

Recycling von Gallium aus Prozessrückständen

Michael Stelter und Oliver Zeidler

1.	Einleitung.....	471
2.	Anfall von Ga-haltigen Lösungen bei der Produktion.....	473
3.	Bisher genutztes Verfahren zum Recycling von Gallium	474
4.	Konzept zur Verbesserung der Effektivität und Kostenreduktion des Galliumrecyclings	475
5.	Beschreibung der untersuchten Dialyseverfahren.....	476
6.	Abstract	480
7.	Quellen	480

1. Einleitung

Die zunehmende internationale Konkurrenz um Ressourcenkritische Rohstoffe hat die Bundesrepublik Deutschland zu massiven Forschungsbemühungen für neue Gewinnungsverfahren, Rohstoffsubstitution, Verbrauchssenkung und Recycling veranlasst.

Ein Schwerpunkt wird auf die Erzeugung und das Recycling von Halbleitern gelegt, da diese einen Großteil der seltenen Metalle wie Ga und In verbrauchen. Das Gallium nimmt mit dem Bedarf eines kompletten, in Deutschland angesiedelten Industriezweigs aus Halbzeug-, Bauteil- und Geräteherstellern dabei eine herausragende Rolle ein.

Als GaAs-Waferproduzent gehört die Freiburger Compound Materials GmbH (FCM) zu den Weltmarktführern. Hohe Elektronenbeweglichkeit und geringe Leistungsaufnahme machen GaAs zu einem geeigneten Substrat für Mikroprozessoren und Hochfrequenzverstärker in der drahtlosen Datenübertragung. Obwohl seit Jahren an der Erzeugung von GaN Dünnschichten mit höherer Elektronenbeweglichkeit und geringerem Galliumverbrauch geforscht wird, ist eine breite Markteinführung wegen höheren Produktionskosten noch nicht gelungen. Für einen starken Nachfrageanstieg von GaAs-Substraten sorgt zudem der Einsatz zur Züchtung farbig leuchtender Halbleiterschichten für LEDs.

Seit Mitte der 90er Jahre ist der Galliumbedarf für die GaAs-Substraterzeugung stetig angestiegen und wird sich nach Schätzungen der Deutschen Rohstoffagentur DERA bis 2030 weiter vervierfachen. [1]

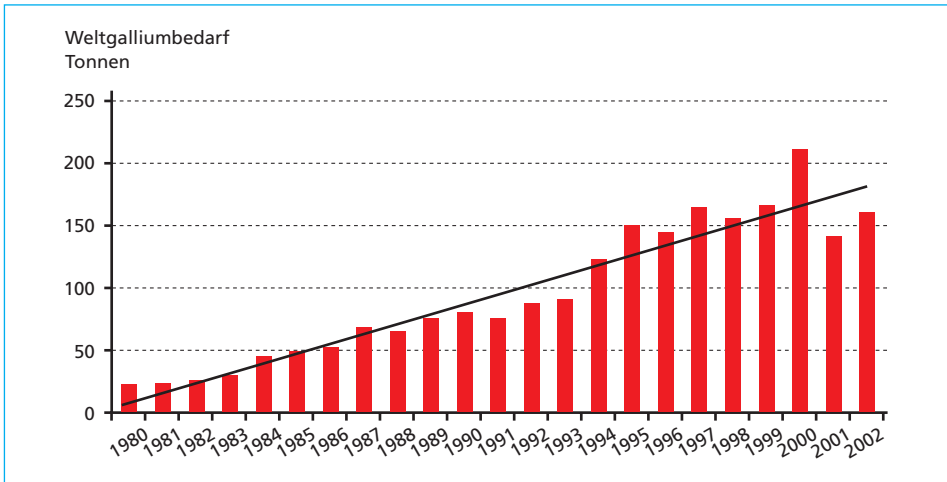


Bild 1: Entwicklung des Weltgalliumbedarfs (primär und sekundär) nach Schätzungen von Roskill

Quelle: Technischer Report The Economics of Gallium – Siebente Edition Roskill Informations Service Ltd., 2002

Dementgegen unterliegt der Substratmarkt einem starken Preiskampf, der die Hersteller unabhängig von der Rohstoffpreisentwicklung zu ständiger Preissenkung und strategischem Einkauf zwingt. Unregelmäßig stattfindende Gewinnungskampagnen der Gallium erzeugenden Aluminahütten verbunden mit Rohstoffspekulation äußern sich in einer zyklischen Preisentwicklung für raffiniertes 6N-Ga [3]. Um konkurrenzfähig zu bleiben, sind Substrathersteller wie FCM von der Verfügbarkeit immer größerer Galliummengen zu andauernd niedrigen Preisen abhängig.

