

Neue Kondensatoren aus Refraktärmetall für schnelle Laptops

Die Zähmung des Niobs

Für die Herstellung leistungsfähiger, aber dennoch günstiger Kondensatoren, wie sie zu hunderten in Laptops, Mobiltelefonen und Spielekonsolen verwendet werden, haben Forscher der Bayer-Tochter H.C. Starck das widerspenstige Metall Niob bezwungen. Mit Trickreichtum und geballter Energie holen sie es in höchster Reinheit aus dem Erz.

Reduktionsofen:
Sascha Böhnke
bereitet die Reduktion von Niobdioxid zu elementarem Niob vor, die dann bei rund 1.000 Grad Celsius abläuft.



Niobexperte: Dr. Christoph Schnitter hat ein Verfahren entwickelt, mit dem sich Niob in 99,95 Prozent Reinheit herstellen lässt.

Wer in den Harz fährt, will für gewöhnlich in freier Natur Sauerstoff tanken. In Goslar am Fuße des Harzes jedoch gibt es Menschen, die nichts so sehr fürchten wie eben jenen Sauerstoff. Denn sie lassen zwei Pulver bei über 1.000 Grad hinter dicken Stahlwänden miteinander reagieren, und käme Sauerstoff hinzu, wären die Folgen verheerend.

Herr über diese Reaktion ist Dr. Christoph Schnitter. Als Mitarbeiter der Bayer-Tochter H.C. Starck haben er und Kollegen aus Newton/USA und Goslar ein Verfahren entwickelt, mit dem sich das Metall Niob mit 99,95-prozentiger Reinheit herstellen lässt. Statt sich wie andere Metalle einfach aus den Erzen herauszuschmelzen zu lassen, muss das Niob wegen seiner hohen Schmelztemperatur von den H.C.-Starck-Forschern einem aufwändigen Prozess unterzogen werden. Doch der Aufwand lohnt sich: Niob ist der Schlüssel zu neuen, kleinen, leistungsfähigen und dennoch kostengünstigen Kondensatoren – ohne die kein Laptop rechnet, kein Mobiltelefon klingelt und keine Spielekonsole funktioniert.

Tonnenweise reinstes Niobpulver für Kondensatorenherstellung

Bislang enthalten viele Hochleistungskondensatoren Tantal, ein dem Niob verwandtes Element. H.C. Starck, ein Spezialist für die so genannten Refraktärmetalle Tantal, Niob, Wolfram, Molybdän und Rhenium, ist ein führendes Unternehmen in der Produktion

von Tantal. Doch das Metall ist rar und daher teuer. Die Experten aus Goslar liebäugelten deshalb schon lange mit dem häufiger vorhandenen und daher günstigeren Niob, das in den natürlichen Erzen häufig in Gesellschaft von Tantal vorkommt. Einer Karriere als Kondensator-Material stand bislang die mangelnde Reinheit des Metalls in Verbindung mit der notwendigen großen Oberfläche im Wege – und niemand schaffte es, das sperrige Niob vollends zu zähmen. Niemand, bis auf Schnitter und seine Kollegen. Mittlerweile produzieren sie in einer Pilotanlage in Goslar hochreines Niob – jeden Monat im Tonnenmaßstab – und liefern es für ausgedehnte Versuche an Kondensatorhersteller.

Das Niob aus dem Erz zu holen ist ein aufwändiger Prozess. Teilweise werden die Rohstoffe, die H.C. Starck aus Südostasien bezieht, im oberrheinischen Laufenburg aufbereitet. „So muss es in der Hölle aussehen“, sagt Schnitter, der die Anlage einmal besichtigte. Mit elektrischen Strömen von tausenden Ampere wird der Rohstoff geschmolzen. Von dieser Schmelze können die unerwünschten Bestandteile dann als Schlacke abgegossen werden. Der zerkleinerte Rückstand, der an erkaltete Lava erinnert und jetzt Tantal und Niob in höherkonzentrierter Form enthält, wird dann mit Flusssäure behandelt, einem der am schwierigsten zu handhabenden chemischen Medien überhaupt. Die Säure löst die beiden Metalle. In der flusssäuren Lösung werden dann Tantal

und Niob durch ein spezielles Verfahren voneinander getrennt und weiterverarbeitet. Aus dem Flusssäuresalz des Niobs wird zum Beispiel mithilfe von Ammoniak hochreines Niobpentoxid (Nb_2O_5) hergestellt.

