

USER GUIDE

UG015 | Graphitfolie – WE-TGS



Sebastian Mirasol-Menacho

1. EINFÜHRUNG ZU WE-TGS

Die Serie **WE-TGS** ist ein wärmeleitendes Material auf Graphitbasis, das die Wärmeverteilung auf Oberflächen verbessert. Die Ausbreitung trägt zur Kühlung von Bereichen mit hoher Energiedichte bei, insbesondere wenn die Kühlbaugruppe deutlich größer ist als die Wärmequelle. Die wärmeleitende Folie ist sowohl dünn als auch selbstklebend und daher ideal zum Aufbringen auf flachen Oberflächen wie auch zum Biegen um weiche Ecken geeignet.

Graphitfolien sind besonders effektiv für die Wärmeregulierung in kompakten elektronischen Geräten, bei denen der Platz begrenzt ist. Durch die gleichmäßigere Verteilung der Wärme verhindern diese Folien die Bildung von Hotspots, die ansonsten zu Bauteilversagen oder einem verminderten Wirkungsgrad führen können.

Dies macht sie unverzichtbar bei der Entwicklung von Hochleistungselektronik wie Handheld-Geräten, Prozessoren oder Akkumodulen, bei denen die Aufrechterhaltung der optimalen Betriebstemperatur für Leistung und Langlebigkeit ausschlaggebend ist.

Die Graphitfolien der Serie WE-TGS sind leicht und flexibel und lassen sich mühelos in elektronische Baugruppen aller Art integrieren, ohne nennenswert Volumen oder Gewicht hinzuzufügen. Ihre Haft Eigenschaften gewährleisten einen sicheren Sitz selbst bei Anwendungen mit komplexen Geometrien oder in Fällen, in denen herkömmliche Wärmeleitlösungen nicht umsetzbar sind. Aufgrund dieser Vielseitigkeit eignen sie sich für eine Vielzahl von Anwendungen von Unterhaltungselektronik bis hin zu Industrieanlagen und bieten eine zuverlässige Lösung für anspruchsvolle Aufgaben im Bereich des Wärmemanagements.

2. MATERIALSPEZIFIKATIONEN

Die Graphitfolie besteht im Wesentlichen aus drei Komponenten, die in Abbildung 1 dargestellt sind:

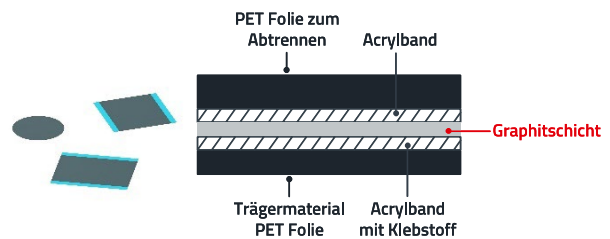


Abbildung 1: WE-TGS im Querschnitt.

- **PET-Folie:** Sie schützt die Haftschrift und verhindert ein Verkratzen der Acrylfolie.
- **Acrylband:** Hierbei handelt es sich um dünne Schichten, die eine elektrische Isolierung zwischen den Kontaktflächen und der Graphitschicht gewährleisten.
- **Graphit:** Synthetischer Graphit ist auf molekularer Ebene horizontal gebunden und bietet eine sehr hohe Wärmeleitfähigkeit in der Ebene sowie eine Nennwärmeleitfähigkeit in der Durchgangsebene.

Die Eigenschaften der Graphitfolie WE-TGS lassen sich in drei Kategorien einteilen, die in Tabelle 1, Tabelle 2 und Tabelle 3 aufgeführt sind.

Materialeigenschaften	
Farbe	Dunkelgrau
Stärke	37 µm
Schälhaftung	750 g/25 mm
Spezifisches Gewicht	1,9 g/cm ³
Betriebstemperatur	-50 up to 120°C

Tabelle 1: Materialeigenschaften von WE-TGS.

Thermische Eigenschaften	
Wärmeleitfähigkeit X-/Y-Achse	1.800 W/m · K
Wärmeleitfähigkeit Z-Achse	5 W/m · K

Tabelle 2: Thermische Eigenschaften von WE-TGS.