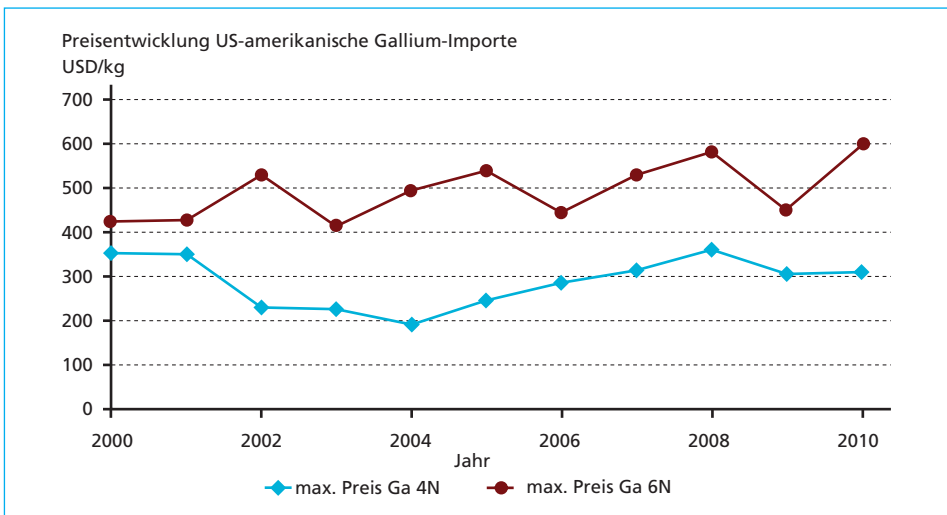


Bild 2: Entwicklung der Galliumpreise auf dem US-amerikanischen Markt

Quelle: <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/gallium/> Stand vom 02.01.2013

Dieser Forderung kommen aktuelle Forschungsansätze zur Ga-Gewinnung z.B. aus Rotschlammdeponien oder dem Recycling aus End-of-Life Produkten entgegen. Für eine Etablierung kostendeckender Verfahren erweisen sich die geringen Ga-Gehalte im ppm Bereich und hohe Konzentrationen von Störstoffen wie Al^{3+} und Fe^{3+} jedoch als problematisch [5].

Der folgende Einblick auf die Stoffbilanz der GaAs Erzeugung und Verarbeitung soll zeigen, dass die Weiterentwicklung des Recyclings aus Prozessrückständen eine vielversprechende Ergänzung zu den vorhandenen Bestrebungen darstellen kann.

2. Anfall von Ga-haltigen Lösungen bei der Produktion

Die GaAs Produktion beginnt mit der Hochdrucksynthese von Ga und As unter einer Boroxidschicht zu einem polykristallinen Regulus und der anschließenden Einkristallzüchtung hieraus. Produktionsrückstände wie abgesägte Einkristall-Enden werden teilweise vor Ort recycliert.

