challenge for creating powerful RF devices at sub-THz frequencies (90-300 GHz) like the future 6G communication standard and imaging radar. An important aspect of a package is the number and efficacy of in- and outgoing signal ports. To increase the number of serviceable ports, a common approach at low frequencies is the introduction of vias. This allows routing on multiple layers, which increases possible port density greatly. At sub-THz frequencies, confined signal propagation requires precise fabrication of waveguides, which means that any vias have to be designed and fabricated precisely enough to fit within the overall transmission system. Previously at IGM and ILH, fine-pitch freestanding flip chip bumps based on thick dry-film photoresist have been shown to work up to at least 25 GHz. Since then, IGM has obtained the world's first commercially shipped ultraprecise deposition printer, which can be used to dispense conductive ink into an opening that is smaller than 10 μm in diameter. This new technological capability promises via fabrication that is precise enough to be used for sub-THz signal transmission.

The goal of this thesis is to develop and verify a package-level via process that is suitable for broadband signal transmission in the sub-THz band. This should be done by conducting simulations of promising and fabricable via topologies, designing one or several mask sets, using these mask sets to fabricate vias and supporting structures, including transmission lines on at least two layers, in the clean room at IGM and verifying the fabricated structures by measuring them on-substrate with ILH's sub-THz measurement equipment. The fabricated vias should then be evaluated for figures of merit like bandwidth, insertion loss, phase behavior and robustness with regards to fabrication tolerances. Additionally, it should be evaluated which minimum via size can still be reliably filled.

The thesis is jointly supervised at all stages by IGM and ILH. The work at IGM includes designing one or several mask sets, fabricating substrates in the clean room and performing DC and non-electrical measurements. The work at ILH includes conducting simulations, performing RF measurements, and analyzing the obtained results.

The thesis can be written in either German or English. Prior knowledge in microwave theory, such as from the Radio Frequency Technology lecture is required. Prior experience or knowledge in thin film technology may be helpful, but is not required.

Entwicklung von Vias mit Ultrafeinem Pitch für Sub-THz Packaging

Schlagworte: Dünnschichttechnologie, Hochfrequenzmessungen
Art der Arbeit: Technologie
Beginn: SS24

Breitbandige Packages sind aktuell oberhalb von 100 GHz eine große Herausforderung. Ein Durchbruch in diesem Bereich würde Sub-THz (90-300 GHz) Anwendungen wie den zukünftigen 6G Standard und bildnerzeugende Radare unter geringeren Kosten und mit höherer Performanz ermöglichen. Ein wichtiger Aspekt eines Packages ist die Anzahl und Effizienz der ein- und ausgehenden Signaleingänge. Um die nutzbare Anzahl an Signaleingängen zu erhöhen, werden bei niedrigen Frequenzen oft Vias eingesetzt. Dies erlaubt die Signalführung auf mehreren Lagen, was die erzielbare Dichte an Kontakten stark erhöht. Die präzise Fertigung von Wellenleitern ist bei sub-THz Frequenzen eine Voraussetzung für die gerichtete Übertragung von Signalen. Das bedeutet, dass alle Vias präzise genug designt und gefertigt werden müssen, um die Spezifikation des Gesamtsystems zu gewährleisten. In der Vergangenheit wurden am IGM und am ILH trockenfilmphotolackbasierte, freistehende Flip-Chip Kontaktierhügel entworfen, die in der Messung bis mindestens 25 GHz funktioniert haben. Seitdem hat das IGM den ersten, kommerziell verfügbaren Ultraprecise-Deposition Drucker gekauft, der dafür eingesetzt werden kann, leitfähige Tinte in Öffnungen kleiner als 10 μm zu füllen. Diese neue technologische Möglichkeit hat das Potential Vias zu fertigen, die präzise genug für den Sub-THz Bereich sind.

Das Ziel dieser Masterarbeit ist es, einen Via-Prozess auf der Package-Ebene zu entwickeln und zu verifizieren, der für breitbandige Signalübertragung im Sub-THz Band geeignet ist. Um dies zu erreichen, sollen Simulationen vielversprechender und herstellbarer Via-Topologien durchgeführt, ein oder mehrere Maskensätze entwickelt, unter Nutzung der entwickelten Masken Vias und unterstützende Strukturen wie Übertragungsleitungen auf mindestens zwei Lagen im Reinraum des IGM hergestellt, und anschließend mit dem Sub-THz Messequipment am ILH „on-substrate“ gemessen und verifiziert werden. Die hergestellten Vias sollen anschließend anhand von Kriterien wie Bandbreite, Einfügedämpfung, Phasenverhalten und Einfluss von Fertigungstoleranzen evaluiert werden. Außerdem soll untersucht werden, welche minimale Viagröße noch zuverlässig gefüllt werden kann.

Die Masterarbeit wird während der gesamten Zeit gemeinsam von IGM und ILH betreut. Die Arbeiten am IGM beinhalten das Design von einem oder mehreren Maskensätzen, die Prozessierung von Substraten im Reinraum und das Durchführen von DC und nichtelektrischen Messungen. Die Arbeiten am ILH beinhalten das Durchführen von Hochfrequenzsimulationen und -messungen, sowie der Analyse der gemessenen Ergebnisse.

Die schriftliche Ausarbeitung kann entweder auf Deutsch oder auf Englisch geschrieben werden. Theoretische Vorkenntnisse in der Hochfrequenztechnik, z.B. aus der Vorlesung Radio Frequency Technology oder Hochfrequenztechnik I+II sind eine fachliche Voraussetzung der Arbeit. Vorkenntnisse in der Dünnschichttechnologie sind hilfreich, aber keine Voraussetzung.