Elektrische Eigenschaften	
Durchschlagsspannung	1 kV

Tabelle 3: Elektrische Eigenschaften von WE-TGS.

3. KONSTRUKTIONSÜBERLEGUNGEN

Der Design-In-Vorgang bei Graphitfolien zur Wärmeverteilung ist etwas komplizierter als die Berechnung des Wärmewiderstands einer spaltfüllenden Anwendung. Vielmehr müssen wir die Wärmeleitung sowohl in der Ebene als auch durch die Ebene berücksichtigen.

Betrachten wir einen Bereich mit hoher Energiedichte in unserer Elektronikkonstruktion, in dem mehrere kleine Bauteile 5 Watt Wärmeenergie auf einer Fläche von 4 cm² abführen. Dieser Bereich steht in Kontakt mit einem Stahlgehäuse, das zur Ableitung von Energie in die Umgebung dient.

Stahl hat im Vergleich zu anderen Metallen wie Aluminium oder Kupfer eine relativ geringe Wärmeleitfähigkeit. Um die Wärme über das Gehäuse zu verteilen, werden wir die Verwendung von **WE-TGS** zur Wärmeverteilung im folgenden Anwendungsszenario bewerten (Tabelle 4).

Parameter	Symbol	Wert	
Umgebungstemperatur	T _A	25°C	
Wärmequelle		5 W	
Fläche der Wärmequelle	A _S	4 cm ²	
Stahl	Fläche	A _{STEEL}	2.500 cm ²
	Stärke	d _{STEEL}	2 mm
	Wärmeleitfähigkeit	λ _{STEEL}	50 W/m · K
Graphit	Fläche	A _{SPREAD}	2.500 cm ²
	Stärke	d _{SPREAD}	37 μm
	Wärmeleitfähigkeit	λ _{SPREAD}	1.800 W/m · K

Tabelle 4: Parameter zur Bewertung der Graphitfolien zur Wärmeverteilung WE-TGS.

Um zu analysieren, wie Graphitfolien zur Wärmeverteilung auf einem Stahlgehäuse die Wärmeabgabe von einer Wärmequelle an die Umgebung verbessern kann, werden wir das Problem in zwei Teilbereiche zerlegen: die Wärmeleitung (Q_{COND}) durch die Graphitfolie und die Wärmeabgabe an die Umgebung durch natürliche Konvektion (Q_{CONV}).

Wärmeleitung

Das Fouriersche Wärmeleitungsgesetz lautet:

$$Q_{COND} = -\lambda \cdot A \cdot \frac{dT}{dx} \quad (1)$$

Dieses können wir umformulieren als:

$$Q_{COND} = \lambda \cdot A \cdot \frac{T_1 - T_2}{d} \quad (2)$$

Dann stellen wir die Gleichung um, um den Temperaturunterschied auf einer Oberfläche zu ermitteln:

$$T_1 - T_2 = \frac{Q_{COND} \cdot d}{\lambda \cdot A} \quad (3)$$

Wir berechnen den Temperaturabfall über das Stahlgehäuse:

$$T_{STEEL1} - T_{STEEL2} = \frac{5 \text{ W} \cdot 2 \cdot 10^{-3} \text{ m}}{50 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}} \cdot 0,25 \text{ m}^2} = 0,8 \cdot 10^{-3} \text{ K} \quad (4)$$

Und nun den von Graphit:

$$T_{SPREAD1} - T_{SPREAD2} = \frac{5 \text{ W} \cdot 37 \cdot 10^{-6} \text{ m}}{1800 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}} \cdot 0,25 \text{ m}^2} \quad (5)$$

$$T_{SPREAD1} - T_{SPREAD2} = 0,4 \cdot 10^{-6} \text{ K}$$

Erwartungsgemäß ist der Temperaturabfall auf der Graphitoberfläche deutlich geringer als auf der Stahloberfläche, da Graphit eine höhere Wärmeleitfähigkeit aufweist. Wir können für den Gesamtwärmeverlust des auf das Stahlgehäuse aufgetragenen Graphits Folgendes annehmen:

$$T_{DROP} = 0,98 \cdot 10^{-3} \text{ K} \quad (6)$$

Wärmeableitung

Die durch natürliche Konvektion über die Oberfläche des Stahlgehäuses unseres Schaltungsentwurfs abgeführte Wärme lässt sich wie folgt definieren:

$$Q_{CONV} = h \cdot A \cdot (T_1 - T_2) \quad (7)$$

Da wir von einer Umgebung mit natürlicher Konvektion ausgehen, können wir einen Wärmeübertragungskoeffizienten h = 10 W/m² · K annehmen.