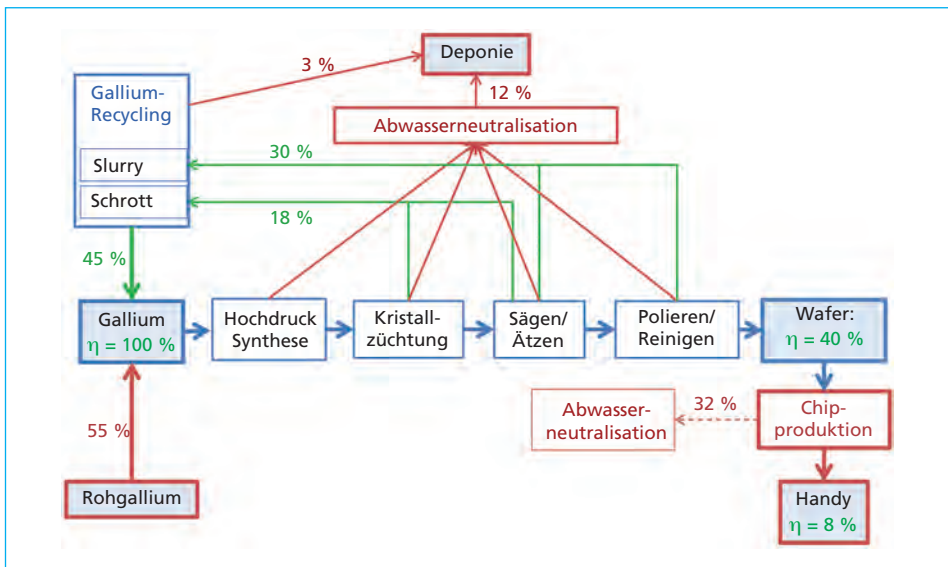


Bild 3: Arbeitsschritte bei der GaAs-Waferproduktion und -verarbeitung mit anteiligen Galliumströmen

Quellen:

T. Reinhold (2013): Persönliche Mitteilung zum strategischen Einkauf und internen Wertstoffrecycling bei FCM

Weinert, B.; Reinhold, T.: Galliumarsenid – Anwendung und Herstellung; Vortrag auf dem 44. GDMB-Seminar in Hanau, 2010

Durch Rundschleifen und Zerteilen mit Innenloch- oder Drahtsägen werden aus den Einkristallen Wafer erzeugt. Die eingesetzten Sägewässer und Schleifkornsuspensionen sind durch Filtration regenerierbar. Das in den gepressten Schlämmen enthaltene GaAs ist durch Laugen dem Recycling zuführbar [6]. An der Waferoberfläche entstandene Mikrorisse und Störstellen müssen durch eine Folge von chemischen Ätz- und chemomechanischen Polierschritten entfernt werden.



Bild 4: Störung der Waferoberfläche und Durchführung eines Ätzschrittes

Quelle: Weinert, B.; Reinhold, T.: Galliumarsenid – Anwendung und Herstellung; Vortrag auf dem 44. GDMB-Seminar in Hanau, 2010

Dabei fallen große Mengen leicht alkalischer, oxidierender Abwässer mit geringen Ga Gehalten; bei vorgelagerten Ätzprozessen geringe Mengen stark saurer Abwässer mit hohen Ga Gehalten an. Der überwiegende Teil der Lösungen enthält Gallium-Konzentrationen im niedrigen g/l Bereich wodurch er für ein kostendeckendes Recycling mit den bekannten Fällungsverfahren nicht geeignet ist. Stattdessen geht das Ga bei der Abwasserbehandlung in den arsenhaltigen Fällschlamm und damit verloren [3].

Von 100 kg eingesetztem Gallium gelangen durch Materialabtrag etwa 40 kg in die produzierten Wafer, 48 kg werden dem Recyclingkreislauf zugeführt und 12 kg nicht erfasst. Dem Recyclingkreislauf gehen bei den derzeit genutzten Recyclingtechnologien für GaAs-Kompaktschrotte und -schlämme weitere 3 kg Gallium über Ausbeuteverluste verloren. Bei der Weiterverarbeitung der Substrate zu Halbleiterbauelementen wie Prozessoren, Transistoren und LEDs verringern viele Hersteller nach dem Wachstum der epitaktischen Dünnschichten die Substratdicke weiter, bei der Erzeugung einiger LEDs wird das Substrat im Anschluss vollständig entfernt [7]. In Form von Verarbeitungsrückständen der Bauteilerzeuger kann ebenfalls mit Verlusten von über 30 kg Ga gerechnet werden.

Die Verringerung des Ga-Verlustes über die gesamte Produktionskette durch wirtschaftlich arbeitende Recyclingverfahren ist von strategischer Bedeutung, sie senkt neben den Gesamtproduktionskosten die Abhängigkeit vom volatilen Primärgalliummarkt. Ein positiver Nebeneffekt ist die Verbesserung der Gesamtenergiebilanz des Industriezweiges, da Recycling gegenüber der primären Gewinnung mit vielen Konzentrierungs- und Raffinationsstufen meist erheblich geringere Energie- und Chemikalienverbräuche aufweist.

