



FOLIEN- UND 3D-DOSIMETRIE FÜR DIE ÜBERWACHUNG VON ELEKTRONENSTRAHLPROZESSEN

M. Sc. Manuela Reitzig, M. Sc. Jens Antons, Dr. Jörg Opitz, Dr. Christiane Schuster, Dr. Thomas Härtling

Die Sterilisation von Oberflächen mittels Elektronenstrahl im Niedrigenergie-Bereich (E beam) ist z. B. beim aseptischen Verpacken von Produkten wichtig. So können hochempfindliche Medizinprodukte, Oberflächen von Lebensmittelverpackungen, thermolabile Kunststoffe, sensitive Elektronik oder funktionale biologische Materialien sterilisiert werden. Bislang existiert jedoch keine In-situ-Methode, um eine erfolgreiche Elektronenstrahl-Sterilisation nachzuweisen, was die Qualitätssicherung sehr teuer macht.

Am Fraunhofer IKTS wurde ein Verfahren entwickelt, das den Erfolg der Sterilisation zuverlässig und orts aufgelöst prüft. Dafür werden pulverförmige anorganische Leuchtstoffe eingesetzt, die ihre optischen Eigenschaften im Zuge der Elektronenbestrahlung ändern. Diese Leuchtstoffe zeigen als Reaktion auf optische Anregung, z. B. durch Laserbestrahlung, eine ausgeprägte Lumineszenz. Besonders interessant sind dafür die sogenannten Aufwärtskonversionsmaterialien. In dieser Stoffklasse bewirkt das elektronische Zusammenspiel von Wirtskristallgitter und Dotierung, dass nach der Absorption zweier niederenergetischer Lichtquanten (Photonen) ein höherenergetisches Quant emittiert wird. Auf diese Weise wird Infrarotlicht (IR) im Kristallgitter in sichtbares Licht umgewandelt.

Die Nachleuchtzeit der keramischen Leuchtstoffe gibt Auskunft über die mittels Elektronenstrahl eingebrachte Strahlungsdosis. Bild 1 zeigt die optische Antwort nach Anregung der Pigmente mit einem kurzen Lichtpuls. Nach dem Energieeintrag durch den Sterilisationsprozess ist eine klare Reduktion der Lumineszenzlebensdauer τ zu beobachten, die in ihrer Ausprägung abhängig von Wirtsgitter und Dotierung ist. Mit zunehmend applizierter Strahlungsdosis reduziert sich die Lumineszenzlebensdauer weiter.

Indem die anorganischen Pigmente direkt in Verpackungsmaterialien (z. B. Kunststofffolien) integriert oder auf die Oberfläche von Testkörpern aufgebracht werden, ist eine Qualitäts-

kontrolle des Bestrahlungsvorgangs möglich. In der Entwicklungsarbeit zeigte sich, dass die physikalische Integration mittels Compoundierung aufgrund der Anwendungsnähe am besten geeignet ist.

Mit anorganischen Leuchtstoffen versetzte Folien werden am Fraunhofer IKTS als Dosimeterfolien für den Nachweis von Elektronen- und Gammastrahlung eingesetzt (Bild 2). Darüber hinaus ist auch die Beschichtung von dreidimensionalen Testkörperoberflächen mit den Pigmenten möglich. Dies ermöglicht beispielsweise die dosimetrische Untersuchung komplizierter Oberflächen, etwa Schraubgewinden an Lebensmittelverpackungen. Solche Oberflächen mit feinen Strukturen stellten für Dosismessstreifen bisher eine große Herausforderung dar.

Neben der hohen lateralen Dosisauflösung liegt ein großer Vorteil der anorganischen Pigmente im weiten Dynamikbereich der Reaktion auf die eingebrachte Dosis (bis > 100 kGy; höchste Empfindlichkeit bis 25 kGy). Außerdem kann die Abfrage der Lumineszenz sofort erfolgen, d. h. ohne weitere Aufbereitung der Dosimeterfolie oder der beschichteten Oberfläche. Damit kann das Verfahren direkt in situ in Bestrahlungsanlagen eingesetzt und zur Prozesssteuerung genutzt werden. In speziellen Fällen kann sogar lokal nachsterilisiert werden.

Im Hinblick auf stetig steigende Ansprüche an die Qualitätssicherung weisen anorganische Leuchtstoffe somit mehrere deutliche Vorteile gegenüber herkömmlichen Dosismessverfahren auf.

1 Abhängigkeit der Lumineszenzlebensdauer τ von der applizierten Strahlungsdosis.

2 Verpackungsmaterial mit integrierten anorganischen Pigmenten unter Infrarotanregung.