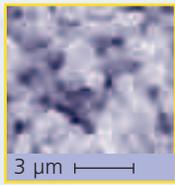
1.300 Grad Celsius, Magnesiumdampf und Öfen wie Banktresore

Das weiße, mehlartige Pulver ist die Ausgangssubstanz für das zweistufige, patentierte H.C.-Stark-Verfahren, das in Goslar und Newton entwickelt wurde. Der erste Schritt ist eine Reduktion, also die Abspaltung von Sauerstoff unter Zugabe von Wasserstoff bei Temperaturen von mehr als 1.000 Grad Celsius zu Niobdioxid NbO_2 . In Metallkästen läuft das weiße Pulver auf einem Fließband durch einen Backofen. Für das, was hinten herauskommt, würde jeder Bäcker ei-

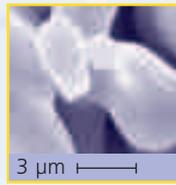
Ohne Kondensatoren geht nichts

Ob in Mobiltelefon, Spielekonsole, Computer, Digitalkamera oder Auto: Kondensatoren sind – nach Widerständen – die zweithäufigsten passiven Bauelemente in elektronischen Schaltkreisen.

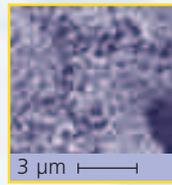
Gerät	Anzahl verwendeter Kondensatoren
Handy	260
Digitalkamera	310
Spielerkonsole	315
Computer	700
Automobil	1.700



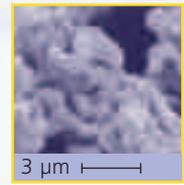
1. Stufe:
Reduktion mit
Wasserstoff



2. Stufe:
Reduktion mit
Magnesium-
dampf



3. Stufe:
Reaktion mit
Niobpentoxid
und Wasserstoff



Ausgangssubstanz
Niobpentoxid (Nb_2O_5)

Zwischenverbindung
Niobdioxid (NbO_2)

Kondensatormaterial
Niob (Nb)

Kondensatormaterial
Niobmonoxid (NbO)

Stufen zum Erfolg

In einem patentierten mehrstufigen Verfahren stellt H.C. Starck Niobpulver in Kondensatorqualität her. Die jeweiligen Produkte sind in elektronenmikroskopischen Aufnahmen dargestellt. Ein Teil des hochreinen Niobs wird zu Nioboxid weiterverarbeitet.



Hohe Sicherheit: Durch die Erdung der Schaufel für das Niobpulver wird jede elektrische Ladung direkt abgeführt.

nen Rüffel kriegen: ein schwarzes Brikkett mit Holzkohleconsistenz. Hier hat es aber damit seine Richtigkeit. Die schwarzen Blöcke werden vermahlen und gesiebt.

Auch der folgende Reaktionsschritt – die weitere Reduktion des Niobdioxids mit Magnesium – ist eine technische Meisterleistung: Schon die Metalltonne, in der das Magnesium lagert, muss aus Sicherheitsgründen vor einer elektrischen Entladung gut geschützt werden. Deshalb sind sowohl das Fass als auch alle metallischen Schaufeln, mit denen das Magnesium umgefüllt wird, über Klemmen und Drähte geerdet. So wird jede elektrische Ladung rechtzeitig abgeführt. Das silberglänzende Magnesiumpulver und das schwarze Niobdioxidpulver werden vorsichtig in zwei Kästen gefüllt und aufeinander in eine Box gestellt. In einem tonnenförmigen Stahlofen mit dicken Wän-

den und einer Tür, die jedem Banktresor zur Ehre gereichen würde, entsteht bei rund 1.000 Grad im Magnesiumdampf ein Gemisch aus elementarem Niob und Magnesiumoxid. Damit auch ja kein Sauerstoff die Reaktion weiter anfacht, wird zu Beginn des Aufheizens jeder Sauerstoff durch Edelgas verdrängt und anschließend durch Überdruck ein späteres Eindringen von Sauerstoff verhindert.

Das Magnesiumoxid wird dann einen Stock tiefer in großen Reaktoren mit Säure und Wasser ausgewaschen. Ein weiteres Stockwerk darunter wird das Niobpulver schließlich in Trockenschränken auf Blechen getrocknet. Auch hierbei herrschen erhöhte Sicherheitsbedingungen. Registriert ein Messfühler im Niobpulver eine unzulässige Temperaturerhöhung, schaltet das Gerät automatisch ab und flutet die Kammern mit Edelgas, um den Sauerstoff zu verdrängen. Denn das Niob würde sich entzünden, wenn es sich zu stark aufheizt und Sauerstoff vorhanden ist.

Mikroskopische Schwämme aus Schwermetall speichern Energie

In einem letzten Schritt wird ein Teil des Niobs mit etwa gleichen Teilen der Ausgangssubstanz, dem Niobpentoxid, zusammengebracht, um zu Niobmonoxid NbO zu reagieren. Diese im Vergleich zum elementaren Niob etwas preisgünstigere Verbindung ist ebenfalls als Ausgangssubstanz für Kondensatoren geeignet. Niobmonoxid trotz höheren Temperaturen,

dafür lässt sich das geschmeidigere Niob weit besser verarbeiten.