3. Bisher genutztes Verfahren zum Recycling von Gallium

Für das Recycling von Gallium aus den zuvor erwähnten Prozessrückständen sind drei wesentliche Schritte erforderlich:

1. Überführung der Feststoffe in eine wässrige Phase und Refination
2. Gewinnung des metallischen Galliums durch Elektrolyse
3. Hochreinigung durch gerichtete Erstarrung

Der verfahrenentscheidende Schritt ist die Gewinnungselektrolyse, die wegen des niedrigen elektrochemischen Potentials der Galliumabscheidung von $-0,53\text{ V}$ nur in alkalischen Medien und bei hohen Galliumkonzentrationen zufriedenstellend abläuft. Arsenat-, Nitrat- und Chloridionen stören durch Bildung des hochgiftigen Gases AsH_3 , sowie NO_x und Cl_2 an den Elektroden und sollten vorab nasschemisch abgetrennt werden.

Das bisher etablierte Verfahren trennt As durch eine Kalziumarsenatfällung bei pH 12 ab, bevor Gallium durch Hydroxidfällung bei pH 6 von den Nitrat- und Chloridionen getrennt wird. Das abfiltrierte $\text{Ga}(\text{OH})_3$ wird dem alkalischen Elektrolyten bei der Gewinnungselektrolyse zudosiert [8].

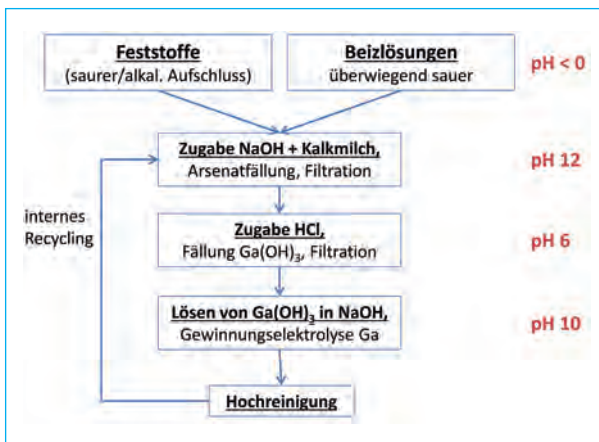


Bild 5:

Etabliertes Verfahren zum Recycling von Gallium aus arsenathaltigen Lösungen

Quelle: Kammer, U.: Recycling von Gallium, Germanium und Indium; Vortrag auf dem 4. Symposium Freiburger Innovationen in Freiberg, 2012

Nachteile des beschriebenen Recyclingkreislaufs sind der hohe NaOH und HCl Verbrauch für die mehrfache Neutralisation, was zu Volumenerhöhung, Wertstoffverdünnung und Aufsalzung des Abwassers führt. Eine direkte, selektive Fällung von $\text{Ga}(\text{OH})_3$ über pH 2 ist durch Adsorption von Arsenationen an den gebildeten Hydroxidflocken nicht möglich [9; 10]. Um den Transport großer Mengen arsenhaltiger Abwässer und Suspensionen zum Recycler zu vermeiden ist ein Verfahren zu entwickeln, das sich unter Berücksichtigung der Mengen und Konzentrationen in die beim Substrathersteller vorhandene Abwasserbehandlung integrieren lässt.

4. Konzept zur Verbesserung der Effektivität und Kostenreduktion des Galliumrecyclings

Der ausgearbeitete Vorschlag beinhaltet eine Zusammenführung der Ga haltigen Prozessrückstände durch Laugung von GaAs haltigen Schlämmen mit verbrauchter

Königswasser-Ätzlösung und Zudosierung von verbrauchter, schwach alkalischer Ätzlösung. Die Nutzung der freien Restsäure und -lauge entlastet die Abwasserbehandlung und erspart den Einsatz von Laugungschemikalien beim Recycler.

Durch Filtration der salzsauren Suspension in einer chemiefesten Kammerfilterpresse und Spülung des Filterkuchens lassen sich eine salzsaure Lösung und ein weiter verwendbares SiC-Pulver erzeugen. Vor der beabsichtigten Weiterbehandlung durch Dialyseprozesse sollte die salzsaure Lösung einer Nachfiltration unterzogen werden, da die Membranverfahren anfällig gegen Verblockung durch Schleifkornreste sind.

