

Si-Dotierung und weitere industrielle Anwendungen am FRM II

Heiko Gerstenberg, TU München - ZWE FRM II

Der FRM II ist ein schwerwassermoderierter Forschungsreaktor mit einer thermischen Leistung von 20 MW, der seit 2005 von der Technischen Universität München auf ihrem Campus in Garching betrieben wird. Auf Grund seines Designs mit nur einem einzigen kompakten Brennelement ist der FRM II optimal für die physikalische Grundlagenforschung mittels Strahlrohrexperimenten geeignet. Dennoch war es bereits seit der Projektphase erklärtes Ziel der TU München, den FRM II auch kommerziellen Interessenten für anwendungsorientierte Forschung, Isotopenproduktion, Si-Dotierung und medizinische Zwecke verfügbar zu machen.

Die bei Weitem am stärksten nachgefragte industrielle Anwendung des FRM II ist die P-Dotierung von Si durch Kernumwandlung, die sog. Neutronentransmutationsdotierung (NTD). Die NTD ist anderen Dotiertechniken insbesondere in Bezug auf die erzielbare Homogenität des Dotierprofils überlegen; NTD Si wird deshalb vorwiegend für Bauelemente mit hoher Leistungsaufnahme eingesetzt. Am FRM II wird die NTD in einer halbautomatischen Anlage (SDA) betrieben, die Si Stäbe bis zu einem Durchmesser von 200 mm und einer Stapelhöhe von 500 mm aufnehmen kann. Zur Gewährleistung der erforderlichen Homogenität ist die Bestrahlungsposition mit einer geeignet geformten Ni-Schicht als Neutronenabsorber ausgekleidet. Weiterhin werden die Si-Stäbe während der Bestrahlung rotiert und die Bestrahlungsposition der abbrandbedingten vertikalen Verschiebung des Neutronenfeldes nachgefahren. Auf Grund der hohen Nachfrage von Kunden aus Europa und Asien wird die SDA seit ca. 2 Jahren im Zweischichtbetrieb bedient, so dass im Jahr 2008 ein Gesamtdurchsatz von ca. 9,8 t Si erreicht wurde.

Weitere Bestrahlungsanlagen am FRM II sind für die Produktion von Isotopen wie z.B. Co-60 für die Industrie oder Lu-177 oder P-32 für die Medizin im Einsatz. Eine Standard-Rohrpostbestrahlungsanlage hauptsächlich für die Aktivierung von NAA Proben und eine einfache mechanische Bestrahlungsanlage für Kurzzeitbestrahlungen, zum Beispiel mit dem Ziel der Altersbestimmung von Mineralien nach dem fission track Verfahren zu ermöglichen, runden das Angebot des FRM II ab.

In Zukunft soll der Bestrahlungsdienst am FRM II um eine Anlage zur Bestrahlung von Urantargets erweitert werden, die der Produktion von Mo99/Tc-99m, den wichtigsten Isotopen in der nuklearmedizinischen Diagnostik, zugeführt werden sollen. Eine diesbezügliche Machbarkeitsstudie wurde im Juni 2009 in Zusammenarbeit mit der belgischen Firma IRE erfolgreich abgeschlossen.

Si-doping and further industrial applications of FRM II

Heiko Gerstenberg, TU München - ZWE FRM II

FRM II is a heavy water moderated research reactor exhibiting a thermal power of 20 MW. It is operated since 2005 by the Technische Universität München on its campus in Garching. Due to its design characterized by a single compact fuel element it is perfectly suited for basic physical research by means of neutron beam tube experiments. Nonetheless already since the project phase it was an important aim of the TU München to make FRM II available also to commercially interested parties for applied research, isotope production, Si-doping and medical applications.

The by far mostly requested industrial application of FRM II is the P-doping of Si by means of nuclear transmutation (neutron transmutation doping – NTD). As compared to other doping techniques the NTD process is preferable mainly because of the achievable high homogeneity of the doping profile; NTD Si is therefore mainly used in electronic components requiring a high power consumption. At FRM II NTD is carried out using a semiautomatic facility (SDA), which is suited for the irradiation of ingots with a maximum diameter of 200 mm and a maximum height of the stack of ingots of 500 mm. In order to guarantee the required homogeneity of the doping profile the irradiation position is equipped with a suitably shaped Ni layer acting as neutron absorber. In addition the Si ingots are rotated during irradiation and the irradiation position is adapted to the changing level of the neutron flux density with increasing burn-up of the fuel element during each reactor cycle. Thanks to the high request of customers from Europe and Asia SDA is operated since about 2 years in a 2-shift regime which allowed in 2008 a total throughput of Si of approximately 9.8t.

Further irradiation facilities at FRM II are used for the production of isotopes as e.g. Co-60 for industrial purposes, or Lu-177 or P-32 for medical applications. A standard pneumatic rabbit system mainly for the activation of NAA samples and a simple mechanical facility for short term irradiations, e.g. for the age determination of minerals using the fission track technique complete the available irradiation devices of FRM II.

In the future the FRM II irradiation service is foreseen to be extended by a facility for the irradiation of uranium targets, to be used for the production of Mo-99/Tc-99m, the most important isotopes in nuclear medical diagnostics. A corresponding feasibility study was completed successfully in June 2009 in collaboration between the TU München and Belgian IRE company.