

3



Ionisierende Strahlung und deren negativer Einfluß auf die elektrischen Eigenschaften von Koaxial-Kabeln

Zum Autor Dr. Michael Kuntzsch

vom Institut für Strahlenphysik am Helmholtz Institut Dresden. Mitinhaber des Technologie- und Innovationspreis 2015 für Synchronisation und Timing an der Strahlungsquelle ELBE für die Untersuchung dynamischer Prozesse mit IR- und THz-Strahlung sowie für die Synchronisation von Elektronenstrahl und Hochleistungslaser-Pulsen bei der Erzeugung von Röntgenstrahlen durch Thomsonstreuung

So entwickelten und realisierten Dr. Michael Kuntzsch und Andreas Schwarz ein System, mit dem sie die Ankunftszeit der Elektronenpulse mit einer Genauigkeit von wenigen Femtosekunden messen können. Dieser Ankunftszeit-Monitor erfasst die zeitlichen Schwankungen der erzeugten Elektronenpulse und gibt die Informationen an die nachfolgenden Experimente weiter.

Zum Autor Stefan Burger

erhielt 1986 sein Diplom als Ingenieur (FH) von der University of Applied Science, Offenburg. Bis 1990 blieb er als wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Universität und wechselte dann in die Forschungs- und Entwicklungsabteilung von Endress + Hauser in Maulburg.

Dort war er bis 2001 in die Entwicklung der Füllstandmessgeräte auf RADAR Basis eingebunden und unter anderem für die Betreuung der RADAR Module, die Entwicklung von Antennen und druckfesten HF-Durchführungen verantwortlich.

Danach arbeitete er von 2001 bis 2011 bei Panasonic Electronic Devices in Lüneburg an Filtern und Duplexern für Basis Stationen, SAW Filtern und war für die Life Time und Power Durability Simulation zuständig.

Im Jahr 2012 gründete er in Hampton, Australien, sein eigenes Unternehmen Delta Gamma Consultant (www.delta-gamma.com). Seit 2014 ist er als exklusiver Berater im Bereich HF- und Mess-Technik für das Unternehmen el-spec GmbH, Geretsried tätig.

