

Optische Simulation einer Strahlungsheizung

Martin Palme, Stefan Riehemann,
Alexander Horst¹, Dmitri Souptel¹, Günter Behr¹

¹ Leibniz-Institut für Festkörper- und Werkstofforschung, Dresden



Martin Palme



Stefan Riehemann



Alexander Horst



Dmitri Souptel



Günter Behr

Das Leibniz-Institut für Festkörper- und Werkstofforschung (IFW) Dresden betreibt für die Kristallzüchtung eine Hochdruckzonenschmelzanlage mit Strahlungsheizung. Diese Anordnung basiert auf einer modifizierten Anlage russischer Produktion (Typ URN-2ZM des Moscow Power Engineering Institute) und besteht aus zwei elliptischen Spiegeln, die einen gemeinsamen Brennpunkt besitzen. In dem zweiten Brennpunkt des unteren Spiegels befindet sich eine 5000 W Osram XBO Lampe mit Hohlspiegelreflektor, im zweiten Brennpunkt des oberen Spiegels die Schmelzzone in einem Quarzglaszylinder /1/, /2/. Für eine Weiterentwicklung dieser Hochdruckzonenschmelzanlage war es notwendig, die bestehende Anordnung zu analysieren. Diese Analyse sollte mit den Mitteln des optischen Re-Designs und der optischen Simulation durchgeführt werden. Ziel der Untersuchungen war die Bestimmung der räumlichen Verteilung der Strahlungsleistung im Bereich der Schmelze.

Auf der Grundlage von Messdaten zur Spiegelgeometrie und den mechanischen Konstruktionsdaten der Anlage wurde ein optisches Modell der Strahlungsheizung in der Software ZEMAX erstellt (siehe Abb. 1). Als Lichtquelle wurde eine 5000 W Osram XBO Lampe modelliert. Das leuchtende Plasma der Lampe wurde hierbei aus zwei Berei-

chen unterschiedlicher Strahlungsleistung zusammengesetzt (siehe Abb. 2, links), was sich als hinreichend genau zur Reproduktion der realen Strahllichtdichteverteilung (siehe Abb. 2, rechts) erwies.

Um die resultierenden Verteilungen im Schnitt und auf der Oberfläche der Schmelzzone simultan zu erfassen, wurden bis zu 60 unterschiedliche Detektorflächen auf der Zylinderoberfläche der Schmelze definiert und während der Berechnung ausgewertet. Die Strahlungsverteilung auf der Zylinderoberfläche ist in Abb. 3 zu sehen. Deutlich sind Abschattungen durch die Zylinderaufhängungen zu erkennen. Es werden Maximalwerte der Bestrahlungsstärke von knapp 60 W/cm² erreicht. Mittels der beschriebenen Methoden konnten ebenfalls die Einflüsse der Justagetoleranzen der einzelnen Komponenten der Anlage auf die Verteilung und den Maximalwert der Strahlstärke ermittelt werden.

Literatur:

- /1/ Souptel, D.; Behr, G.; Balbashov, A.M.: „SrZrO₃ single crystal growth by floating zone technique with radiation heating“, J. Crystal Growth 236 (2002) 583–588.
- /2/ Souptel, D.; Behr, G.; Ivanenko, L.; Vinzelberg, H.; Schumann, J.: „Floating zone growth and characterization of semiconducting Ru₂Si₃ single crystals“, J. Crystal Growth 244 (2002) 296–304.

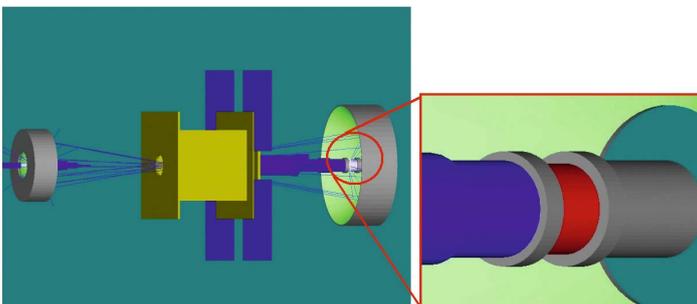


Abb. 1:

Optisches Modell der Hochdruckzonenschmelzanlage mit zwei elliptischen Spiegeln (hellgrüne Flächen), die einen gemeinsamen Brennpunkt besitzen. In dem zweiten Brennpunkt des linken Spiegels befindet sich die XBO Lampe mit Hohlspiegelreflektor, im zweiten Brennpunkt des rechten Spiegels die Schmelzzone in einem Quarzglaszylinder (roter Bereich im rechten Bild).

Fig. 1:

Optical Model of the high pressure floating zone installation with two elliptical mirrors (light green areas), which have a common focal point. In the second focal point of the left mirror the XBO lamp with a spherical reflector is placed, in the second focal point of the right mirror the melting zone is placed within a quartz cylinder (red area in the insertion).

