

Application Report

Benetzung von Leiterplatten

Applikationsbericht: AR234d
Industriezweig: Elektronik
Autor: Dr. Thomas Skrivanek
Datum: 04/2003



Drop Shape Analysis System
DSA10

Methode:



Keywords: Leiterplatte, Platine, Chip Verguss, Benetzung, OWRK, Freie Oberflächenenergie

Bestimmung der freien Oberflächenenergie von Elektronikbausteinen

Ein Verfahren zur Beurteilung des Benetzungs- und Adhäsionsverhaltens gegenüber Vergussmassen und Klebstoffen

Übersicht

Durch Einsatz neuer Werkstoffe und Technologien in der Elektronikindustrie nehmen Dispensaufgaben an Umfang und Komplexität zu. Bei der Herstellung von Einzelchipschaltungen sowie Multichipmodulen bis hin zu den jeweiligen Schritten der Modulmontage entstehen die unterschiedlichsten Grenzflächen, sei es bei der Aufbringung eines Elektronikbausteins auf eine Platine oder andere Trägerkonstruktionen oder bei der Aufbringung eines Glob Top auf diesen Baustein. Hierbei spielen sowohl das Benetzungs- als auch das Adhäsionsverhalten der einzelnen Komponenten untereinander eine wichtige Rolle. Der Kontaktwinkel ist eine einfach zugängliche und direkt beobachtbare Größe, die das Be- und Entnetzen einer Flüssigkeit auf einem Festkörper beschreibt. Nicht nur die Oberflächenspannung der Flüssigkeit beeinflusst die Größe des Kontaktwinkels, sondern auch die freie Oberflächenenergie des Festkörpers und die sich zwischen beiden Phasen ausbildende Grenzflächenspannung. Der vorliegende Beitrag schildert Schritt für Schritt die Vorgehensweise bei der Bestimmung der freien Oberflächenenergie inklusive polarer und dispersiver Anteile zweier verschiedener Elektronikbausteine auf einem Trägerbauteil. Die Kenntnis dieser Messgrößen ermöglicht eine Abschätzung bezüglich des Benetzungs- und Adhäsionsverhaltens mit Vergussmassen.

Einleitung

Der Markterfolg eines elektronischen Produktes ist stark abhängig von dessen Zuverlässigkeit und der Kundenzufriedenheit. Die Flachbaugruppen elektronischer Geräte müssen deshalb höchsten Anforderungen genügen. Damit die Funktionsfähigkeit von elektronischen Bauteilen auf lange Zeit gewährleistet werden kann, müssen diese gegen sämtliche Arten von möglichen Umwelteinflüssen, wie beispielsweise Vibration, Stoß oder Feuchtigkeit geschützt werden. Bei Draht-gebundenen Elektronikbausteinen auf Trägerbauteilen kann dies z.B. durch Aufbringung einer Vergussmasse, eines sogenannten Glob Top, erzielt werden. Hierbei spielt nicht nur das Benetzungs- sondern auch das Adhäsionsverhalten der Vergussmasse gegenüber dem Trägerbauteil, dem elektronischen Baustein und der Bonddrähte eine entscheidende Rolle. Ein probates Mittel, um vorab detaillierte Aussagen bezüglich des Benetzungs- und Adhäsionsverhaltens zwischen der Glob Top-Masse und beispielsweise einem Elektronik Baustein treffen zu können ist die Oberflächenspannungs- und Kontaktwinkelmessungstechnik. Damit können die entscheidenden Parameter, die freie Oberflächenenergie σ_s eines Festkörpers inklusive dispersiver σ_s^d und polarer Anteile σ_s^p und die Oberflächenspannung einer Flüssigkeit σ_l (z.B. Vergussmasse) inklusive dispersiver σ_l^d und polarer Anteile σ_l^p , bestimmt werden. Die Vorgehensweise zur Ermittlung von σ_s , σ_s^d und σ_s^p soll in diesem Artikel exemplarisch an zwei unterschiedlichen Elektronikbausteinen, die auf einem Trägerbauteil aufgebracht sind, erläutert werden.