$$Q_{CONV} = 10 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \cdot 0,25 \text{ m}^2 \cdot (T_{SOURCE} - T_A) \quad (8)$$

$$Q_{CONV} = 2,5 \cdot (T_{SOURCE} - T_A) \text{ W}$$

Die Wärmeübertragung wird durch den Temperaturunterschied zwischen der Quelle und der Umgebung definiert. Je größer der Unterschied, desto mehr Energie fließt.

Bei $T_{\text{SOURCE}} = 75^\circ\text{C}$ gilt:

$$Q_{\text{CONV}} = 2,5 \cdot (75^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C}) \text{ W} = 125 \text{ W} \quad (9)$$

Nach dem Aufbringen des Graphits auf das Stahlgehäuse können wir durch natürliche Konvektion bis zu 125 W an die Umgebung abführen (mehr als die 5 W, welche in unserem Beispiel entstehen). Diese Berechnungen dienen der Schätzung der Wirkung der Graphitfolie zur Wärmeverteilung auf ein Stahlgehäuse. Für eine detailliertere Analyse, die auch andere Umgebungsparameter einbezieht, wird die Durchführung von FEM-Simulationen Ihres Entwurfs empfohlen.

4. WÄRMELEISTUNG

Synthetischer Graphit wird so hergestellt, dass Kohlenstoffmoleküle in dünnen Schichten gebunden werden. Dadurch erhält das Material eine hervorragende Wärmeleitfähigkeit in der Ebene.

Verglichen mit anderen häufig verwendeten wärmeleitenden Materialien wie Aluminium und Kupfer bietet **WE-TGS** eine überlegene Wärmeleitfähigkeit (vgl. Abbildung 2 und Abbildung 3) und ist dabei deutlich leichter.

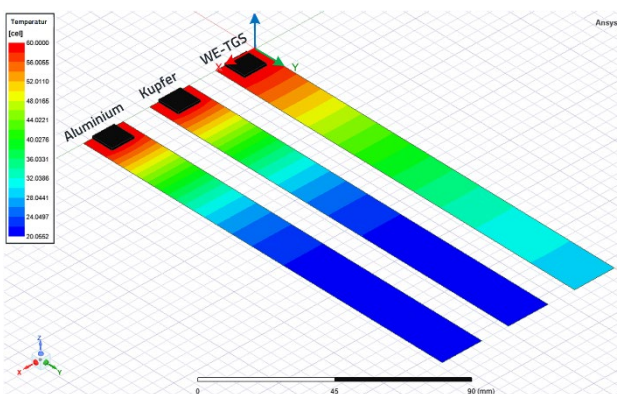


Abbildung 2: Streifen 18 mm x 18 mm mit 5-W-Wärmequelle.

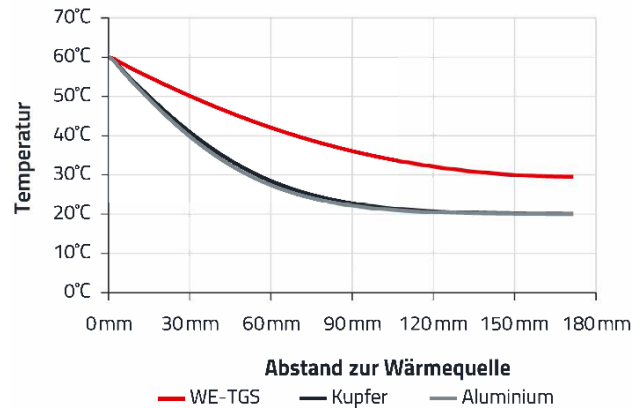


Abbildung 3: Wärmeleistungsverfahren.