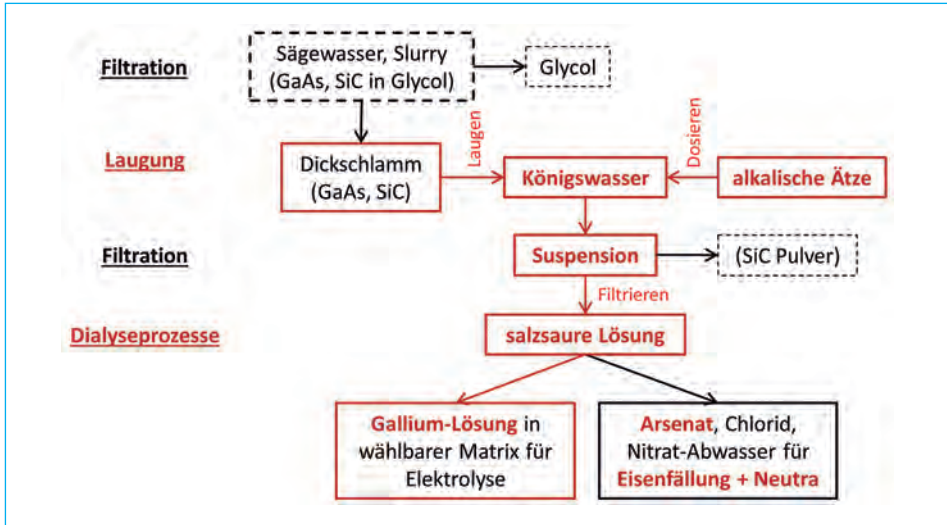


Bild 6: Geplante Prozessroute zur Einbindung von verbrauchten Ätzlösungen in den Recyclingkreislauf

Eine Verfahrensentwicklung zur Rückgewinnung des Arsens aus der Lösung ist erst im Folgeschritt vorgesehen, sodass die Arsenabtrennung durch Eisenarsenat (Scorodit) Fällung bzw. Adsorption an $\text{Fe}(\text{OH})_3$ erfolgt. Die entstehenden Fällschlämme sind nach deutschem Recht in Sonderdeponien der Deponieklasse DK II einzubringen.

Zum Recycling des Galliums aus der klaren, salzsauren Lösung forschen das Helmholtz Institut Freiberg und die TU Bergakademie Freiberg in Zusammenarbeit mit der Freiburger Compound Materials GmbH an Dialyseverfahren, die das Ga und As in einem Schritt trennen und eine anschließende $\text{Ga}(\text{OH})_3$ Fällung direkt aus dem sauren Milieu erlauben sollen. Die Membranprozesse zeichnen sich durch ihre einfache und platzsparende Funktionsweise, hohe Effizienz und hohe Automatisierbarkeit aus.

5. Beschreibung der untersuchten Dialyseverfahren

Im folgenden Abschnitt sollen die Funktionsweise der Dialyseverfahren und mögliche Entwicklungsrichtungen des weiteren Projektverlaufs dargestellt werden. Die Untersuchungsgrundlage bilden an- und kationenselektive Membranen aus säure- und

oxidationsstabilen Polymeren von verschiedenen Membranherstellern. Zur Zeit werden sie auf chemische Stabilität und Permeabilität der zu trennenden Ionen bei verschiedenen Prozessparametern untersucht.

Auf Grundlage der gewonnenen Daten sollen im Anschluss Membranpaare vorgeschlagen und auf ihre Eignung unter prozessnahen Bedingungen untersucht werden. Am Ende des Projekts ist die Verfahrensoptimierung mit einer Feineinstellung einzelner Prozessparameter zur Verbesserung der Selektivität und Senkung des Energiebedarfs vorgesehen.

Die hohe Nachfrage von Membranen insbesondere für die Mehrwasserentsalzung und Akkumulatorentechnik hat in den letzten Jahrzehnten zu einer Verbesserung von Membraneigenschaften und Fertigungstechnologien mit Preissenkungen für den gesamten Membranmarkt geführt. Neben homogenen Membranen stehen heterogene Membranen zur Auswahl, bei denen die aktive Schicht auf ein Trägermaterial aufgetragen ist. Durch die Polymerstrukturen verlaufen wenige Nanometer breite Porenkanäle mit funktionellen Gruppen. Die geforderte Selektivität des Ionentransports entsteht durch Abstoßung entgegengesetzt geladener Ionen von den funktionellen Gruppen bzw. durch Permeabilitätsunterschiede gleich geladener Ionen. Mit sinkender Ladungszahl nimmt die Permeabilität im Allgemeinen zu. Einfach geladene Ionen mit geringem Ionenradius wie H^+ , Na^+ und Cl^- können unter geeigneten Bedingungen die Potenzialbarriere von entgegengesetzt geladenen funktionellen Gruppen überwinden und durch die Membran diffundieren.