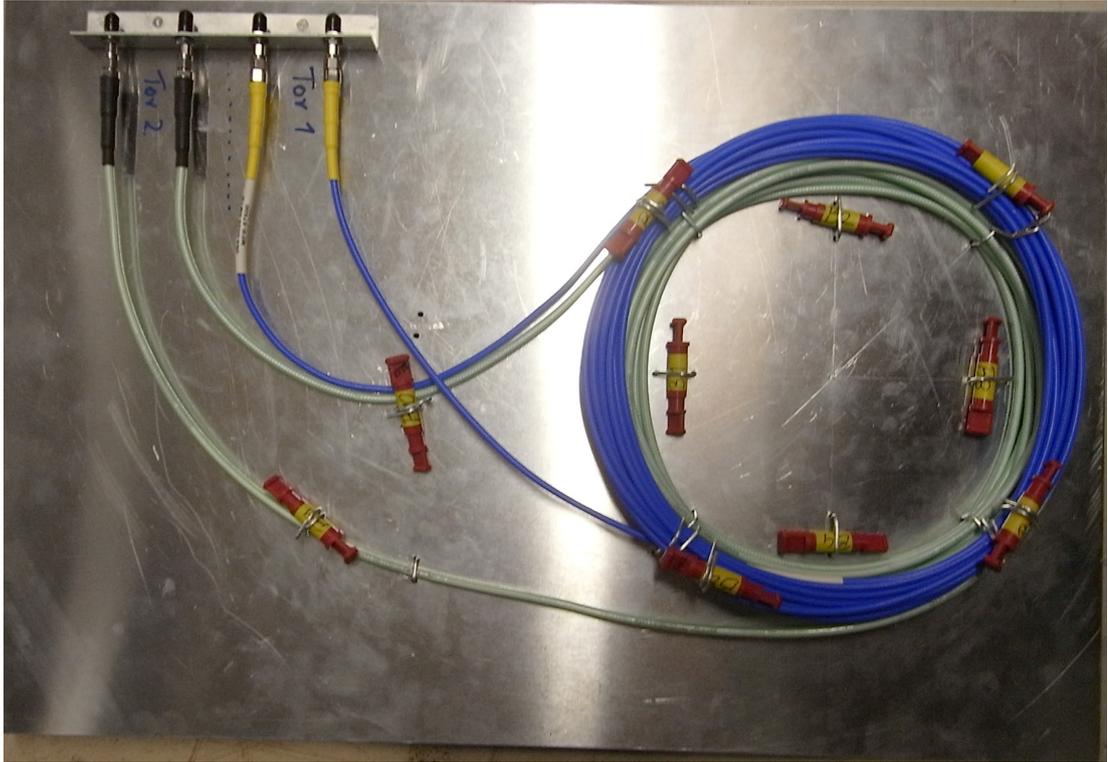
3

Ionisierende Strahlung und deren negativer Einfluß auf die elektrischen Eigenschaften von Koaxial-Kabeln

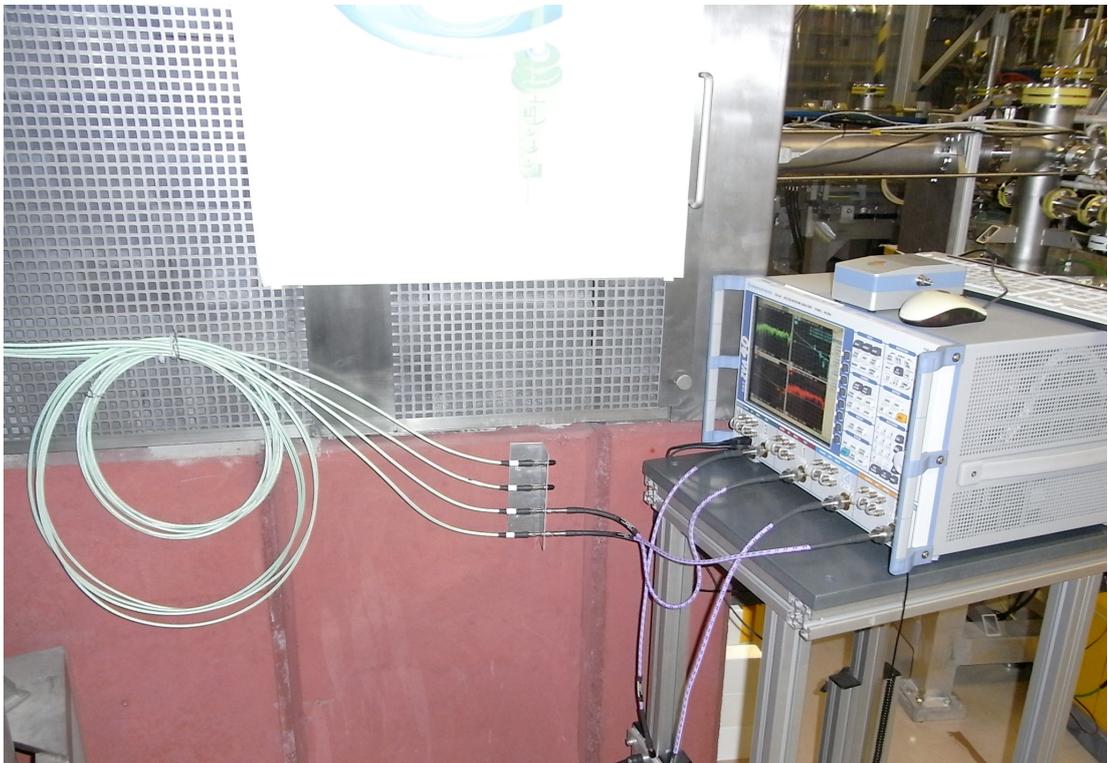
Dipl. Ing. (FH) Stefan Burger | DeltaGamma RF-Expert
Dr. Michael Kuntzsch, Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf

Inhalt

Einleitung.....	5
Aufbau.....	5
Messungen.....	7
Dämpfungs-Modell.....	7
Kurvenanpassung.....	8
Impressum.....	11



(a) Kabel im Test (CUT – Cable under Test)



