

Steckbrief Aluminiumnitrid (AlN)

Aluminiumnitrid ist eine thermodynamisch stabile Verbindung zwischen Aluminium und Stickstoff, welche somit zur Stoffklasse der Nitride gehört.

Diese Verbindung wurde 1862 von Briegler und Geuther entdeckt und im Jahre 1877 zum ersten Mal von Mallets synthetisch hergestellt. Allerdings erlangte AlN erst in den 1980er Jahren größere Bedeutung in der Keramiktechnologie. Die gegenwärtige Produktion wird auf ca. 200 t pro Jahr geschätzt, zeigt aber ein stetiges Wachstum.

Eigenschaften

AlN ist die einzig stabile Verbindung im binären Systems zwischen Al und N. Anhand des Zustandsdiagramm (siehe Abb. 1) lässt sich erkennen, dass es nur in einer hexagonalen Kristallstruktur (Wurtzit; Raumgruppe $P6_3mc$) existiert, der sog. α -Phase.

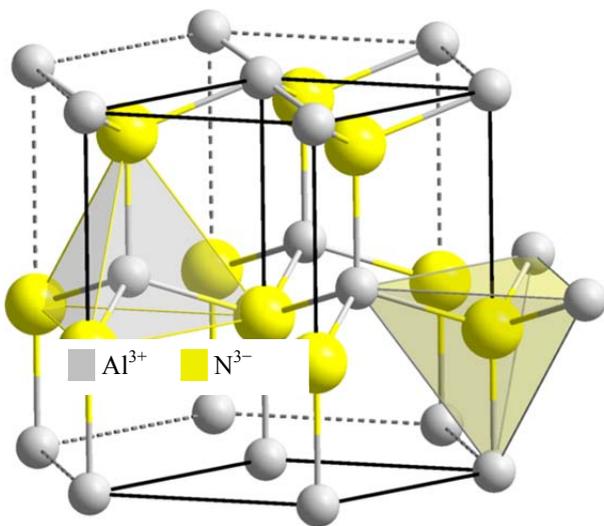


Abb. 2: hexagonale Gitterstruktur

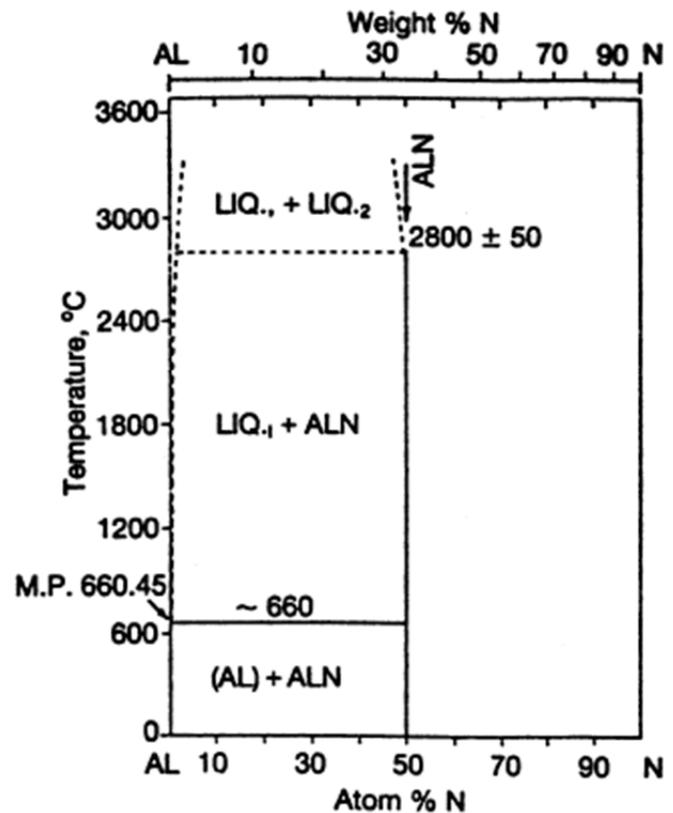


Abb. 1: Binäres Zustandsdiagramm von Al-N-System

Dabei bilden die Al-Atome eine dichteste Kugelpackung im hexagonalen Gitter, während die N-Atome die Hälfte der tetraedrischen Lücken des Gitters besetzen (siehe Abb. 2). Es ist überwiegend kovalent gebunden, mit einem Anteil von 45% ionische Bindung.

