



Das Rauschen von Lawinen Durchbruch Dioden (Avalanche Dioden)

Autor: Jochen Krieger

DAS RAUSCHEN VON LAWINEN DURCHBRUCH DIODEN (AVALANCHE DIODEN)

Den gesperrten p-n Übergang einer Diode kann man sich wie einen Plattenkondensator vorstellen, an dem eine Sperrspannung angelegt ist. Die Plattengröße ergibt sich aus der Größe der Diodenfläche, der Plattenabstand entspricht der Raumladungsweite der Sperrschicht (Raumladungszone). Eigentlich sollte diese Sperrschicht perfekt isolieren und keinen Stromfluss zulassen. Bedingt durch die thermische Gitterbewegung im Siliziumkristall, aus dem die Diode besteht, werden aber vereinzelt freie Elektronen am Rand der Raumladungszone in diese hinein „geschupst“ oder auch gebundene Elektronen in der Raumladungszone selbst freigesetzt und dann sofort im elektrischen Feld zwischen den „Kondensatorplatten“ zur Kathode beschleunigt. Ähnlich einem Apfel, der im Gravitationsfeld frei zur Erde fällt und dabei immer schneller wird, wird auch das freie Elektron im elektrischen Feld der Sperrschicht immer schneller bis es durch einen Zusammenstoß mit einem gebundenen Elektron wieder abgebremst wird.

Ab einer gewissen Feldstärke kann das freie Elektron bei diesem „freien Fall“ nun so stark beschleunigt werden, dass es bei einem Zusammenstoß mit einem gebundenen Elektron dieses aus der Bindung herauslösen kann. Nach dieser „Stoßionisation“ sind dann zwei bzw. doppelt so viele freie Elektronen im „freien Fall“ auf erneutem Kollisionskurs auf weitere gebundene Elektronen, die ihrerseits ionisiert werden können.

OHNE LECKSTROM KEIN LAWINENDURCHBRUCH

Das Anliegen der Durchbruchspannung zur Erzeugung der kritischen Feldstärke zur Stoßionisation ist somit nur eine von zwei zwingenden Voraussetzungen für den Start eines Lawinendurchbruchs. Die zweite Voraussetzung ist das Vorhandensein von freien Elektronen, die als sogenannter Leck- oder Sperrstrom gemessen werden können. Ein Leckstrom von bspw. $1.6 \text{ pA} = 1.6 \times 10^{-12} \text{ A}$ entspricht dabei einem Elektronendurchsatz durch die Sperrschicht von 10^7 Elektronen pro Sekunde. Im statistischen Mittel kann somit nur alle 100 ns eine Lawine ausgelöst werden. Und da nicht jedes Elektron zwingend eine Lawine auslöst dauert es im Mittel deutlich länger.

DAS DIODENRAUSCHEN

Die Auslösewahrscheinlichkeit für einen Lawinendurchbruch ist somit proportional zum Leckstrom. Je höher der Leckstrom, desto höher die Auslösewahrscheinlichkeit für einen Lawinendurchbruch. Zwischen zwei aufeinander folgenden Leckstromelektronen aber kann die Sperrspannung an der Diode deutlich über die Durchbruchspannung hinaus ansteigen. Erst wenn das folgende Elektron eine Lawine auslöst bricht die Spannung an der Diode schlagartig auf die Durchbruchspannung zusammen. Liefert die angeschlossene Quelle dann einen ausreichenden Strom von beispielsweise über 1 mA, kann sich der Lawinendurchbruch durch fortwährende Stoßionisation selbst erhalten, so dass ein stabiler Lawinenstrom fließen kann. Bei zu geringem Quellstrom von bspw. $100 \text{ }\mu\text{A}$, wird die Diode durch den abrupt einschaltenden Lawinendurchbruch unter die Durchbruchspannung entladen wodurch der Lawinendurchbruch wieder schlagartig zum Erliegen kommt. Jetzt muss der geringe Quellstrom erst wieder die Dioden- und Zuleitungskapazität auf die erforderliche Durchbruchspannung aufladen bevor das nächste Elektron erneut eine Lawine auslösen kann. Durch dieses fortwährende Ein- und Abschalten der Lawine kommt es zu dem typischen „Rauschen der Lawinendioden“ im Durchbruch.

Da der Leckstrom mit der Temperatur exponentiell ansteigt verringert sich dieses Rauschen mit steigender Temperatur entsprechend. Auch Licht kann freie Ladungsträger (Elektronen), den sogenannten Photostrom, in der Raumladungszone der Diode erzeugen und somit das Rauschen verringern. Maximal wird das Rauschen im Lawinen Durchbruch somit bei Dunkelheit und geringsten Temperaturen.

