

VERBUNDKERAMIK AUF DER BASIS VON ALUMINIUMNITRID

A.S. Orechov

Wissenschaftsbeteuerin: Fr. Dr. E. Prokhorets

Politechnische universität Tomsk, Russland, Tomsk, Lenin av., 30, 634050

E-mail: alex.orekhov94@gmail.com

КОМПОЗИТНАЯ КЕРАМИКА НА ОСНОВЕ НИТРИДА АЛЮМИНИЯ

А.С. Орехов

Научный руководитель: доцент, к.п.н., Е.К. Прохорец

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: alex.orekhov94@gmail.com

Аннотация. Целью исследовательской работы является изучение алюмонитридной керамики и влияния химических добавок на свойства керамики. Такой материал обладает рядом уникальных свойств по сравнению с другими, применяемыми в микроэлектронике, поэтому исследования в этой области являются перспективными.

Das Ziel des vorliegenden Artikels ist die Untersuchung der Aluminiumnitrid-Keramik und des Einflusses der chemischen Zusätze auf die Eigenschaften der Keramik.

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 Aluminiumnitrid 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.

Auf der Grundlage des Artikels von Fr. I. Rosner [1] wurden die wichtigsten physikalischen und chemischen Kenndaten von Aluminiumnitrid identifiziert. Diese Daten werden in Tabelle 1 beschrieben.

Tabelle 1

Die wichtigsten physikalischen und chemischen Kenndaten

Molare Masse	40,99g/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 μΩ*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)

Aluminiumnitrid findet seine Verwendung in der Keramiktechnologie und bei Hochleistungsanwendungen in der Elektronikindustrie aufgrund seiner hohen Wärmeleitfähigkeit und hohen elektrischen Widerstandes. Aluminiumnitrid-Substrate und Komponenten z. B. 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 BNkub (Herstellung erfordert sehr hohe Drücke) ist es ungiftig und leichter herzustellen und wird deshalb bevorzugt verwendet [2].

In Abbildung 1 ist der schematische Fertigungsablauf zur Herstellung von Aluminiumnitrid-Keramiken dargestellt.



Abb.1. Herstellung von Aluminiumnitrid-Keramiken[2]

Die Aufbereitung des Pulvers zur Herstellung eines Aluminiumnitrid-Grünkörpers unterscheidet sich nicht von der Verarbeitung anderer keramischer Pulver. Größere oder agglomerierte Pulver werden gemahlen und dabei zugleich mit einem Sinter additiv vermischt.

Bei den trockenen Formgebungsverfahren kommen hauptsächlich das uniaxiale Trockenpressen und das kaltisostatische Pressen zum Einsatz. Sowohl durch axiales Pressen als auch durch isostatisches Pressen lassen sich Gründichten von 58–64 % der theoretischen Dichte erreichen. Aufgrund der besseren Grünkörperfestigkeit werden hierbei aufbereitete Pulver (Sprühgranulate) verwendet. Der Zusatz eines

Bindemittels ermöglicht auch die bessere Bearbeitung des Formkörpers im gepreßten Zustand. Die organischen Zusätze müssen vor dem eigentlichen Sintervorgang ausgebrannt werden. Zur Herstellung von dünnen Platten bis 1,5 mm Dicke ist das Foliengießen das optimale Verfahren. Die Technik des Foliengießens wird vor allem zur Herstellung keramischer Substrate genutzt. Die Standarddicke eines Substrates für Elektronikanwendungen betragen 0,635 mm bzw. 1 mm.

Aluminiumnitrid wird großtechnisch in graphit- oder metallbeheizten Öfen bei Temperaturen von 1600 bis 1900 °C unter Stickstoffatmosphäre gesintert. In einer Vorstufe werden die organischen Hilfsmittelausgebrannt. Dieser Prozeßschritt wird oft in einem separaten Ausbrandofen an Luft vor dem eigentlichen Sintern durchgeführt. Gebräuchlich sind auch anschließende Flachbrände bei etwas niedrigeren Temperaturen und kürzeren Sinterzeiten [3].

Zahlreiche Untersuchungen beschäftigten sich mit der Reduzierung der notwendigen Sintertemperatur [4,5]. Vor allem wurden eine Vielzahl möglicher Additive getestet und bewertet. Leider geht mit der Senkung der Sintertemperatur durch andere Additive gleichzeitig eine starke Verringerung der Wärmeleitfähigkeit einher, so daß bisher kein adäquater Ersatz für Y_2O_3 gefunden wurde.

Nach dem Sintern können Aluminiumnitrid-Substrate nach einem Bürst- und Reinigungsprozeß im sog. "as fired"- Zustand direkt für anschließende Metallisierungsverfahren verwendet werden. Üblicherweise schließt sich jedoch eine Hartbearbeitung an (Läppen, Schleifen, Bohren, etc.), um durch plane, rückstandsfreie Oberflächen eine optimale Wärmeübertragung zwischen Halbleiter, Substrat und Wärmesenke zu garantieren [2].

Höhere Wärmeleitfähigkeiten sind erzielbar, wenn durch einen Temperprozeß die aus Oxiden bestehende Korngrenzenphase beseitigt wird. Die so hergestellten, einphasigen Werkstoffe zeichnen sich durch Transparenz und hohe Wärmeleitfähigkeit aus. Auf diese Weise konnten Aluminiumnitrid-Keramiken mit Wärmeleitfähigkeiten weit über 200 W/mK realisiert werden.

Aluminiumnitrid-Substrate, Kühler und Bauteile haben in den letzten Jahren vermehrt Einsatz in der Leistung und Mikroelektronik gefunden.

Hiermit ziehen wir die Schlussfolgerungen: es wurden die wichtigsten physikalischen und chemischen Kenndaten von Aluminiumnitrid-Keramik studiert; der Einfluss der chemischen Zusätze auf die Eigenschaften der Keramik ist kurz beschrieben worden. Die Ergebnisse des Artikels können für die weitere Erforschungen in dieser Richtung von Bedeutung sein.

QUELLENVERZEICHNIS

1. Rosner I. Steckbrief AlN. Münster University of Applied Sciences.
2. Mussler B., Brunner D. (2001) Aluminiumnitridkeramik. Technische Keramische Werkstoffe (DKG).
3. Kollenberg. W. (2004) Technische Keramik: Grundlagen - Werkstoffe – Verfahrenstechnik.
4. Orechov A.S., Ditz A.A. (2014) Polutschenie kompozicionnogo keramitscheskogo materiala na osnove nitrida alyuminia metodom pressowania, Tomsk, 6 s.
5. Ditz A.A., Rewwa I.B., Pogrebenkov W.M., Kosolapov A.A., Orechov A.S. (2015) Wlijanie organitscheskoj swjaski na swojstwa granuljata i keramiki na osnove nitrida alyuminija//Iswestija wysshich utschebnych sawedjenij, Tomsk, 6 s.