Aus dem Zustandsdiagramm lässt sich des Weiteren entnehmen, dass auch eine metastabile AlN-Verbindung (β -Phase) mit kubischer Zinkblendestruktur besteht.

Die chemische Verbindung zeichnet sich durch einen hohen Schmelzpunkt, niedrigen thermischen Ausdehnungskoeffizienten und einem hohen elektrischen Widerstand (temperaturabhängig) aus, welches die Verwendung in der Keramiktechnologie begünstigt.

Die wichtigsten physikalischen und chemischen Kenndaten sind in der folgenden Tabelle 1 zusammengefasst.

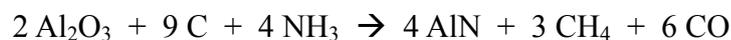
Molare Masse	40,99 g/mol
Kristallstruktur	hexagonal (hcp), Wurtzit
Gitterkonstante	a = 311,14 pm c = 497,92 pm
Aggregatzustand	fest
Dichte	3,09 – 3,26 g/cm ³
Schmelzpunkt	>2400 °C
Siedepunkt	Zersetzung (Sublimationspunkt: 2500 °C)
Spez. Wärme	800 J/(K·kg)
Elektrischer Widerstand (25 °C)	10 ¹⁵ $\mu\Omega\cdot\text{cm}$
Bildungsenthalpie ΔH_{298}	320,2 kJ/mol
Freie Enthalpie ΔG (25 °C – 627 °C)	(-324 - -352) kJ/mol
thermischer Ausdehnungskoeffizient	4,4 – 5,3·10 ⁻⁶ 1/K
Wärmeleitfähigkeit	320 W/(m·K)
Härte	
- nach Mohs	9
- nach Vickers	1230 HV
Löslichkeit	reagiert bei Kontakt mit Wasser: allmähliche Hydrolyse unter Aluminiumhydroxid- und Ammoniakbildung

Tabelle 1: chemische und physikalische Kenndaten

Synthese

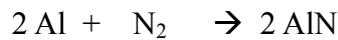
(1) Carbothermische Reaktion

Umsetzung von Aluminiumoxid und Stickstoff bzw. Ammoniak mit einem Überschuss von Kohlenstoff bei einer Temperatur von >1600 °C



(2) Direktnitridierung

Umsetzung von metallischem Aluminium- bzw. Aluminiumoxidpulver mit Stickstoff bzw. Ammoniak bei einer Temperatur von $>900\text{ °C}$



(3) Im industriellen Maßstab

AlN wird durch physikalische Abscheideverfahren (PVD), Kathodenzerstäubung (Sputtern) oder durch metallorganische chemische Gasphasenabscheidung (MOCVD) als Dünnschicht gewonnen.

In der Aluminiumnitridkeramik wird die Verbindung bei einer Temperatur von 1800 °C drucklos durch Zusatz von Sinteradditive wie Calcium- und Yttriumoxid gesintert.

Verwendungszwecke

Aluminiumnitrid findet in der Keramiktechnologie und bei Hochleistungsanwendungen in der Elektronikindustrie Verwendung aufgrund seiner hohen Wärmeleitfähigkeit und hohen elektrischen Widerstandes.

Im Infrarot-, VIS- und UV-Bereich ($0,3 - 3\text{ }\mu\text{m}$) ist die Verbindung transparent und kann dadurch als Filtermaterial bei Infrarot- und Radaranwendungen verwendet werden.

AlN-Substrate und Komponenten z. Bsp. in folgenden Anwendungsbereichen eingesetzt:

- Leistungselektronik (Elektromotoren)
- Mikroelektronik (Schaltungen, Sensoren, Hochfrequenztechnik)
- Seefunktechnik, Verteidigungssysteme
- Laserdioden
- Satellitentechnik (Telekommunikation, Forschungssatelliten)
- Umwelttechnik (Abgasanalyse)

Im Gegensatz zu anderen Verbindungen mit vergleichbaren elektrisch isolierenden, hochwärmeleitenden Eigenschaften wie BeO (toxisch) oder BN_{kub} (Herstellung erfordert sehr hohe Drücke) ist es ungiftig und leichter herzustellen und wird deshalb bevorzugt verwendet.

Literatur

www.wikipedia.de

www.goodfellow.com

www.archiv.ub.uni-heidelberg.de/volltextserver/1767/8/Kap4.PDF