WE-TGS weist eine geringere Temperaturdifferenz über seine Oberfläche auf. In einer anwendungsähnlichen Umgebung kann jede Oberfläche, auf der die Wärme gleichmäßiger verteilt ist, mehr Wärmeenergie an die Umgebung abgeben.

5. ANBRINGUNG UND HANDHABUNG

Um beim Auftragen eines flexiblen Materials die Bildung von Luftblasen zwischen den Kontaktflächen und dem Klebeband zu vermeiden, legen Sie die Kante des Pads auf die Oberfläche und entfernen Sie die Schutzfolie, während eine 1-kg-Walze über die Gegenfläche gerollt wird.

Um eine korrekte Anwendung zu gewährleisten, werden die folgenden Schritte empfohlen:

- Die Oberflächen von Komponente und Kühlkörpern müssen sauber und trocken sein. Es wird empfohlen, Partikel auf den Kontaktflächen mit einem mit Isopropylalkohol getränkten fusselfreien Tuch oder Tupfer zu entfernen.
- Entfernen Sie die Schutzfolie von einer Seite des Pads.
- Bringen Sie die Klebeseite mit einer rollenden Bewegung auf, um Lufteinschlüsse zu vermeiden. Drücken Sie nach Möglichkeit mit einer 1-kg-Walze auf die Folie, um den Klebstoff zu aktivieren.
- Wenn das Gegenstück zur Montage bereit ist, entfernen Sie die Schutzfolie.
- Bringen Sie das Bauteil oder die Baugruppe mit einer rollenden Bewegung und unter Druck auf.

Schneiden

WE-TGS-Graphitfolien können mit jedem scharfen Schneidwerkzeug in Form geschnitten werden. Dieser Ansatz ist jedoch ausschließlich für Prototyping- und Evaluierungszwecke vorgesehen.

Für die Serienproduktion wird das Zuschneiden von Standardteilen nicht empfohlen, da es zu einer Delamination der Schichten und einer verminderten mechanischen Integrität führen kann. Um eine zuverlässige Abdichtung und langfristige Zuverlässigkeit sicherzustellen, wird empfohlen, ein kundenspezifisch modifiziertes Teil über die von Würth Elektronik angebotenen Modifikationsservices zu bestellen.

Nacharbeit

WE-TGS ist kein bearbeitbares Pad. Wenn sich der Verbund nur schwer trennen lässt, können Sie es mit Wärme oder einer Drehbewegung probieren oder die Substrate durch Abziehen voneinander trennen. Dies führt zur Zerstörung des Pads.

Verbliebene Materialreste schaben Sie vorsichtig mit einem Kunststoff- oder Holzwerkzeug ab, um die Kontaktflächen nicht zu beschädigen. Es wird empfohlen, die Oberflächen mit Isopropylalkohol auf einem fusselfreien Tuch zu reinigen.

WICHTIGER HINWEIS

Das Benutzerhandbuch basiert auf unserem aktuellen Wissens- und Erfahrungsstand, dient als allgemeine Information und ist keine Zusicherung der Würth Elektronik eiSos GmbH & Co. KG zur Eignung des Produktes für Kundenanwendungen. Der Anwendungshinweis kann ohne Bekanntgabe verändert werden. Dieses Dokument und Teile hiervon dürfen nicht ohne schriftliche Genehmigung vervielfältigt oder kopiert werden. Würth Elektronik eiSos GmbH & Co. KG und seine Partner- und Tochtergesellschaften (nachfolgend gemeinsam als „WE“ genannt) sind für eine anwendungsbezogene Unterstützung jeglicher Art nicht haftbar. Kunden sind berechtigt, die Unterstützung und Produktempfehlungen von WE für eigene Anwendungen und Entwürfe zu nutzen. Die Verantwortung für die Anwendbarkeit und die Verwendung von WE-Produkten in einem bestimmten Entwurf trägt in jedem Fall ausschließlich der Kunde. Aufgrund dieser Tatsache ist es Aufgabe des Kunden, erforderlichenfalls Untersuchungen anzustellen und zu entscheiden, ob das Gerät mit den in der Produktspezifikation beschriebenen spezifischen Produktmerkmalen für die jeweilige Kundenanwendung zulässig und geeignet ist oder nicht.