Um eine möglichst scharfe Trennwirkung von Gallium und Arsen zu erzielen, sollten die betreffenden Spezies eine unterschiedliche Ladung besitzen. In den untersuchten Lösungen wird wegen der hohen Salzsäurekonzentration und geringen pH Werte von vollständiger Komplexierung der Ga^{3+} Ionen zu $GaCl_4^-$ ausgegangen. Die Arsensäure kann auf Grundlage des Pourbaix-Diagramms [11] vollständig protoniert oder einfach deprotoniert vorliegen. Der Mangel an thermodynamischen Daten für hohe Konzentrationen macht eine direkte Strukturbestimmung in den Lösungen wünschenswert.

Durch die unterschiedlichen Wanderungsgeschwindigkeiten der Ionen in den Diffusionsgrenzschichten und Porenkanälen verändern sich die Ionenkonzentrationen gegenüber der Bulklösung, was zur Bildung weiterer Spezies oder zu Fällungen führen kann. Während der Versuche ist insbesondere die Verblockung der Membran durch Ausfällen von $Ga(OH)_3$ zu vermeiden. Die Ionenkonzentrationen in der Membran lassen sich nicht bestimmen, sodass nur indirekte Rückschlüsse aus Versuchen und Simulationen gezogen werden können.

Als Gegenmaßnahme kann eine Einstellung der pH Werte der Lösungen und des pH Gefälles über die Membran erfolgen.

Triebkräfte für die Ionenwanderung sind der Diffusionsdruck bei der Diffusionsdialyse und/oder ein elektrisches Feld bei der Elektrodialyse, wobei die Elektroneutralitätsbedingung erfüllt bleiben muss. Eine Möglichkeit zur Ga/As Trennung ist die Diffusionsdialyse.

Bei der Diffusionsdialyse, z.B. zur Säurerückgewinnung, kommen spezielle Membranen mit höherer Permeabilität von einwertigen Ionen mit entgegengesetzter Ladung zum

Einsatz. Da zur möglichst vollständigen Entsäuerung des Feeds ein hoher Konzentrationsgradient zum Eluat nötig ist, muss die Säure im Eluat weiter verdünnt werden. Die mit sinkenden Gradienten langsamer ablaufende Diffusion, macht weiterhin eine Anlagenvergrößerung erforderlich.

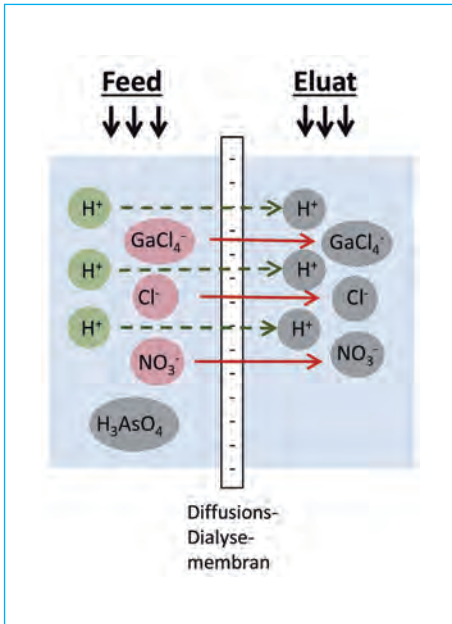


Bild 7:

Mögliche Betriebsweise einer Diffusionsdialyse zur Galliumabtrennung

Bei der Elektrodialyse wird der Diffusionsdruck von einem starken elektrischen Feld zwischen zwei Elektroden überlagert. Der Stofftransport wird durch Erweiterung des Fick'schen Diffusionsgesetzes zum Nernst-Planck-beschrieben:

$$J_i = -D_i \left(\frac{dc_i}{dx} + z_i \cdot c_i \cdot \frac{d\varphi}{dx} \right) \quad (1)$$

