

SUPPORT NOTE

SN018 | Risse an verpressten Speicherinduktivitäten



Mohamed Koobar, Tobias Frei, Brendon Weber

1. EINLEITUNG

Diese Support Note soll den Einfluss visueller Oberflächenunregelmäßigkeiten im Bereich des Kerns erläutern, die während des Herstellungsprozesses von verpressten Induktivitäten auftreten können.

Die Hauptvorteile von Induktivitäten, die im Formverfahren hergestellt werden, sind ein hoher Sättigungsstrom und eine hohe Leistungsdichte, die sich durch weiche Sättigungseigenschaften, geringe Kernverluste, eine hohe Betriebstemperatur und eine geringe Grundfläche auszeichnen. Im Gegensatz zu den meisten Kernen von Speicherinduktivitäten besteht das Formmaterial nicht aus Ferrit, sondern aus einer Mischung aus Metallpulver und Harzbindemittel, die um die Induktivitätsspule gepresst wird. Das Harzbindemittel erzeugt einen verteilten Luftspalt und verbessert die elektrischen Eigenschaften einer Induktivität erheblich. Nach dem Pressen wird die Mischung zusammen mit der Induktivitätsspule in einem Ofen ausgehärtet, um die Haftfestigkeit zwischen Harzbindemittel und Metallpulver zu erhöhen. Im Gegensatz zu anderen Herstellern verfügen alle geformten Induktivitäten von WE über eine Oberflächenbeschichtung, um Rost zu verhindern, der die Zuverlässigkeit des Produkts beeinträchtigen könnte.

2. OPTISCHES ERSCHEINUNGSBILD UND AUSWIRKUNGEN

Der zuvor beschriebene Formungsprozess sowie die physikalischen Eigenschaften des Kernmaterials schränken die Erzielbarkeit eines vollkommen einheitlichen optischen Erscheinungsbildes ein. Da jedoch ein ansprechendes Aussehen und eine gute Leistung wünschenswert sind, erläutert diese Support Note optische Unebenheiten, die bei einer verpressten Speicherinduktivität auftreten können.

Risse um den Kern herum lassen sich kaum vermeiden, da beim Formverfahren das Harzbindemittel und das Metallpulver gemeinsam ausgehärtet werden. Während des Herstellungsprozesses können durch Oberflächenreibung beim Auswerfen des Bauteils kleine Kratzer entstehen. Zusätzlich zu den oberflächlichen Kratzern können aufgrund der Materialien kleine bis mittelgroße Risse auftreten. Diese gelten als optische Erscheinungen, die keinen Einfluss auf die Leistung des Produkts haben.

Name der Produktserie			
WE-PMCI	WE-LHMI	WE-MAPI	WE-PMFI
WE-LHMD	WE-MXGI	WE-XHMI	WE-MCRI

Tabelle 1: Produktserie

Produkte aus Tabelle 1 mit und ohne optische Unregelmäßigkeiten haben alle branchenüblichen Tests bestanden, darunter Thermoschock, mechanischer Schock, Anschlussfestigkeit, Vibration, Feuchtigkeit, Feuchtigkeitsbeständigkeit, Lebensdauer und weitere, wie sie in der Spezifikation AEC-Q200 definiert sind. Darüber hinaus haben diese Unregelmäßigkeiten keinen Einfluss auf die Zuverlässigkeit oder Leistungsfähigkeit des Produkts. Würth Elektronik eiSos hat interne Standards zur Bewertung solcher Risse festgelegt, um eine gleichbleibend hohe Qualität und die im Datenblatt angegebenen elektrischen Parameter sicherzustellen. Eine Zusammenfassung findet sich im folgenden Abschnitt.

3. RISSE

Risse und Kratzer werden entweder als akzeptabel oder unzulässig eingestuft. Um als ausschußfähiges Teil zu gelten, müssen alle ausschußfähigen Bedingungen (z.B. Anzahl, Länge, Breite) auf mindestens einer Fläche erfüllt sein.

Alle folgenden Abbildungen beziehen sich auf die Produktreihe **WE-LHMI**. Die Kriterien für akzeptable und unzulässige Risse gelten für alle Induktivitäten von WE, die in Tabelle 1 aufgeführt sind.

Akzeptable Risse

Im Allgemeinen sind Risse, die mit dem bloßen Auge schwer zu erkennen sind, akzeptabel.