(b) Mess-Aufbau

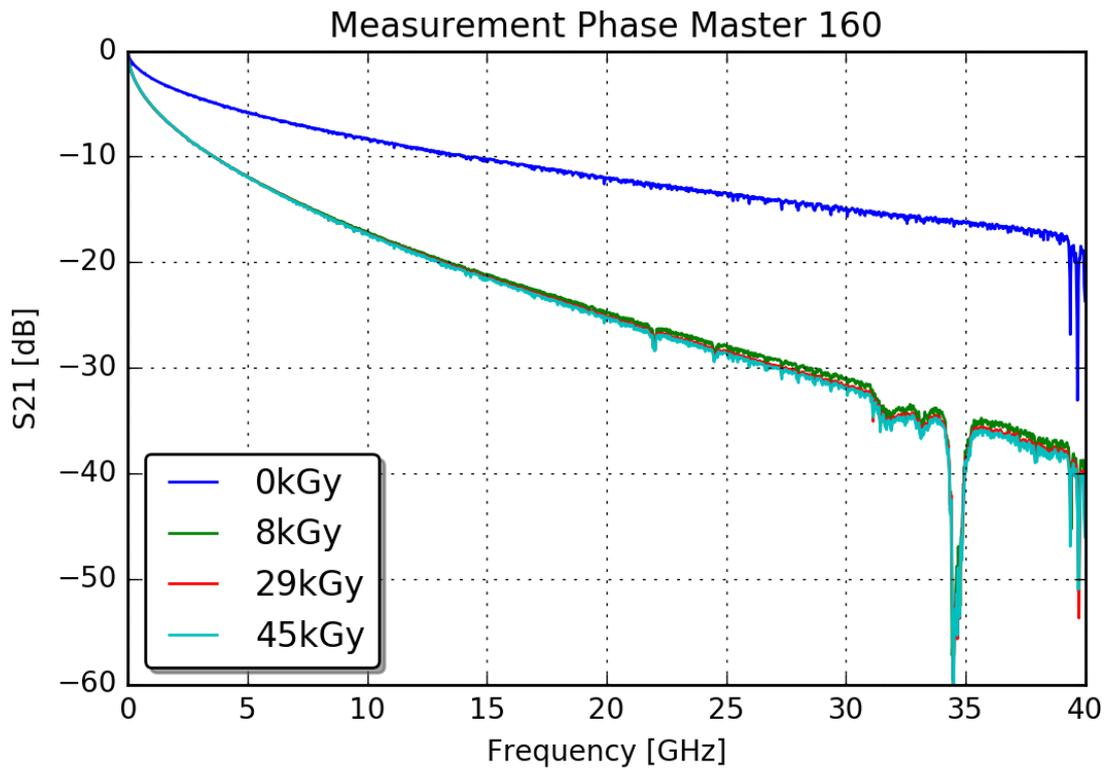
Abbildung 1: Test-Aufbau

Einleitung

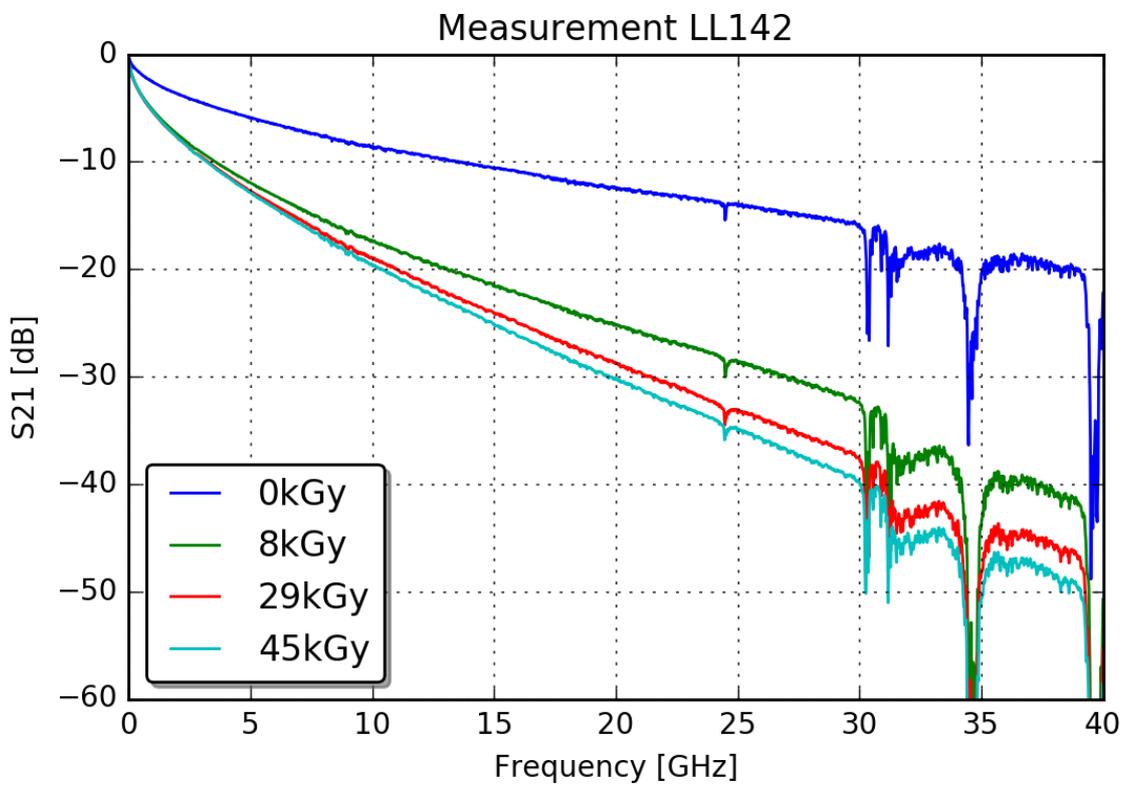
Am Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf (HZDR) wurden zwischen Oktober 2015 und Oktober 2016 zwei Typen von Koaxial-Kabeln einer ionisierenden Strahlung ausgesetzt. Das erste Muster war ein 8 Meter langes Kabelstück Teledyne Storm Microwave Phase Master® 160; das zweite Muster bestand aus 10m des Kabels Harbour Industries LL142. Beide Kabel waren rückseitig auf einer Strahlenfalle des ELBE FEL (U100) montiert und mittels jeweils zwei 5m langen Patchkabeln LL142 angeschlossen. In dieser Position waren die Kabelmuster einer Gamma-Strahlung ausgesetzt, die durch die abgebremsten Elektronen in der Strahlenfalle erzeugt wurde (die sogenannte „Bremsstrahlung“). Beide Proben wurden zur selben Zeit an dieser Position angebracht und erfuhren deswegen auch die gleiche Bestrahlung.

Aufbau

Die beiden Kabel waren rückseitig auf der Strahlenfalle des ELBE FEL (U100) installiert. Zwei Kabeltypen waren auf einer Metallplatte aufgebracht: das Harbour Industries - LL142 (grün) und das