J = Teilchenstromdichte

D = Diffusionskoeffizient

$\frac{dc}{dx}$ = Konzentrationsgradient

$\frac{d\varphi}{dx}$ = Gradient des elektrischen Potentials

z = Ladungszahl

Dem Faraday'schen Gesetz entsprechend hängt der An- bzw. Kationentransport durch die Membranen von der Stromdichte und den jeweiligen elektrochemischen Äquivalenten ab. Die eingesetzten Stromdichten liegen in der Praxis zwischen 100 und 300 A/m². Für die Stromausbeute der gesamten Zelle ist die geringste aller Überführungszahlen durch eine Membran maßgeblich. Wegen ihrer relativ hohen Permeabilitäten für einwertige Ionen sind dies oft Anionenaustauschermembranen [12].

Zur Schließung des Stromkreises und Wahrung der Elektroneutralitätsbedingung müssen Elektrodenreaktionen stattfinden. Die Anolyten und Katholyten werden meist so gewählt, dass kathodisch Wasserstoff und anodisch Sauerstoff abgeschieden wird. Eine Verunreinigung des Katholyten mit Arsenat- und Nitrationen bzw. des Anolyten mit Chloridionen sollte aus oben genannten Gründen durch Abschirmung mit protonenselektiven Membranen verhindert werden.

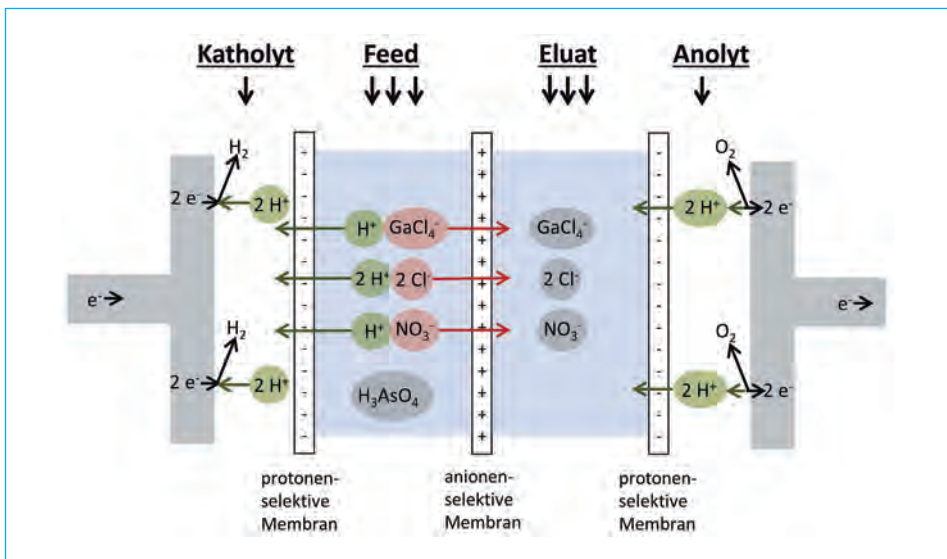


Bild 8: Mögliche Fahrweise einer Elektrodialyse zur Ga- und As-Trennung

Der Energieverbrauch wird neben der Stromdichte und Zelldimensionierung von der Zellspannung bestimmt. Letztere setzt sich aus der Zersetzungsspannung des Wassers, der Elektrodenpolarisationen sowie der Summe der Widerstände aller Elektrolyte und Membranen zusammen. Eine Verringerung des Energieverbrauchs kann durch Aneinanderreihung der Membranpaare erfolgen. Der Zellstrom sinkt mit den Einzelquerschnitten der Elektroden und Membranen, während sich die Zellspannung erhöht. Bei Stapelung einer genügenden Anzahl von Membranpaaren kann der Anteil der Zersetzungsspannung an der Zellspannung bedeutend gesenkt werden. Eine Alternative stellt der Einsatz von Wasserstoffverzehranothen oder Sauerstoffverzehrkatoden dar, welche die chemische Energie der an der jeweils anderen Elektrode erzeugten Gase wieder zur Bildung von Wasser nutzen. Durch ihre Störanfälligkeit sind sie trotz hoher Effektivität vorerst nicht für die weiteren Untersuchungen vorgesehen.

