

Diffusion in nanocrystalline magnetic materials

In this work the diffusion in dense and structurally stable nanocrystalline samples was studied without any influence of porosity, relaxation and migration of the grain boundaries. Soft and hard magnetic materials are used as a model system, because in these materials the self diffusion is important for the generation of the magnetic anisotropy. In the soft-magnetic nanocrystalline alloys $\text{Fe}_{73.5}\text{Si}_{13.5}\text{B}_9\text{Nb}_3\text{Cu}_1$ and $\text{Fe}_{90}\text{Zr}_7\text{B}_3$, the interfacial diffusion characteristics is determined by intergranular amorphous phases with strongly reduced diffusivities compared to grain boundaries in metals. Indication for a second fast interfacial diffusion path is found for nanocrystalline $\text{Fe}_{90}\text{Zr}_7\text{B}_3$. In $\text{Fe}_{73.5}\text{Si}_{13.5}\text{B}_9\text{Nb}_3\text{Cu}_1$ the Ge diffusion is much slower than the Fe-diffusion due to Fe_3Si nanocrystallites with D0_3 -ordering. The permanent magnetic material $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ exhibits an intergranular melting transition which is used for inducing a magnetic texture by hot deformation. Below this intergranular melting transition the product δD_B of interface diffusion coefficient D_B and interface thickness δ is similar to that in grain boundaries of coarse grained α -Fe. A strong increase of δD_B above the intergranular melting transition is observed.

Im Rahmen dieser Arbeit wurden Diffusionsmessungen an hochdichten und strukturell stabilen nanokristallinen Proben ohne störenden Einfluss von Restporosität, Relaxation und Korngrenzenwanderung durchgeführt. Als Modellsysteme wurden weich- und hartmagnetische Legierungen verwendet, weil die Selbstdiffusion in diesen Materialien für die Erzeugung magnetischer Anisotropie von Bedeutung ist. In den weichmagnetischen nanokristallinen Legierungen $\text{Fe}_{73,5}\text{Si}_{13,5}\text{B}_9\text{Nb}_3\text{Cu}_1$ und $\text{Fe}_{90}\text{Zr}_7\text{B}_3$ wird die Grenzflächenstruktur durch intergranulare amorphe Phasen bestimmt, deren Diffusivitäten gegenüber Korngrenzen von Metallen stark reduziert sind. In nanokristallinem $\text{Fe}_{90}\text{Zr}_7\text{B}_3$ wurde außerdem ein Anzeichen für einen zweiten schnellen Grenzflächendiffusionspfad gefunden. Die Ge-Diffusion in $\text{Fe}_{73,5}\text{Si}_{13,5}\text{B}_9\text{Nb}_3\text{Cu}_1$ ist aufgrund von Fe_3Si -Nanokristalliten mit geordneter D0_3 -Struktur viel langsamer als die Fe-Diffusion. $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ -Permanentmagnete zeigen einen intergranularen Schmelzübergang, der eine magnetische Texturierung durch Heißverformung ermöglicht. Unterhalb dieses intergranularen Schmelzübergangs ist das Produkt δD_B aus dem Grenzflächendiffusionskoeffizienten D_B und der Grenzflächendicke δ ähnlich wie das in grobkristallinem α -Fe, oberhalb des intergranularen Schmelzübergangs wird ein starker Anstieg von δD_B beobachtet.