Die technischen Daten sind im aktuellen Datenblatt zum Produkt angegeben. Aus diesem Grund muss der Kunde die Datenblätter verwenden und wird ausdrücklich auf die Tatsache hingewiesen, dass er dafür Sorge zu tragen hat, die Datenblätter auf Aktualität zu prüfen. Die aktuellen Datenblätter können von www.we-online.com heruntergeladen werden. Der Kunde muss produktspezifische Anmerkungen und Warnhinweise strikt beachten. WE behält sich das Recht vor, an seinen Produkten und Dienstleistungen Korrekturen, Modifikationen, Erweiterungen, Verbesserungen und sonstige Änderungen vorzunehmen. Lizenzen oder sonstige Rechte, gleich welcher Art, insbesondere an Patenten, Gebrauchsmustern, Marken, Urheber- oder sonstigen gewerblichen Schutzrechten werden

hierdurch weder eingeräumt noch ergibt sich hieraus eine entsprechende Pflicht, derartige Rechte einzuräumen. Durch Veröffentlichung von Informationen zu Produkten oder Dienstleistungen Dritter gewährt WE weder eine Lizenz zur Verwendung solcher Produkte oder Dienstleistungen noch eine Garantie oder Billigung derselben.

Die Verwendung von WE-Produkten in sicherheitskritischen oder solchen Anwendungen, bei denen aufgrund eines Produktausfalls sich schwere Personenschäden oder Todesfälle ergeben können, sind unzulässig. Des Weiteren sind WE-Produkte für den Einsatz in Bereichen wie Militärtechnik, Luft- und Raumfahrt, Nuklearsteuerung, Marine, Verkehrswesen (Steuerung von Kfz, Zügen oder Schiffen), Verkehrssignalanlagen, Katastrophenschutz, Medizintechnik, öffentlichen Informationsnetzwerken usw. weder ausgelegt noch vorgesehen. Der Kunde muss WE über die Absicht eines solchen Einsatzes vor Beginn der Planungsphase (Design-In-Phase) informieren. Bei Kundenanwendungen, die ein Höchstmaß an Sicherheit erfordern und die bei Fehlfunktionen oder Ausfall eines elektronischen Bauteils Leib und Leben gefährden können, muss der Kunde sicherstellen, dass er über das erforderliche Fachwissen zu sicherheitstechnischen und rechtlichen Auswirkungen seiner Anwendungen verfügt. Der Kunde bestätigt und erklärt sich damit einverstanden, dass er ungeachtet aller anwendungsbezogenen Informationen und Unterstützung, die ihm durch WE gewährt wird, die Gesamtverantwortung für alle rechtlichen, gesetzlichen und sicherheitsbezogenen Anforderungen im Zusammenhang mit seinen Produkten und der Verwendung von WE-Produkten in solchen sicherheitskritischen Anwendungen trägt.

Der Kunde hält WE schad- und klaglos bei allen Schadensansprüchen, die durch derartige sicherheitskritische Kundenanwendungen entstanden sind.

NÜTZLICHE LINKS



Application Notes

www.we-online.com/appnotes



REDEXPERT Design Platform

www.we-online.com/redexpert



Toolbox

www.we-online.com/toolbox



Product Catalog

www.we-online.com/products

KONTAKT INFORMATION



appnotes@we-online.com

Tel. +49 7942 945 - 0



Würth Elektronik eiSos GmbH & Co. KG

Max-Eyth-Str. 1 74638 Waldenburg Germany

www.we-online.com

REVISIONSHISTORIE

Dokument Version	Veröffentlichungsdatum	Änderungen
UG015a	2025/03/12	Ursprüngliche Version der Application Note
UG015b	2026/06/16	Kleinere Änderungen in der Formulierung, Verbesserte Übersetzung, Stärke in Tabelle 4, Formel 4, 5 und 6, Kapitel Schneiden auf Seite 4, Kapitel 6 gelöscht

Hinweis: Die aktuelle Version des Dokuments und das Veröffentlichungsdatum sind in der Fußzeile jeder Seite dieses Dokuments angegeben.