Das Rauschen von Lawinen Durchbruch Dioden (Avalanche Dioden)

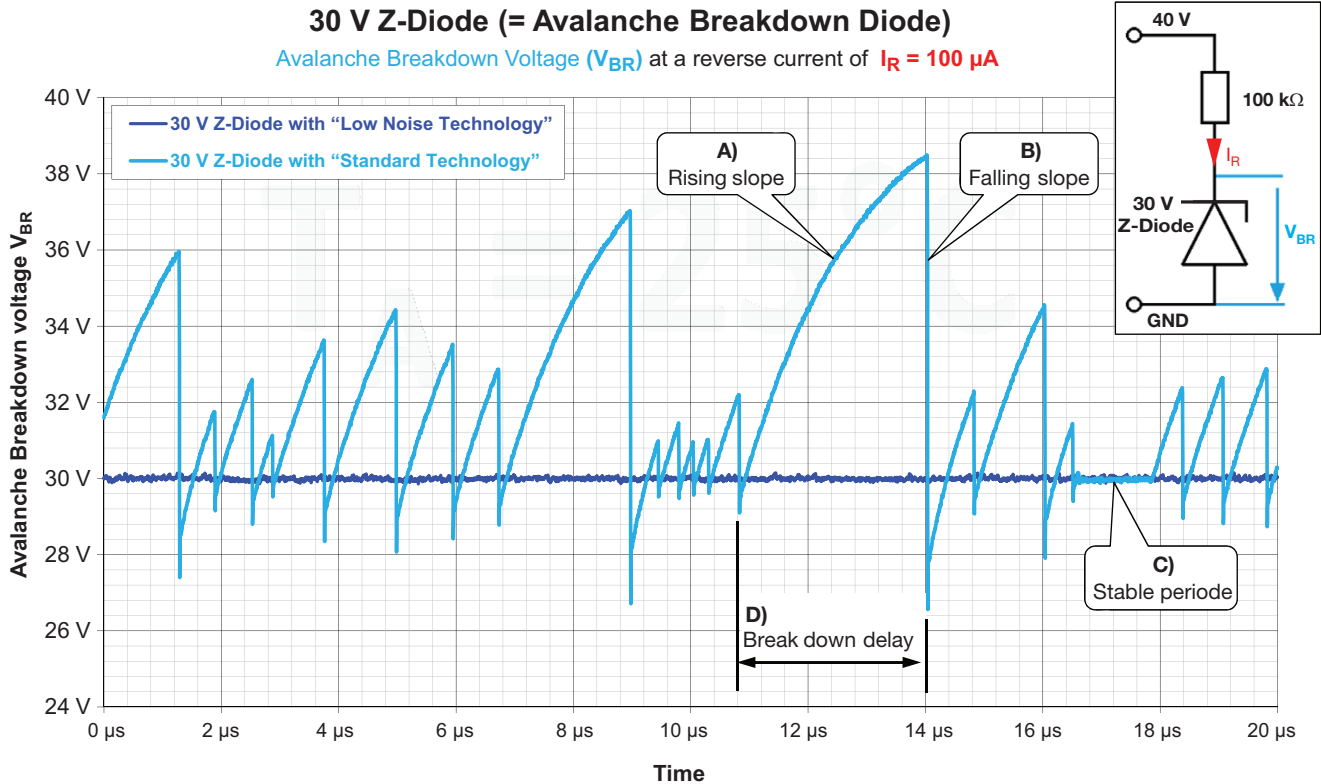


Bild 1 - Durchbruchspannung einer Z-Diode mit und ohne "Low Noise Technology"

Notes

Bild 1 zeigt die Durchbruchspannung zweier Z-Dioden mit einer Durchbruchspannung von 30 V gemessen bei einem Sperrstrom von 100 μA . Die eine wurde mit einer Standard Technologie mit sehr kleinem Leckstrom hergestellt, die andere mit der "Low Noise Technologie". Während die Z-Diode mit Low Noise Technologie einen konstanten Spannungsverlauf zeigt, ist die Spannung der anderen Diode sehr instabil:

- A) Während die Spannung ansteigt ist die Diode gesperrt. Der Spannungsverlauf ergibt sich durch das Aufladen der Dioden- und Leitungskapazität über den Vorwiderstand.
- B) Sobald ein freies Elektron in der Raumladungszone eine Lawine auslöst, bricht die Spannung schlagartig unter den Durchbruchspannungspegel von 30 V zusammen, so dass die Lawine sofort wieder zum Erliegen kommt.
- C) Nur manchmal kann für kurze Zeit ein konstanter Lawinenstrom aufrecht erhalten werden bevor der Lawinenstrom erneut abbricht und die Spannung wieder ansteigt.
- D) Die Durchbruchverzögerung (break down delay) ist ein statistischer Prozess, bei dem die Zeiten zwischen zwei Durchbrüchen nicht vorhersehbar ist. Die mittlere Verzögerungszeit korreliert jedoch mit dem Leckstrom der Z-Diode: Je höher der Leckstrom, desto kürzer die Durchbruch-Verzögerungszeit

NEUE Z-DIODEN GENERATION MIT VERBESSERTEM RAUSCHVERHALTEN

Die neue Generation von Z-Dioden der SMF-, BZD27-, BZG03-, BZG04-, BZG05-, PLZ- und VTVS-Serien tragen diesem Verhalten Rechnung. Durch einen moderat erhöhten Leckstrom ($I_R \sim 10 \text{ nA}$) wird die Auslösewahrscheinlichkeit für einen Lawinendurchbruch deutlich erhöht und das Rauschen entsprechend minimiert. Dies bedeutet für den Anwender eine stabilere Durchbruchspannung bei kleinen Strömen (unter $\sim 1 \text{ mA}$) und eine schnelleres Durchbrechen bei schnell ansteigenden Sperrspannungen.

Haben sie Fragen oder Anregungen zu diesem Thema?
Dann schicken sie uns eine E-mail: Diodes@vishay.com