Grundlagen

Während die Oberflächenspannung von Flüssigkeiten direkt (z.B. mit Ring oder Platte) gemessen werden kann, muss die freie Oberflächenenergie von Festkörpern („Oberflächenspannung des Festkörpers“) – da diese nicht reversibel elastisch verformbar sind – berechnet werden. Hierzu wurden von bereits seit Beginn des zwanzigsten Jahrhunderts von unterschiedlichen Wissenschaftlern Auswerteverfahren zur Berechnung der freien Oberflächenenergie entwickelt [1-8].

Über die Messung des Kontaktwinkels θ von wenigstens zwei Testflüssigkeiten (σ_l , σ_l^d und σ_l^p - Werte müssen bekannt sein) auf der zu analysierenden Festkörperoberfläche, kann die freie Oberflächenenergie der Festkörperoberfläche (σ_s) inklusive dispersiver (σ_s^d) und polarer Anteile (σ_s^p) der freien Oberflächenenergie ermittelt werden.

Entscheidend für die Lösung von Benetzungs- und Adhäsionsproblemen ist die Tatsache, dass nur solche Wechselwirkungen entlang der Grenzfläche von Bedeutung sind, die von beiden Phasen ausgehen. Das bedeutet, dass bei einem Kontakt von zwei Flüssigkeiten oder einer Flüssigkeit und einem Festkörper es an der Phasengrenze nur zu einer Wechselwirkung zwischen den beiden polaren und den beiden dispersiven Anteilen der Grenzflächenspannung der beteiligten Phasen kommt. Genau aus diesem Grund ist die Kenntnis der polaren und dispersiven Anteile von so großer Bedeutung.

Experimenteller Teil

Es sollten die freie Oberflächenenergie nach Owens, Wendt, Rabel und Kaelble sowie die polaren und dispersiven Anteile mittels optischer Kontaktwinkelmessung an zwei unterschiedlichen Elektronikbausteinen auf einer Trägerkonstruktion bestimmt werden. Als Messsystem kam das Tropfenkonturanalysesystem DSA10DO4 der Firma Krüss GmbH (siehe Abbildung 1) zum Einsatz.

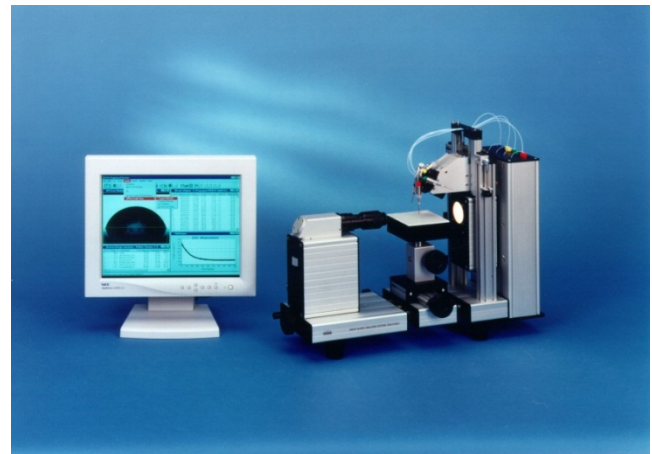


Abbildung 1: Tropfenkonturanalysesystem DSA10DO4 der Firma KRÜSS GmbH

Als Standard Testflüssigkeiten wurden Wasser und Diiodmethan verwendet. Die Oberflächenspannungswerte sind in Tabelle 1 aufgelistet.

Flüssigkeit	σ_l [mN/m]	σ_l^d [mN/m]	σ_l^p [mN/m]
Wasser	72.80	21.80	51.00
Diiodmethan	50.80	50.80	0.00

Tabelle 1: Daten der Testflüssigkeiten nach Ström [9]

Die zu untersuchenden Proben (Probe 1 und Probe 2) wurden ohne weitere Vorbehandlung bei Raumtemperatur vermessen. Pro Probe wurden jeweils drei bis fünf Kontaktwinkelmessungen mit Wasser und Diiodmethan an unterschiedlichen Stellen der Elektronikbausteine durchgeführt. Da Probe 1 nur eine Fläche von ca. 3 mm x 3 mm hatte, wurden nur sehr kleine Tropfenvolumina (0.5 μ l) verwendet.