Teledyne Storm Microwave - Phase Master® 160 (blau). Die Muster sind beidseitig mittels 5m langen Harbour Industries LL142 Kabeln mit einer ausserhalb des Strahlungsfeldes befindlichen Verbindungstafel verbunden (Abb. 1). Der Strahlungspegel wurde on-line mit einem Multidos Dosimeter gemessen, zusätzlich wurden zur genaueren Erfassung 10 Alanine Messsonden an den Kabeln angebracht. Die Messsonden können nur off-line nach Entfernung der Kabel aus dem Strahlungsfeld abgelesen werden. Die elektrischen Eigenschaften der Muster wurden periodisch mit einem Vektor-Netzwerk-Analysator (Rohde & Schwarz ZVA40) aufgezeichnet.



(a) PM160



(b) LL142

Abbildung 2: Übertragungsmessung bis zu 40 GHz

Messungen

Die sich ergebenden Messdaten zeigen Dämpfungspitzen des LL142 Kabels oberhalb von 30 GHz (Abb. 2). Zur Vermeidung von Fehlinterpretationen wurde die Analyse mit den Daten bis zu 30 GHz durchgeführt. Das Phase Master® 160 Kabel weist in sich Dämpfungspitzen ab 39 GHz auf und könnte bis zu dieser Frequenz untersucht werden. In Verbindung mit den LL142 Patchkabel zeigten sich aber ähnliche Dämpfungspitzen beim Phase Master 160 Aufbau.