Nun ist die Arbeit der H.C.-Starck-Experten eigentlich getan. Sollte man meinen. Tatsächlich aber experimentieren sie auch mit der weiteren Verarbeitung des Niobs.

Das wertvolle Know-how, das sie sich dabei erwerben, kommt Kondensatorherstellern zugute. Kondensatoren speichern, genau wie Batterien, elektrische Ladung zwischen zwei Elektroden, der Anode und der Kathode. Während Batterien allerdings die Ladung durch chemische Prozesse über Stunden aufnehmen und wieder abgeben, können die nach anderen physikalischen Prinzipien arbeitenden Kondensatoren die maximale Ladung innerhalb von Sekundenbruchteilen aufnehmen und auch wieder abgeben. Dabei gilt die Regel, dass umso mehr Ladung gespeichert werden kann, das heißt, die Kapazität umso höher ist, je größer die Oberflächen von Anode und Kathode sind und je enger sie beieinander liegen.

Heutige Kondensatoren haben mit dem einfachen Plattenaufbau, den man vielleicht noch aus dem Physikunterricht kennt, nur noch wenig gemeinsam. Im Falle der Tantal- und Niobkondensatoren ähneln sie vielmehr mikroskopischen Schwämmen. Um diese Struktur zu erreichen, werden die nur tausendstel Millimeter großen Pulverkörner zunächst um einen Tantaldraht zu millimetergroßen Körpern verpresst und dann so miteinander verschmolzen, dass sie als



Anode ein durchgehend leitendes Gebilde mit großer Oberfläche ergeben. Anschließend erhalten sie im Säurebad unter elektrischer Spannung eine hauchdünne, nicht leitende Oxidschicht, die die Anode isoliert. Die verbleibenden Schwammzwischenräume werden mit Mangandioxid oder zunehmend auch mit leitfähigen Polymeren, wie dem H.C.-Starck-Werkstoff Baytron®, als spätere Kathode ausgefüllt.

Niobkondensatoren arbeiten in Spielkonsolen und Laptops

Niobkondensatoren sind etwa gleich leistungsfähig wie solche aus Tantal. Während Tantalkondensatoren für Betriebsspannungen bis 60 Volt geeignet und unerreicht stabil und zuverlässig sind, eignen sich die günstigeren Kondensatoren mit Niob nur für Span-

nungen bis zehn Volt. Tantal ist demnach für die knallharten Präzisionsjobs in Flugzeugen, Autos und Medizinprodukten prädestiniert, während Niob eher die anstrengende Geduldsarbeit in Massenprodukten wie Spielkonsolen und Laptops verrichtet. Die Konkurrenz für beide sieht Schnitter in den Aluminium- und Keramik Kondensatoren. Aluminiumkondensatoren sind zwar preiswert, haben aufgrund ihrer flüssigen Kathode jedoch recht hohe Widerstände. Bis zu zehn herkömmliche Aluminiumkondensatoren, so Schnitter, können deshalb für bestimmte Anwendungen durch einen Niobkondensator ersetzt werden. Der Preisvorteil des Aluminiums ist dann allerdings wieder dahin. Zwar gibt es auch Hochleistungs-Kondensatoren aus Aluminium mit einem leitfähigen Polymer als Kathode, aber die sind deutlich teurer. Bei den Keramikkon-

densatoren ist es ähnlich. Wenn nur kleine Kapazitäten benötigt werden, sind sie konkurrenzlos günstig. Solche Kondensatoren folgen tatsächlich dem bekannten Plattenaufbau. Je größer die Leistung werden soll, desto dünner müssen die Platten sein, damit sich möglichst viele übereinander stapeln und sich so höhere Kapazitäten erreichen lassen. Und das wirkt preistreibend.

Die Zukunft – davon sind Schnitter und Marktforschungsexperten überzeugt – gehört den Niobkondensatoren. Denn die immer höheren Taktraten bei Computern bringen immer niedrigere Betriebsspannungen mit sich, wie sie für Niobkondensatoren erforderlich sind.

Dem Siegeszug der Elektronik ebnet das Goslarer Niobpulver also den weiteren Weg. Verschiedene Laptops der neuesten Generation dürfen von sich schon behaupten: Niob inside! Um für die weitere Marktentwicklung gerüstet zu sein, reicht die Pilotanlage in Goslar nicht mehr aus. Eine Großanlage ist bereits in Planung.

www.deutsches-museum.de
Die Links „Ausstellungen“ und „Metalle“ führen zu Bildern und Texten der Dauerausstellung über die Welt der Metalle.

Reaktionspartner:
Überschüssiger Wasserstoff wird abgefackelt.

Niobmühle: Axel Krämer steuert die Brech-Mahl-Sieb-Stufe, in der das Niobdioxid zerkleinert und gesiebt wird.

