

Kalorimetrischer Sensor für Mikropartikel im Weltraum

Dr. Michael Kobusch¹, Dr. Frank Jäger¹, Dr. Karl-Dietrich Bunte²

¹Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB)
Bundesallee 100, 38106 Braunschweig, michael.kobusch@ptb.de

²eta_max space GmbH, Braunschweig

Der Vortrag präsentiert einen neuartigen kalorimetrischen Messaufbau für die in-situ-Detektion von mikrometergroßen Partikeln im Weltraum. Die Entwicklung des Sensors erfolgte im Rahmen einer von der Europäischen Weltraumbehörde ESA/ESTEC herausgegebenen internationalen Studie zur Bewertung und Verbesserung der in-situ-Sensorik für Mikropartikel, die mit Geschwindigkeiten von etwa 10 km/s auf eine Messfläche einschlagen. Die Motivation für derartige Messungen ist die Erweiterung und Verbesserung der Datenbasis zum Zwecke der Modellierung des von kleinen natürlichen und künstlichen Partikeln ausgehenden Gefährdungspotenzials. Insbesondere der durch menschliche Weltraumaktivitäten in den erdnahen Weltraum eingebrachte Weltraummüll (Space Debris) stellt eine mittlerweile nicht mehr zu vernachlässigende Gefahr dar.

Das Messprinzip des kalorimetrischen Sensors basiert auf der Umwandlung der kinetischen Energie des einschlagenden Partikels in eine messbare Erwärmung des Targetmaterials. Der hier vorgestellte Energiesensor AIDA-cal stellt im zweistufigen Detektorkonzept AIDA (Advanced Impact Detector Assembly) die zweite Messstufe dar. Eine von dem einschlagenden Partikel zuvor zu durchfliegende erste Messstufe soll mit Hilfe von Laserlichtvorhängen mit Streulichtdetektion zusätzliche Information zur vektoriellen Geschwindigkeit liefern.

Der entwickelte Energiesensor besitzt eine quadratische Targetfläche von etwa 6 cm x 6 cm Größe, die zur Erzielung einer hohen Messempfindlichkeit auf insgesamt 256 einzelne Sensoren aufgeteilt ist. Jedes Kalorimeterelement besteht aus einer metallischen Energieabsorberfolie und einem darunter befindlichen Thermopile. Bei vorgegebener Elementgröße sind Empfindlichkeit und Energiemessbereich des kalorimetrischen Sensors eine Funktion der Absorberdicke. Zur Optimierung der Messeigenschaften wurde der kalorimetrische Sensor mit Hilfe von Finite-Elemente-Methoden modelliert und untersucht. Der gefertigte Messaufbau verwendet ein eigens hierfür entwickeltes 16 x 16 Thermopile-Array des IPHT Jena, das mit einem geometrisch passenden Absorberfeld bestückt wird. Die mittels Laserablation geschnittenen Absorber haben eine Dicke von wenigen Mikrometern und sind an ihren Ecken zwecks besserer Handhabung miteinander verbunden. Um den Bauteilaufwand für die Filterelektronik und Messverstärker zu halbieren, wurden je zwei Thermopile-Sensoren elektrisch gegensinnig verschaltet. Die entwickelte Messelektronik tastet jeden der insgesamt 128 Kanäle quasi-parallel mit typischerweise 75 Messungen pro Sekunde ab, und die Rohdaten werden an einen Auswerterechner übertragen. Mit den gefertigten Kalorimeterelementen erstreckt sich der Messbereich für thermische Energiepulse von ca. 10 nJ (Rauschgrenze) bis 60 µJ.

Die lineare Messcharakteristik des kalorimetrischen Sensors wurde mittels Hochgeschwindigkeitsbeschüssen am Staubbeschleuniger des MPI für Kernphysik in Heidelberg erfolgreich bestätigt. Die Tests erfolgten mit Eisenpartikeln von 0,4 µm bis 3 µm Durchmesser und Geschwindigkeiten von 1,3 km/s bis 10 km/s.