Ablehnbare Risse

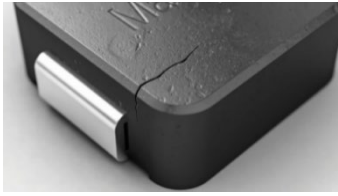
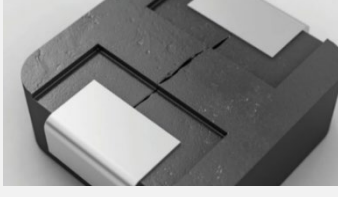
Art der Unregelmäßigkeit	Oberfläche	Bild	Optisch	Anzahl der Unregelmäßigkeiten	Länge	Breite
Riss / Kratzer	Oberseite		Mit bloßem Auge leicht zu erkennen und deutlich im Bauteil sichtbar	> 1 Riss	$\geq 1/2$ der betroffenen Oberflächenlänge	$\geq 0,2$ mm
Riss / Kratzer	Seite ohne Clip		Mit bloßem Auge leicht zu erkennen und deutlicher Schnitt im Bauteil	> 2 Risse	$\geq 2/3$ der betroffenen Oberflächenlänge	$\geq 0,2$ mm
Riss / Kratzer	Seite mit Clip		Mit bloßem Auge leicht zu erkennen und im Bauteil deutlich sichtbar	> 2 Risse	$\geq 1/2$ der betroffenen Oberflächenlänge	$\geq 0,2$ mm
Riss / Kratzer	Unterseite		Mit bloßem Auge leicht zu erkennen und deutlich sichtbar im Bauteil	> 1 Riss	$\geq 2/3$ der betroffenen Oberflächenlänge	$\geq 0,2$ mm

Tabelle 2: Aufführung der verschiedenen ablehnbaren Risse

4. ABSPLITTERUNGEN

Absplitterungen können durch die Handhabung der Bauteile während des Herstellungsprozesses entstehen. Auch wenn die Absplitterungen die Funktion des Bauteils erst dann beeinträchtigen, wenn die Spule freiliegt oder gebrochen ist, hat Würth Elektronik eiSos interne Standards zur Bewertung der Absplitterungen festgelegt. Absplitterungen können an der Oberfläche, den Kanten und Ecken der Induktivität auftreten (Abbildung 1):

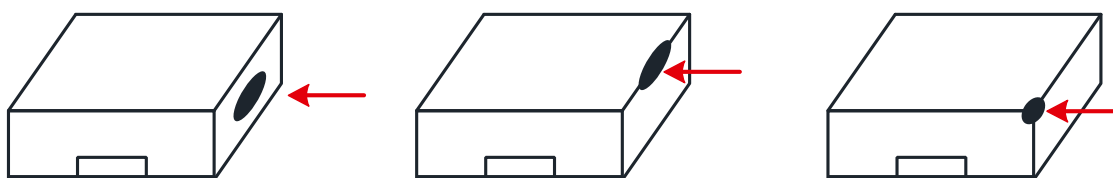


Abbildung 1: Absplitterungen an verschiedenen Stellen.

Art der Unregelmäßigkeit	Bild	Anzahl der Unregelmäßigkeiten	Länge	Breite	Fläche
Absplitterungen		> 2 Absplitterungen	$\geq 1/2$ der betroffenen Oberflächenlänge	$\geq 1/4$ der betroffenen Flächenbreite	$\geq 1/16$ der betroffenen Fläche

Tabelle 3 Beispiele für die Beurteilung von unzulässigen Absplitterungen

5. ELEKTRISCHE LEISTUNG

Aufgrund der weitgehenden Übereinstimmungen im Design und in der Konstruktion zwischen WE-LHMI und den in Tabelle 1 aufgeführten Serien sowie auf Basis unserer internen Erfahrungen kann davon ausgegangen werden, dass sich die aus dem unten getesteten Bauteil gewonnenen Schlussfolgerungen in angemessener Weise auf die übrigen Produktserien übertragen lassen. Diese Annahme stützt sich insbesondere auf die vergleichbare mechanische Struktur, das Materialsystem, das Anschlussdesign, die Bindemittelzusammensetzung sowie weitere wesentliche architektonische Merkmale geformter Induktivitäten. Ein synchroner Abwärts-Schaltregler wird unter Verwendung eines LTC3810-Controllers und einer WE-LHMI-Induktivität [74437368068](#) ohne optische Mängel implementiert.

Der DC/DC-Wandler weist folgende Spezifikationen auf:

- 60 W Leistung
- 250 kHz Schaltfrequenz
- 24 V Eingangsspannung
- 12-V-Ausgang bei 5 A

Der WE-LHMI [74437368068](#) mit einer Induktivität von 6,8 μH erzielte folgende Testergebnisse: 11,78 V, 5,02 A bei einem Wirkungsgrad von 93 %.

Ein großer Chip, etwa 15 % des Volumens der ursprünglichen Induktivität, wurde absichtlich abgebrochen (siehe Abbildung 2) und das Bauteil wurde erneut gemessen.