6. Abstract

Bemühungen zur Rückgewinnung von seltenen Metallen beschränken sich derzeit meist auf die Verwertung von End-of-life Produkten. In Produktionsprozessen dagegen gehen oft erhebliche Mengen dieser Wertstoffe verloren, die aus technologischen oder wirtschaftlichen Gründen nicht zurück gewonnen werden. In dem vorliegenden Beitrag werden die Möglichkeiten der Rückgewinnung von Gallium, über den bisherigen Stand der Technik hinaus, in der Halbleiterindustrie dargestellt. Als Beispiel dient das Recycling von Gallium aus Ätzlösungen der GaAs-Wafer und -Chipproduktion. Die Galliumverluste über Abwasserbehandlung und Reststoffrecycling der Waferproduktion belaufen sich auf etwa 150 g Gallium pro kg im produzierten Wafer. Ein wesentlicher Grund sind die hohen Kosten für eine umfassende selektive Rückgewinnung des Galliums aus dem Abwasser. Die TU Bergakademie Freiberg, das Helmholtz-Institut Freiberg und die Freiburger Compound Materials GmbH forschen an einem neuartigen und kostengünstigen Abwasserbehandlungsverfahren mit geringem Chemikalienverbrauch, um die Recyclingrate für Gallium wesentlich zu erhöhen und dabei die Qualität des Abwassers weiter zu verbessern. Zum Einsatz kommen sollen dabei Membranverfahren wie Dialyse und Elektrodialyse.

7. Quellen

- [1] Steinbach, V. et al.: Die Bedeutung wirtschaftsstrategischer Rohstoffe und die Rolle der DERA. Vortrag auf dem 4. Symposium Freiburger Innovationen in Freiberg, 2012
- [2] Technischer Report The Economics of Gallium – Siebente Edition Roskill Informations Service Ltd., 2002
- [3] Reinhold, T.: Persönliche Mitteilung zum strategischen Einkauf und internen Wertstoffrecycling bei FCM, 2013
- [4] <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/gallium/> Stand vom 02.01.2013
- [5] Gutzmer, J.: Warum gibt es Probleme mit der Versorgung strategischer Rohstoffe? Vortrag auf dem 4. Symposium Freiburger Innovationen in Freiberg, 2012
- [6] Weinert, B.; Reinhold, T.: Galliumarsenid – Anwendung und Herstellung; Vortrag auf dem 44. GDMB-Seminar in Hanau, 2010
- [7] <http://www.all-electronics.de/texte/anzeigen/30509/Substratlose-LED> Stand vom 02.01.2013
- [8] Kammer, U.: Recycling von Gallium, Germanium und Indium; Vortrag auf dem 4. Symposium Freiburger Innovationen in Freiberg, 2012
- [9] Sturgill, J. A. et al.: Pollution prevention in the semiconductor industry through recovery and recycling of gallium and arsenic from GaAs polishing wastes. In: Clean Products and Processes Volume 2. 2000, S. 18-27
- [10] Moraweg, M. et al.: Recycling von Galliumarsenid; Experimentelle Studienarbeit an der TU Bergakademie Freiberg, Institut für NE-Metallurgie, 2012
- [11] Pourbaix, M.: Atlas d'équilibres électrochimiques, Pergamon Press, Oxford, 1966
- [12] <http://www.pca-gmbh.com/appli/anwend.htm#1>. Stand vom 02.01.2013

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

Recycling und Rohstoffe – Band 6

Karl J. Thomé-Kozmiensky, Daniel Goldmann.

– Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2013

ISBN 978-3-935317-97-9

ISBN 978-3-935317-97-9 TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky

Copyright: Professor Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. Karl J. Thomé-Kozmiensky

Alle Rechte vorbehalten

Verlag: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky • Neuruppin 2013

Redaktion und Lektorat: Professor Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. Karl J. Thomé-Kozmiensky,

Dr.-Ing. Stephanie Thiel, M.Sc. Elisabeth Thomé-Kozmiensky

Erfassung und Layout: Ina Böhme, Petra Dittmann, Sandra Peters,

Martina Ringgenberg, Ginette Teske, Ulrike Engelmann, LL. M.

Druck: Mediengruppe Universal Grafische Betriebe München GmbH, München

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien, z.B. DIN, VDI, VDE, VGB Bezug genommen oder aus ihnen zitiert worden sein, so kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.