Ergebnisse und Diskussion

In Abbildung 2 ist exemplarisch pro untersuchtem Elektronikbaustein jeweils ein Wasser- und ein Diiodmethantropfen dargestellt.

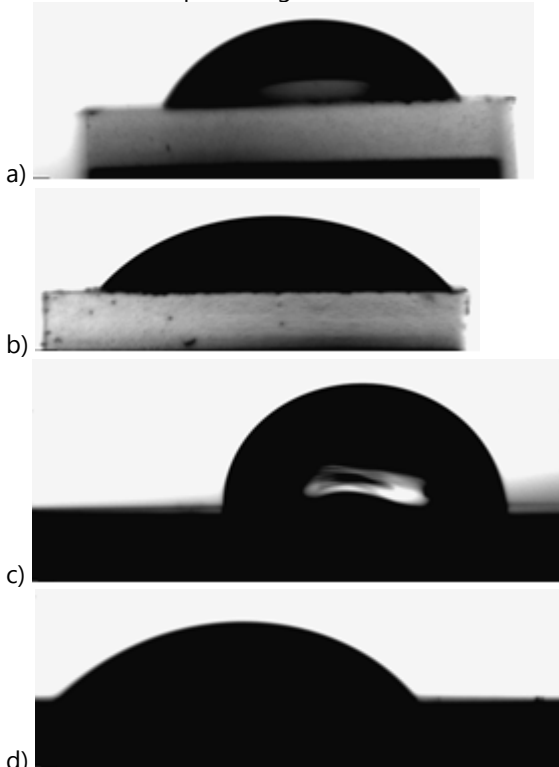


Abbildung 2: a) Wasser auf Probe 1; b) Diiodmethan auf Probe 1; c) Wasser auf Probe 2; d) Diiodmethan auf Probe 2.

Substrat	θ_{H_2O} [°]	$\theta_{CH_2I_2}$ [°]
Probe 1	65.9 ± 3.9	48.7 ± 2.3
Probe 2	86.3 ± 2.2	45.4 ± 4.3

Probe 2.

In Tabelle 2 sind die Mittelwerte der bestimmten Kontaktwinkel für Wasser und Diiodmethan auf Probe 1 und Probe 2 aufgelistet.

Tabelle 2 Kontaktwinkelmittelwerte für Wasser und Diiodmethan auf Probe 1 und Probe 2.

Tabelle 3 zeigt die freien Oberflächenenergien beider untersuchter Elektronikbausteine sowie deren dispersiven und polaren Anteil berechnet nach Owens, Wendt, Rabel und Kaelble.

Substrat	σ_s [mN/m]	σ_s^d [mN/m]	σ_s^p [mN/m]
Probe 1	45.95 ± 0.81	34.97 ± 0.47	10.98 ± 0.34
Probe 2	38.93 ± 1.07	36.81 ± 0.91	2.12 ± 0.16

Tabelle 3: Berechnete freie Oberflächenenergien mit dispersiven und polaren Anteilen nach Owens, Wendt, Rabel und Kaelble.

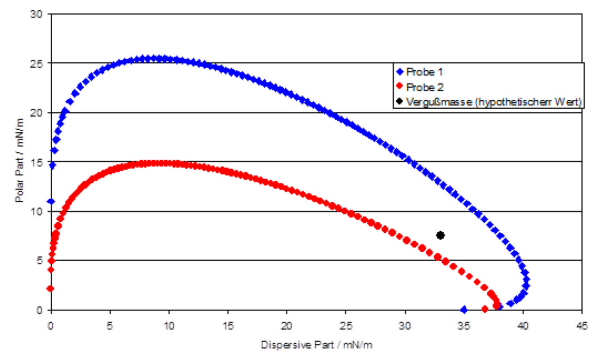


Abbildung 3: Wetting Envelopes der beiden Elektronikbausteine sowie polare und disperse Anteile für eine hypothetische Vergussmasse mit einer Oberflächenspannung von 40.5 mN/m.