Abbildung 2: Abgebrochene Kante an WE-LHMI [74437368068](#).

Diese Induktivität erzielte die gleichen Ergebnisse bei den Funktionstests wie das Originalteil ohne Absplitterung. Die Wellenformen der Induktivitäten mit und ohne Absplitterung sind unter Abbildung 3 dargestellt.

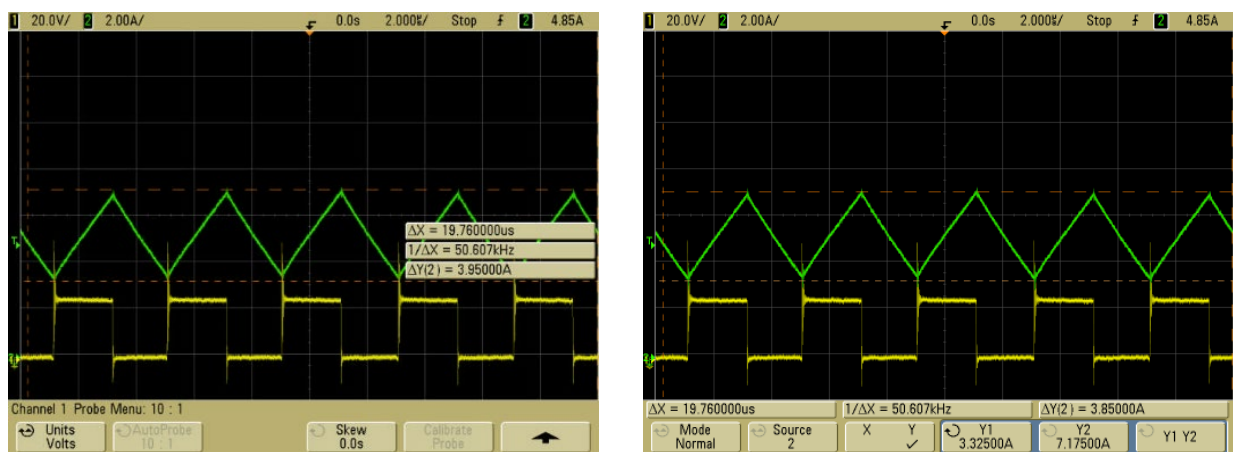


Abbildung 3: Wellenform des Induktivitätsstroms und der Schaltspannung bei Induktivität ohne sichtbare Merkmale (linke Seite) und mit 15 % Absplitterung am Kern der Induktivität (rechte Seite).

Die grüne Wellenform stellt den mit einer Hall-Effekt-Sonde gemessenen Strom durch die Induktivität dar, und die gelbe Wellenform stellt die am Drain des MOSFET gemessene Spannung dar.

Die Gründe für die gleichbleibende Leistung selbst bei großen, inakzeptablen Rissen sowie Absplitterungen sind:

- Die hohe Flussdichte im Kern tritt nur im unmittelbaren Bereich neben den Wicklungen auf
- Das Kernmaterial weist einen verteilten „Luftspalt“ auf, und die daraus resultierende geringere relative Permeabilität des Materials reduziert den Einfluss von Unregelmäßigkeiten im Material (Risse) drastisch.
- Die magnetische Querschnittsfläche an den Seiten der Induktivität ist viel größer als in der Mitte, daher ist die Flussdichte geringer. Wie gezeigt, kann sich der Fluss selbst bei großen Abplatzungen leicht auf andere Bereiche verteilen, ohne die Leistung zu beeinträchtigen.

6. ZUSAMMENFASSUNG

Verpresste Induktivitäten erfüllen die Anforderungen moderner elektronischer Schaltungen, indem sie eine stabile Induktivität bei hohen Strömen bieten und gleichzeitig ein kompaktes Design. Die Verbundformtechnologie bietet viele Vorteile; aufgrund der zugrunde liegenden physikalischen Prinzipien können jedoch geringfügige Unregelmäßigkeiten auftreten. Diese beeinträchtigen die Leistung oder die elektrischen Parameter des Bauteils nicht, sofern sie innerhalb der oben angegebenen Grenzen bleiben.

WICHTIGER HINWEIS

Der Anwendungshinweis 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 Todesfällen 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



Produkt Katalog
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

SUPPORT NOTE

SN018 | Risse an verpressten Speicherinduktivitäten

REVISIONSHISTORIE

Dokument Version	Veröffentlichungsdatum	Änderungen
SN018a	2022/02/08	Ursprüngliche Version der Application Note
SN018b	2026/06/23	Neues Layout, Aktualisierung der Informationen auf den aktuellen Stand, Textverbesserungen

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