Optical simulation of a radiation heating

Martin Palme, Stefan Riehemann,
Alexander Horst¹, Dmitri Souptel¹, Günter Behr¹

¹Leibniz-Institut für Festkörper- und Werkstofforschung, Dresden

The Leibniz Institute for Solid State and Materials Research (IFW) Dresden utilizes a high pressure floating zone installation for crystal growth. This installation is based on a modified system of Russian origin (Type URN-ZZM of the Moscow Power Engineering Institute). It consists of two elliptical mirrors, which have one common focal point. A 5000 W Osram XBO lamp with a spherical reflector is placed at the second focal point of the lower mirror, and at the second focal point of the upper mirror the melting zone is located within a quartz cylinder /1/, /2/. For further development of this high pressure floating zone installation it was necessary to perform a detailed analysis of its present status. This was performed by optical re-design and simulation. The goal of these investi-

gations was to estimate the spatial distribution of the radiant flux on the surface of the melting zone. Based on measurements of the mirror geometry and on mechanical construction drawings, an optical model of the radiation heating was established in the optical design software, ZEMAX (see Fig. 1). A 5000 W Osram XBO lamp, which served as a light source, was modeled. The radiating plasma of this lamp was formed out of two areas with different radiant flux (see Fig. 2, left). In this way, a realistic reproduction of the lamps far field radiance distribution was achieved (see Fig. 2, right).

To determine the resulting radiance distributions on the surface of and perpendicular to the melting zone simultaneously, up to 60 different detector areas were defined and

evaluated. The resulting distribution on the surface of the melting zone can be seen in Fig. 3. Shadowed areas caused by mechanical mountings are clearly identifiable. The irradiance reaches maximum values of about 60 W/cm². Using these methods the influence of mounting tolerances of all components on radiance distribution and the maximum value of irradiance were also clearly outlined.

References:

- /1/ Souptel, D.; Behr, G.; Balbashov, A.M.: „SrZrO₃ single crystal growth by floating zone technique with radiation heating“, J. Crystal Growth 236 (2002) 583–588.
- /2/ Souptel, D.; Behr, G.; Ivanenko, L.; Vinzelberg, H.; Schumann, J.: „Floating zone growth and characterization of semiconducting Ru₂Si₃ single crystals“, J. Crystal Growth 244 (2002) 296–304.

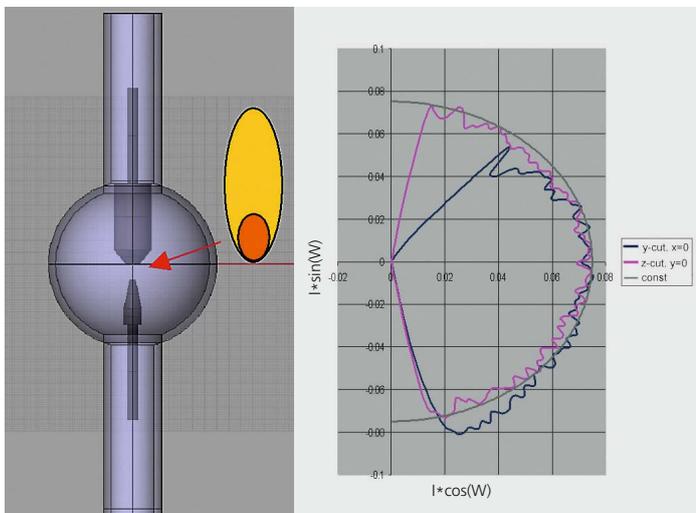


Abb. 2: Optisches Modell der XBO Lampe auf Grundlage des mechanischen Aufbaus und einem 2-teiligen Plasma (links), rechts resultierende Strahldichtevertelung im Fernfeld (Indikatrix).

Fig. 2: Optical Model of the XBO lamp based on its mechanical setup and a 2-split plasma (left), on the right hand the resulting radiant intensity distribution in the far field (indicatrix) is lined out.

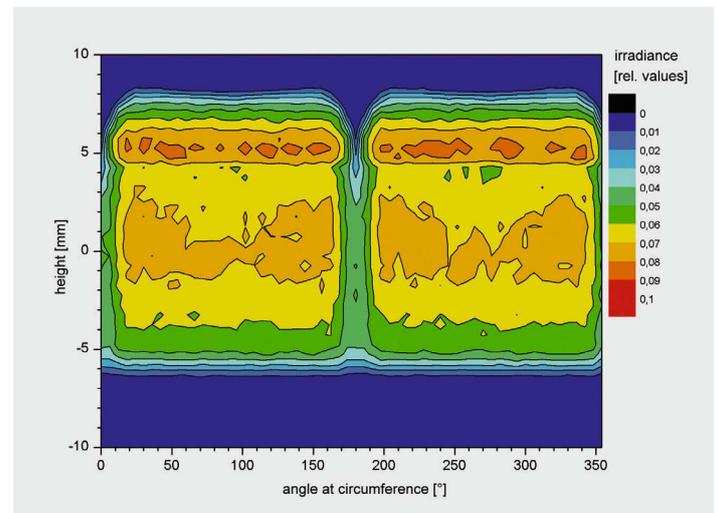


Abb. 3: Resultierende Bestrahlungsstärkeverteilung auf der Oberfläche der Schmelzzone.

Fig. 3: Resulting irradiance distribution on the surface of the absorbing melting zone.