

ZERSTÖRUNGSFREIES AUSLESEN VON UNSICHTBAREN NANOSIGNATUREN

Stichworte

GMR, Nanosignatur, Ferrimagnetismus, Superparamagnetismus, Fälschungssicherheit

GMR, Nanosignature, Ferrimagnetism, Superparamagnetism, Counterfeit Protection

Ausgangssituation

Im Sinne der Bestrebungen hin zur Industrie 4.0 wird es immer wichtiger, jedem Objekt eine aktive, kommunikationsfähige Kennung zuzuordnen, um die Digitalisierung und Automatisierung in den Fertigungsabläufen bis zur Wiederverwertung zu unterstützen. Zudem müssen Originalkomponenten unverwechselbar gekennzeichnet sein, um Produktpiraterie zu erschweren, da durch Fälschungen allein in Deutschland jährlich Schäden im zweistelligen Milliardenbereich entstehen.

Aufgabenstellung und Durchführung

Aus den genannten Gründen ist es von höchstem Interesse, preisgünstige und zuverlässige Techniken zur Kennzeichnung von Objekten sowie zugehörige zerstörungsfreie Verfahren zum einfachen Auslesen der Kennungen zu entwickeln. Um das Potenzial magnetischer Techniken aufzuzeigen, wurde in Vorarbeiten ein auf GMR-Sensoren (*Giant Magnetoresistance*) basierendes Auslesen von sowohl ferrimagnetischen als auch superparamagnetischen, für das bloße Auge unsichtbaren Nanosignaturen untersucht.

Bei GMR-Sensoren handelt es sich um hochpräzise Magnetfeldsensoren, die aus sich abwechselnden magnetischen und nichtmagnetischen dünnen Schichten mit einigen Nanometern

Schichtdicke bestehen. Der GMR-Effekt ist ein quantenmechanischer Effekt, der durch die Spinabhängigkeit der Streuung von Elektronen an Grenzflächen erklärt werden kann. Er bewirkt bei Variationen des äußeren Magnetfeldes in derartigen Sensoren große Änderungen ihres elektrischen Widerstandes. Die für die versteckten Signaturen eingesetzten Nanopartikel unterscheiden sich in ihren magnetischen Eigenschaften. So weisen die superparamagnetischen Teilchen keine Magnetisierung auf, wenn kein äußeres magnetisches Feld vorhanden ist, während ferrimagnetische Teilchen auch nachdem das magnetische Feld nicht mehr vorhanden ist eine gewisse Remanenz zeigen.

Die Nanopartikel wurden als Tinte auf ein handelsübliches weißes Blatt Papier aufgebracht und mit einem Permanentstift überzeichnet. Im Anschluss wurde die Rückseite des Papiers im Bereich der Nanosignaturen mit einem GMR-Sensor vor, während und nach der Magnetisierung mittels eines Elektromagneten abgescannt. So konnten die unterschiedlichen magnetischen Eigenschaften der in den Signaturen verwendeten Nanopartikel ausgenutzt werden. Die aus den Scans resultierenden Ergebnisplots sind in der oberen Abbildung dargestellt, der Messaufbau in der Abbildung unten rechts.

Ergebnisse

In den Messungen vor der aktiven Magnetisierung mittels des Elektromagneten wurden in der Ergebnisdarstellung der GMR-Scans keine Signaturen sichtbar. In diesem Fall sind die Nanosignaturen unauffällig und unsichtbar. Im Sinne eines Plagiatsschutzes können die im unmagnetisierten Zustand nicht erkennbaren Signaturen durch aktive Magnetisierung für die GMR-Sensorik sichtbar gemacht werden. Wie aus der oberen Abbildung ersichtlich wird, konnten die Nanosignaturen durch aktive Magnetisierung und GMR-Sensor-Scans während und nach dem Magnetisierungsvorgang nachgewiesen werden. Da superparamagnetische Materialien anhysteretisch sind, zeigen sie im Gegensatz zu ferri- oder ferromagnetischen Materialien



Nanosignatur	Foto Nanosignatur unter Permanentstift	Scan-Ergebnis während Magnetisierung	Scan-Ergebnis nach Magnetisierung
Ferrimagnetisch	ISC & IZFP	ISC & IZFP	ISC & IZFP
Superparamagnetisch	ISC & IZFP	ISC & IZFP	
Wechselnde Typen	ISC & IZFP	ISC & IZFP	ISC & IZFP

Fotos der versteckten Nanosignaturen und Scan-Ergebnisse für unterschiedliche Magnetisierungszustände

keine Remanenz. Signaturen, die aus diesen beiden Materialien zusammengesetzt sind, können nicht einfach mit dem bloßen Auge identifiziert werden, wenn die Teilchen anderen Farbpigmenten untergemischt werden.

Ihr Vorteil

Durch die Kombination der beiden unterschiedlichen Partikeltypen können komplexe Muster codiert werden. So könnten eindeutige Schlüssel bzw. Signaturen mit erhöhter Komplexität eingesetzt werden, um einen noch höheren Plagiatsschutz zu erhalten. Unabhängig von den beiden Partikeltypen ist die GMR-Sensorik aber in der Lage, diese unsichtbaren Signaturen auszulesen. Diese könnten im Anschluss digital bearbeitet und zum Beispiel mit einer Datenbank verglichen werden, um eine eindeutige Bestätigung von Originalen und umgekehrt Erkennung von Plagiaten zu ermöglichen. Es ist auch vorstellbar, Materialien mit unterschiedlich abgestuften Hystereseverhalten zu verwenden, um den Komplexitätsgrad weiter zu erhöhen und dadurch die Fälschungsbeständigkeit zu verbessern. Dies muss jedoch in weiterführenden Forschungsarbeiten detaillierter untersucht werden. Die Vorarbeiten zeigen das enorme Potenzial derartiger Nanosignaturen und zugehörigen zuverlässigen Auslesesystemen auf.

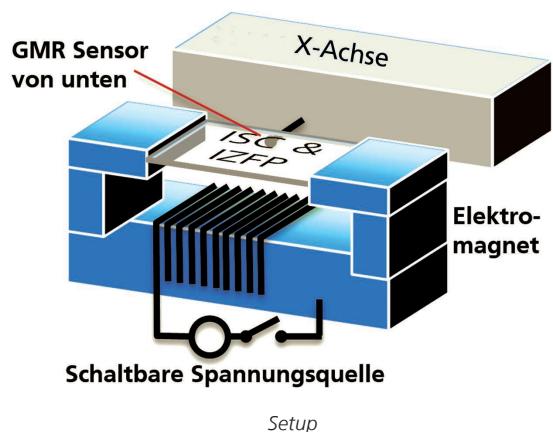
Projektpartner

Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer-Institut für Silicatforschung ISC

Summary

When analyzing current efforts to make Industry 4.0 a reality, one of the major challenges is the ability to uniquely identify and track objects in every phase of the manufacturing process, all the way to recycling. This can typically be achieved by furnishing an object with small, hidden marker particles that serve as a signature.

To demonstrate the potential of magnetic technologies, researchers looked at the structural arrangements of signatures based on magnetic nanoparticles as part of a preliminary research project. The nanomarkers, applied in the form of inks on paper, were identified by a simple technique using defined magnetization states and GMR sensor scans to acquire a distinctive signal pattern.



Ansprechpartner

Dr.-Ing. Ralf Tschuncky
+49 681 9302 3821
ralf.tschuncky@izfp.fraunhofer.de