Eine endgültige Datenauswertung kann deswegen erst nach dem letzten Versuchslauf geschehen, wenn die Muster ohne Patchkabel zur Vermessung kommen. Die ersten Messungen an den Kabeln wurden ohne Strahlungseinwirkung (Abb.2, 0kGy) und ohne Patchkabel durchgeführt. Demzufolge ist die Dämpfung geringer als die Dämpfung mit dem Patchkabel.

Dämpfungs-Modell

Aus den Werten für die Kabel-Abmessungen, die Metallisierungen und des verwendeten Dielektrikums lässt sich die Übertragungseigenschaften berechnen. Die Abmessungen des Phase Master® 160 waren nicht verfügbar, weshalb die allgemeinübliche Gleichung für die Einfügedämpfung verwendet wurde, um die Eigenschaften zu extrahieren.

$$IL = l \cdot (K1 + \sqrt{f} + K2 \cdot f) \quad (1)$$

IL : Einfügedämpfung [dB]

f : Frequenz [GHz]

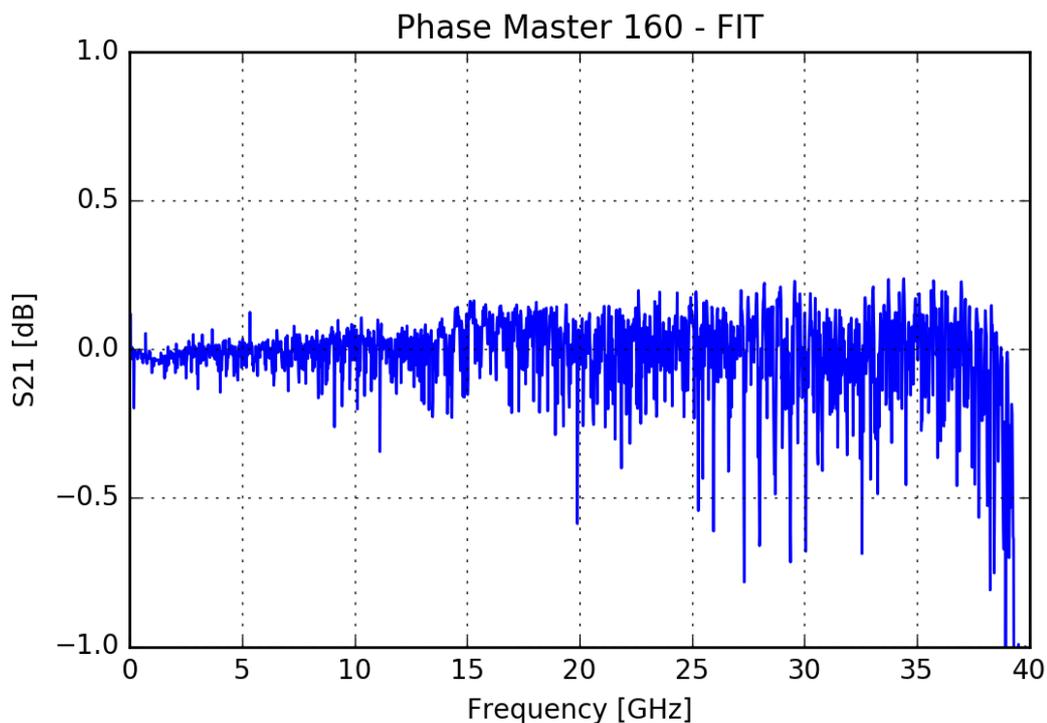
K1 : Faktor für ohmsche Verluste

K2 : Faktor für Verluste im Dielektrikum

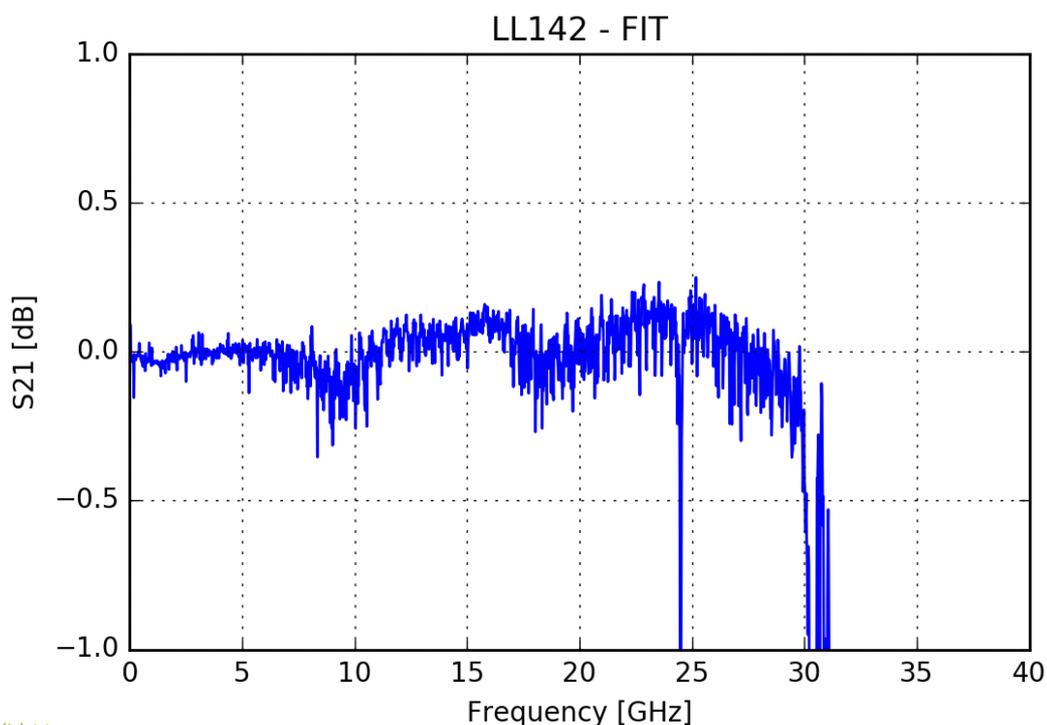
K1 and K2 für die Patchkabel wurden aus der ersten Messung des LL142 Kabels (ohne Patchkabel) gewonnen und für die Analyse verwendet. Dabei wurde angenommen, dass die Patchkabel ausserhalb der Strahlung positioniert waren und deshalb keiner Verschlechterung der Eigenschaften unterworfen waren. Die abschliessenden Messungen der Kabel nach der Entfernung aus der Strahlung wird zeigen, ob diese Annahme richtig war. Ein Python-Programm, das die nichtlineare kleinste-Fehlerquadrat-Methode anwendet, dient zur Anpassung der Parameter K1 und K2.

Kurvenanpassung

Die Anpassung wurde mit den Messdaten für die Kabel Phase Master® 160 und LL142 im Frequenzbereich 0 - 30 GHz durchgeführt. Die gerechnete Kurve stimmt bis auf 0.1 dB mit den gemittelten Messdaten ohne Strahlungseinwirkung überein. Das Phase Master® 160 weist ein stärkeres Rauschen auf, während das LL142 etwas Welligkeit in der Dämpfung zeigt (Abb. 3).



