

Synthese eines Hochtemperatur-supraleiters mit Schulmitteln



Im Rahmen des Chemie-Teils des Faches NEXT (Naturwissenschaftliches Experimentieren; Schulversuch) versuchten in den 11. Klassen der Beruflichen Gymnasien in Wolfach im Schuljahr 2021/2022 einen sogenannten Hochtemperatur-Supraleiter (Yttriumbariumkupferoxid, $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ ($x \leq 0.5$)) herzustellen. Der Begriff Hochtemperatur-Supraleiter ist leider etwas irreführend, da immer noch etwa -200°C benötigt werden, bis die supraleitenden Eigenschaften auftreten können. Diese Temperaturen konnten wir mit flüssigem Stickstoff erreichen.

Nachdem die ersten beiden Synthesen leider misslangen, war der dritte Durchgang mit veränderter Syntheseanleitung erfolgreich.

(Ganz wenig) Theorie

$\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$, auch „1 2 3“, „YBCO“ oder „YBaCu“ genannt, war der erste Supraleiter, welcher mit 90 K eine Sprungtemperatur oberhalb des Siedepunkts von flüssigem Stickstoff zeigte. Im supraleitenden Zustand wird das Magnetfeld aus dem Material vollständig herausgedrängt (Meißner-Ochsenfeld-Effekt). Die Sprungtemperatur, unterhalb der YBCO supraleitend wird, ist abhängig vom Sauerstoffgehalt (x-Parameter in der Formel) und dieser wiederum von der Temperatur und dem O_2 -Partialdruck in der Ofenatmosphäre. Die Eigenschaft von Supraleitern, unterhalb der Sprungtemperatur keinen elektrischen Widerstand zu zeigen und die begleitenden magnetischen Phänomene, machen diese Substanzklasse interessant für vielfältige Anwendungen wie z. B. verlustfreie Stromübertragungsleitungen, Energiespeicher, Strombegrenzer, Magneten für extrem starke Felder (z. B. NMR/MRT), Magnetschwebbahnen etc.

Yttriumbariumkupferoxid, $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ ($x \leq 0.5$), Versuchsvorschrift

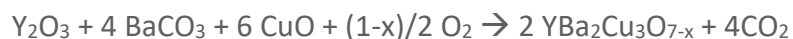
Benötigte Geräte:

Porzellan-Mörser, Porzellan-Tiegel, Tablettenpresse bestehend aus Presswerkzeug, $\varnothing = 13$ mm, und einer geeigneten Presse, Kammerofen (Nabertherm) bis 1000°C , Kit zur Demonstration des Effekts (z.B. Leybold Didaktik, eine Styroporbox mit Neodym-Bor-Eisen-Magneten geht auch)

Substanzen:

Yttriumoxid (Y_2O_3), Bariumcarbonat (BaCO_3), Kupfer(II)-oxid (CuO), Flüssiger Stickstoff (Ln N_2)

Reaktionsgleichung:



Durchführung:

Tag 1:

Die Edukte werden in einem Kammerofen für 2 Stunden bei 400° C in Porzellengefäßen getrocknet. Man wiegt 0,51 g (2,26 mmol) Y_2O_3 , 1,78 g (9,02 mmol) BaCO_3 und 1,08 g (13,56 mmol) CuO ab und verreibt in einem sauberen Porzellanmörser und Pistill so lange, bis keine weißen Streifen mehr an der Mörserschale beobachtbar sind. Man überführt in einen Porzellan-Tiegel und erhitzt diesen an Luft im Kammerofen auf 950°C für mindestens 12 Stunden. Der Tiegel wird noch heiß aus dem Ofen genommen.

Tag 2:

Mit dem 13 mm-Presswerkzeug werden 2 Tabletten zu je ca. 1,5 g gepresst (in unserem Fall mit Hilfe einer Spindelpresse). Die Tabletten werden für 24 h bei 950°C an Luft gesintert.

Tag 3:

Die Tabletten werden mit 300 °C/h auf 350° C abgekühlt und diese Temperatur mindestens weitere 20 Stunden gehalten. Nach dem Abkühlen auf Raumtemperatur überprüft man die supraleitenden Eigenschaften der beiden Tabletten in flüssigem Stickstoff.

Charakterisierung

- Überprüfung des Meisner-Effekts



Danksagung:

Vielen Dank an Frau Prof. Röhr von der Universität Freiburg für die Zurverfügungstellung des Skriptes zum Fortgeschrittenenpraktikum der Festkörperchemie. Daran angelehnt und angepasst an unsere bescheidenen Möglichkeiten wurde diese Vorschrift erstellt. Ein weiterer Dank gebührt unserer Metallabteilung für das unkomplizierte Anfertigen des Presswerkzeuges und der Bereitstellung der Spindelpresse sowie des Kammerofens.

Weiterhin möchten wir uns bei der Firma Neumaier-Tekfor bedanken, wie uns wiederholt flüssigen Stickstoff zur Verfügung stellte.

Literatur:

[0] Dr. Martin Ade, Fortgeschrittenenpraktikum Anorganische Chemie (M. Ed.) Skript zum Teil Festkörperchemie, Uni Freiburg, 2021/22

[1] A. R. West, Solid State Chemistry and Its Applications, John Wiley & Sons, Inc., New York, UK, 2013; e-book

[2] F. Schwaigerer, B. Sailer, J. Glaser, H.-J. Meyer, Chem. Unserer Zeit, 2002, 36, 108-124.

[3] Prof. Dr. C. Röhr, Angewandte Festkörperchemie, Vorlesung, Uni Freiburg

<http://ruby.chemie.uni-freiburg.de/Vorlesung/angewandte.html> (abgerufen am 1.2.2018)

Rückfragen zur Synthese können Sie gerne unter peter.steurer@ph-freiburg.de an mich senden.