Bei Betrachtung von Abbildung 2 fällt auf, dass sich die Diiodmethantropfen auf Probe 1 und Probe 2 kaum unterscheiden, wohingegen bei den aufgebrachtten Wassertropfen bereits mit dem Auge ein signifikanter Unterschied in der Tropfenkontur auf den beiden unterschiedlichen Elektronikbausteinen festzustellen ist. Diese Tatsache spiegelt sich in den gemittelten Kontaktwinkelmessdaten in Tabelle 2 wieder. Während unter Einbezug des anzugebenden Fehlers für Diiodmethan auf beiden Proben derselbe Kontaktwinkel resultiert, variiert er bei Wasser um mindestens 15°. Anhand dieser Ergebnisse lassen sich bereits einige Aussagen bezüglich der beiden Oberflächen treffen. Dadurch, dass der Kontaktwinkel der vollkommen unpolaren Flüssigkeit Diiodmethan auf beiden Proben gleich ist, kann man schlussfolgern, dass sich der unpolare Anteil der freien Oberflächenenergie beider Elektronikbausteine nicht signifikant unterscheidet. Bezüglich der ermittelten Kontaktwinkel der sehr polaren Flüssigkeit Wasser auf den untersuchten Oberflächen kann jetzt schon gesagt werden, dass die Oberfläche der Probe 1 polarer ist als die Oberfläche der Probe 2. Betrachtet man die Ergebnisse in Tabelle 3, so werden die oben angestellten Folgerungen quantitativ verifiziert. Die unpolaren Anteile der freien Oberflächenenergie beider untersuchten Elektronikbausteine unterscheiden sich unter Einbezug des anzugebenden Fehlers um nur knapp 0.5 mN/m, wohingegen sich die polaren Anteile um mehr als 8 mN/m unterscheiden. Die Oberfläche von Probe 1 ist demnach wesentlich polarer als die Oberfläche von Probe 2. Solche signifikanten Unterschiede in der freien Oberflächenenergie zweier elektronischer Bauteile auf ein und derselben Trägerkonstruktion können zur Folge haben, dass bei einem der beiden Bauteile sowohl Benetzungs- als auch Haftungsprobleme beim Aufbringen eines Glob Tops auftreten. Welcher der beiden Elektronikbausteine von einer Vergussmasse besser benetzt wird und welche Vergussmasse besser auf dem Elektronikbauteil haften wird, ist abhängig von der Oberflächenspannung der Vergussmasse sowie deren

Verhältnis an dispersiven und polaren Anteilen. Dies soll abschließend an einem Beispiel verdeutlicht werden. In Abbildung 3 sind die sogenannten *Wetting Envelopes* der beiden untersuchten Bauteile sowie der Datenpunkt für eine hypothetische Vergussmasse mit erdachten Oberflächenspannungsmesswerten ($\sigma_i = 40.5 \text{ mN/m}$, $\sigma_i^d = 33 \text{ mN/m}$, $\sigma_i^p = 7.5 \text{ mN/m}$) abgebildet. Der *Wetting Envelope* eines Festkörpers charakterisiert vollständig die zu erwartenden Benetzungseigenschaften der Festkörperoberfläche mit beliebigen Flüssigkeiten. Zur Berechnung dieser Umhüllenden (dies ist nur über eine Auswertung nach *Owens, Wendt, Rabel und Kaelble* möglich) muss die freie Oberflächenenergie eines Festkörpers sowie der disperse und polare Anteil bekannt sein. Der Datenpunkt der hypothetischen Vergussmasse liegt für Probe 1 innerhalb und für Probe 2 außerhalb ihres *Wetting Envelopes*. Das bedeutet, dass diese Vergussmasse Probe 1 vollständig und Probe 2 nicht vollständig benetzen würde. Da die Oberflächenspannungsdaten der hypothetischen Vergussmasse mit den Werten von Probe 1 wesentlich besser übereinstimmen als mit den Werten von Probe zwei kann bezüglich des Adhäsionsverhaltens folgende Vorhersage getroffen werden:

Die hypothetische Vergussmasse wird gegenüber Probe 1 ein besseres Adhäsionsverhalten als gegenüber Probe 2 aufweisen.

Zusammenfassung

Zur Bewertung der Benetzungs- und Adhäsionseigenschaften eines Festkörpers gegenüber Flüssigkeiten auf der Basis der grenzflächenenergetischen Betrachtungsweise wurden die *Wetting Envelopes*, die freie Oberflächenenergie sowie die dispersiven und polaren Anteile zweier unterschiedlicher Elektronikbausteine auf einer Trägerkonstruktion nach der Methode von *Owens, Wendt, Rabel und Kaelble* bestimmt. Hierzu wurden Kontaktwinkelmessungen mit Wasser und Diiodmethan als Testflüssigkeiten durchgeführt. Aufgrund dieser Messungen konnte gezeigt werden, dass die Oberfläche des einen Elektronikbausteins wesentlich höherenergetischer und polarer ist als die des anderen. Die Aufbringung ein und der selben Gussmasse zum Schutz der elektronischen Bauteile könnte je nach oberflächenenergetischer Beschaffenheit des Glob Tops (Verhältnis zu dispersiven und polaren Anteilen der Oberflächenspannung) zu Benetzungs- und Adhäsionsproblemen bezüglich eines der beiden elektronischen Bauteile führen.

Literatur

- [1] Einige Aspekte der Benetzungstheorie und ihre Anwendung auf die Untersuchung und Veränderung der Oberflächeneigenschaften von

Polymeren; Rabel; Farbe und Lack, (1971), 77./10, 997-1005.

- [2] A Theory for Estimation of Surface and Interfacial Energies, III. Estimation of Surface Energies of Solids from Contact Angle Data; R.G. Good, L.A. Girifalco; J. Phys. Chem., Jg. 64, 1960, 561-565.
- [3] Attractive Forces at Interfaces; F.M. Fowkes; Industrial and Engineering Chemistry, Vol. 56, No. 12, Dec. 1964, 40-52.
- [4] Polar and Nonpolar Interaction in Adhesion; S. Wu; J. Adhesion, 1973, Vol. 5, 39-55.
- [5] Contact Angles, Work of Adhesion and Interfacial Tensions at a Dissolving Hydrocarbon Surface; G. Ström, M. Frederikson, P. Stenius; Journal of Colloid and Interface Science, Vol. 119, No. 2, Oct. 1987, 352-361.
- [6] The Components of Surface Tension of Liquids and their Usefulness in Determinations of Surface Free Energy of Solids; B. Janczuk, T. Bialopiotrowicz, W. Wojcik; Journal of Colloid and Interface Science, Vol. 127, No. 1, Jan. 1989, 55-66.
- [7] Estimation of the Surface Free Energy of Polymers; D.K. Owens, R.C. Wendt; Journal of Applied Polymer Science, Vol. 13, 1969, 1741-1747.
- [8] Relation of the Equilibrium Contact Angle to Liquid and Solid Constitution; W.A. Zisman; Advances in Chemistry, Series 43, 1964, 1-51.
- [9] Contact Angles, Work of Adhesion, and Interfacial Tensions at a Dissolving Hydrocarbon Surface; G. Ström, M. Frederiksson, P. Stenius; J. Coll. Interf. Sci. 10, 119/2, 352-361.

Auf unserer Webseite finden Sie viele weitere interessante Applikationsberichte und Technical Notes unter

<https://www.kruss.de/de/service/schulung-theorie/literatur/applikationsberichte/>