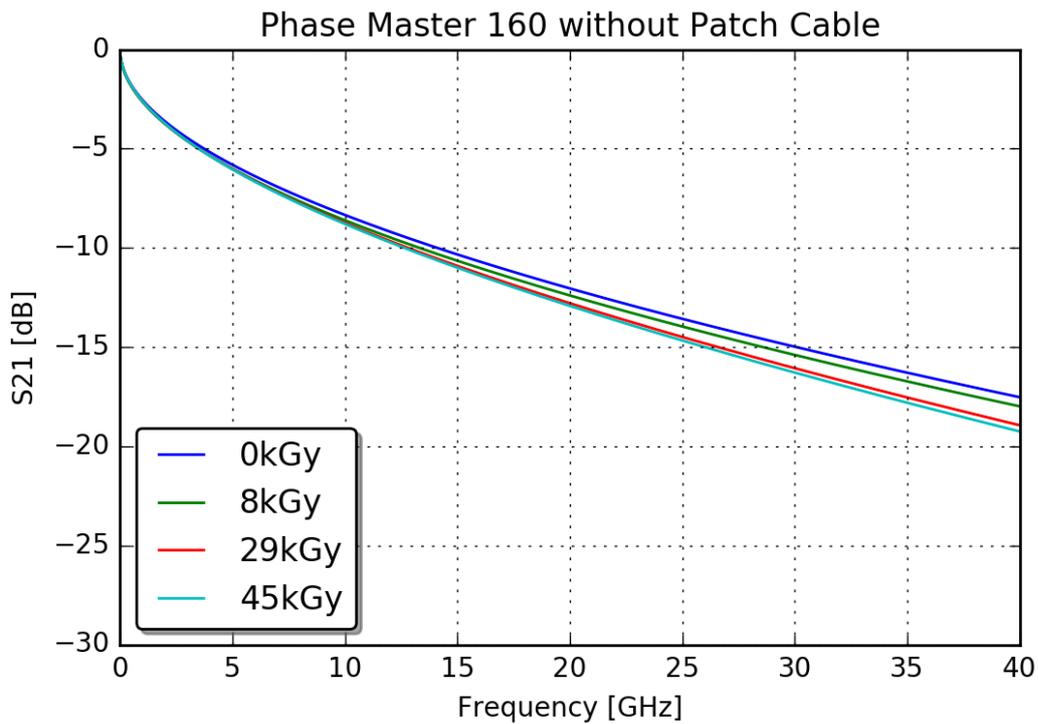
(a) PM160



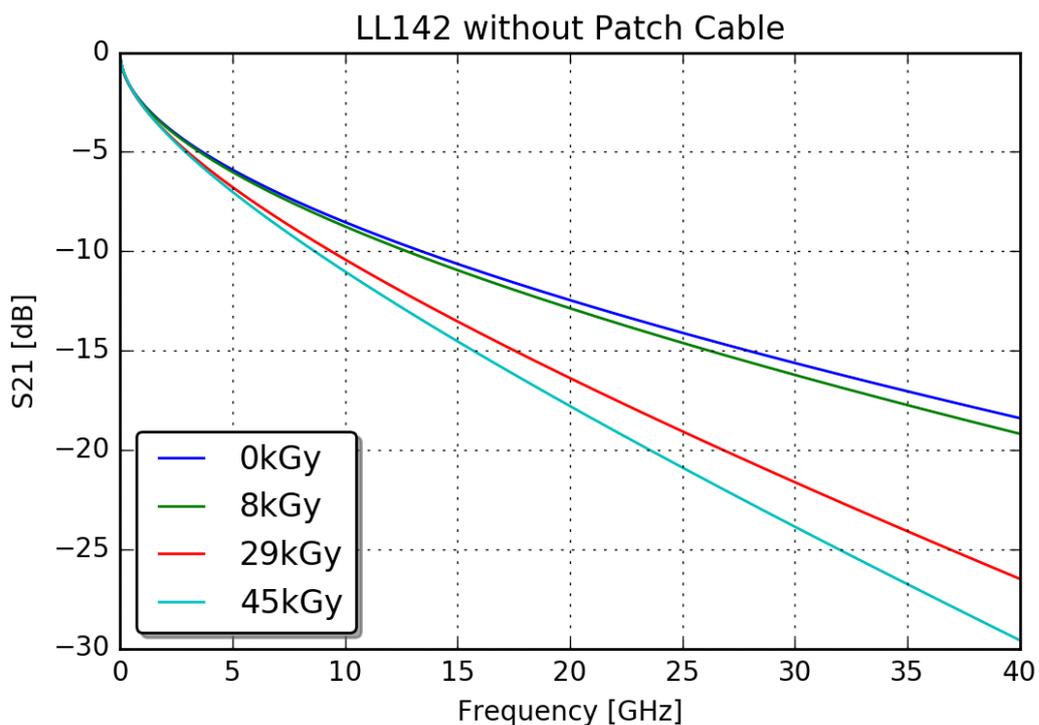
(b) LL142

Abbildung 3: Unterschied zwischen Modell und Messung bis zu 40 GHz

Abb. 4 zeigt die optimierten Kurven bis zu 40 GHz (ohne Berücksichtigung der Patchkabel). Während die Dämpfung des Phase Master® 160 nur leicht zunimmt, wächst die des LL142 um etwa 10 dB nach der Bestrahlung. Dieser Unterschied lässt sich mit den K1- und K2-Werten beider Kabel erklären (Abb. 5). K1 (für die ohmschen Verluste) bleiben nahezu konstant, K2 (für die Verluste im Dielektrikum) nehmen aber mit der Strahlungs-Dosis zu. Beim PM 160 verdoppelt sich M2. Beim LL142 ist M2 hingegen bei gleicher Dosis beinahe um Faktor 8 größer.



(a) PM160



(b) LL142

Abbildung 4: Interpolation des CUT ohne Patchkabel bis zu 40 GHz



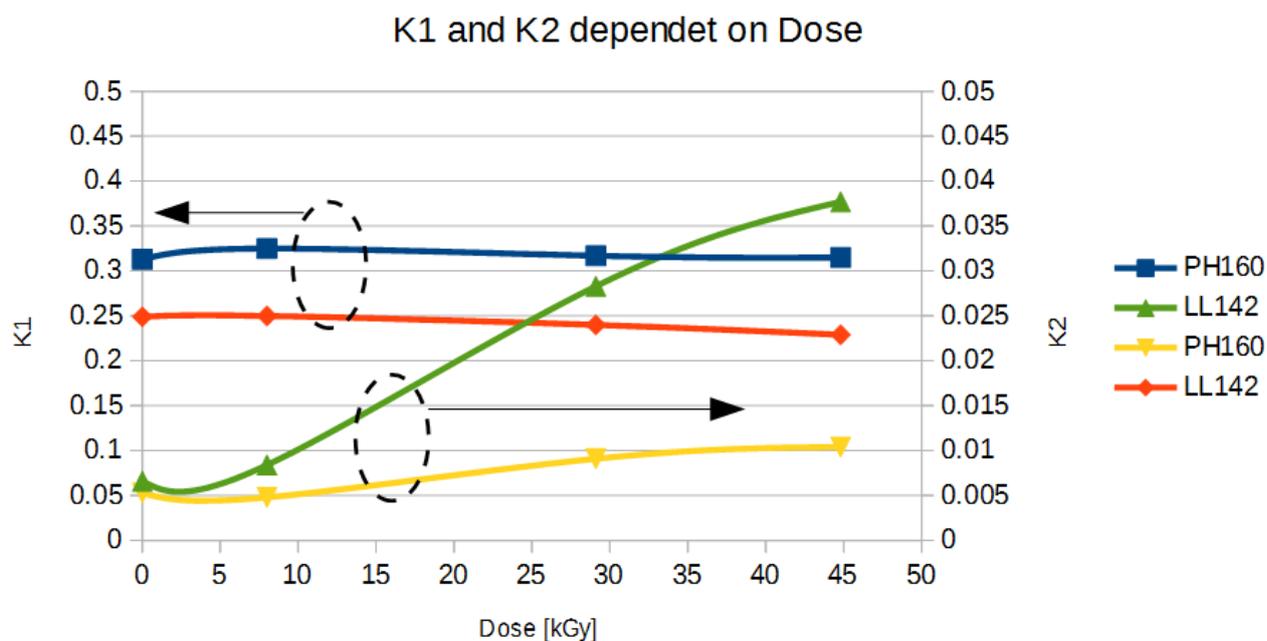


Abbildung 5: Koaxial-Kabel Parameter abhängig von der Verstrahlungsdosis

Impressum

©copyright 2016 by el-spec GmbH

Konzept, Test & Abbildung: Stefan Burger, DeltaGamma RF-Expert, Melbourne, Australien

und Dr. Michael Kuntzsch, Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf

Layout & Design: Udo Klünsch | kpr kommunikation, Geretsried

Fotos: Udo Klünsch | kpr kommunikation

alle - ausser Seite 4 – ©Kuntzsch, 10 – ©TSM

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwendung ist ohne Zustimmung der Firma el-spec GmbH unzulässig und strafbar. Insbesondere gilt dies für Vervielfältigungen, Übersetzungen und Einspeicherung in elektronische Systeme..

el-spec GmbH

Lauterbachstr. 23c

82538 Geretsried-Gelting

T.: +49 81 71 43 57-21/-22

F.: +49 81 71 43 57-99

info@elspecgroup.de

Geschäftsführer: Thomas Weber

www.elspecgroup.de

Notes



Notes



Notes



Notes





el-spec GmbH
Lauterbachstr. 23c
82538 Geretsried-Gelting, Germany
Tel. +49 (0) 8171-4357-23
Fax +49 (0) 8171-4357-99
sales@elspecgroup.de
www.elspecgroup.de