

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
19. Mai 2011 (19.05.2011)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2011/057972 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
F24J 2/48 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2010/066958

(22) Internationales Anmeldedatum:
5. November 2010 (05.11.2010)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
20 2009 015 334.7
11. November 2009 (11.11.2009) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): **ALMECO-TINOX GmbH** [DE/DE];
Triebstrasse 3, 80993 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **DASBACH, Reinhard**
[DE/DE]; Theaterstrasse 13, 06406 Bernburg (DE).

(74) Anwalt: **OLGEMOELLER, Luitgard**; Luitgard Olge-
moeller, Lindenstr. 12a, 81545 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY,

BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN,
KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA,
MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG,
NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC,
SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN,
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ,
UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD,
RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY,
CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS,
IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,
RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI,
CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

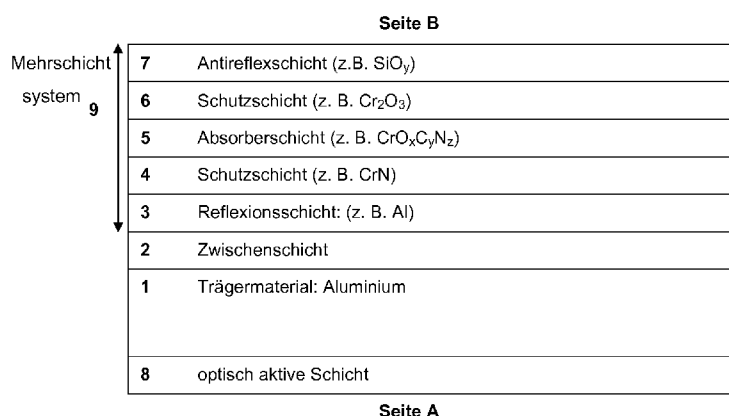
— Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu
veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz
2 Buchstabe g)

(54) Title: OPTICALLY ACTIVE MULTILAYER SYSTEM FOR SOLAR ABSORPTION

(54) Bezeichnung : OPTISCH WIRKSAMES MEHRSCHICHTSYSTEM FUER SOLARE ABSORPTION



Figur 1

- 1 ... Carrier material: aluminum
2 ... Intermediate layer
3 ... Reflective layer (e.g., Al)
4 ... Protective layer (e.g., CrN)
5 ... Absorber layer (e.g., CrO_xC_yN_z)
6 ... Protective layer (e.g., Cr₂O₃)
7 ... Antireflective layer (e.g., SiO_y)
8 ... Optically active layer
9 ... Multilayer system
Seite A ... Side A
Seite B ... Side B

5%, in the wavelength range of 2.5 μm to 50 μm.

(57) Zusammenfassung:

(57) Abstract: The invention relates to a composite material for use as a selective solar absorber having a carrier layer (1), wherein at least the following layers are present on a side (B) of the carrier layer: a reflection layer (3), an absorber layer (5), and a dielectric and/or oxidic antireflection layer (7), wherein a layer (4) made of a nitride, a carbide, or a carbonitride of a metal or a mixture of at least two metals from the subgroups IV, V, or VI is present between the absorber layer (5) and the reflection layer (3), and an optically active layer (6) made of a metal compound having stoichiometric composition is present between the absorber layer (5) and the dielectric antireflection layer (7). The invention further relates to a composite material for use as a selective solar absorber, having a carrier layer (1) made of aluminum or an aluminum alloy, wherein an optically active layer (8) is present on one side (A) of the carrier layer, reducing the reflection of the uncoated carrier material by at least 5% for a specific wavelength λ in the wavelength range of 200 nm to 10 μm, preferably between 200 and 2500 nm, for irradiation at a specific index angle, and reducing the reflection of the uncoated carrier material by no greater than 20%, preferably no greater than

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



Die Erfindung betrifft ein Verbundmaterial zur Verwendung als selektiver Solarabsorber mit einer Trägerschicht (1), wobei sich auf einer Seite (B) der Trägerschicht mindestens die folgenden Schichten befinden: eine Reflexionsschicht (3), eine Absorberschicht (5) und eine dielektrische und/oder oxidische Antireflexschicht (7), wobei sich zwischen der Absorberschicht (5) und der Reflexionsschicht (3) eine Schicht (4) aus einem Nitrid, einem Carbid oder einem Carbonitrid eines Metalls oder einer Mischung zweier oder mehrerer Metalle aus der IV., V., oder VI. Nebengruppe befindet und sich zwischen der Absorberschicht (5) und der dielektrischen Antireflexschicht (7) eine optisch aktive Schicht (6) aus einer Metallverbindung mit stöchiometrischer Zusammensetzung befindet. Außerdem betrifft die Erfindung ein Verbundmaterial zur Verwendung als selektiver Solarabsorber mit einer Trägerschicht (1) aus Aluminium oder einer Aluminiumlegierung, wobei sich auf einer Seite (A) der Trägerschicht eine optisch wirksame Schicht (8) befindet, die die Reflexion des unbeschichteten Trägermaterials bei einer spezifischen Wellenlänge λ im Wellenlängenbereich zwischen 200nm und 10 μ m, bevorzugt zwischen 200 und 2500nm bei einer Einstrahlung unter einem spezifischen Inzidenzwinkel um mindestens 5% reduziert und die Reflexion des unbeschichteten Trägermaterials im Wellenlängenbereich zwischen 2,5 μ m und 50 μ m nicht mehr als 20%, vorzugsweise nicht mehr als 5%, reduziert.

Optisch wirksames Mehrschichtsystem für solare Absorption

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verbundmaterial mit einem Träger, der in vielen Fällen aus Aluminium oder einer Aluminiumlegierung besteht. In einer ersten Ausführungsform ist der Träger auf mindestens einer Seite mit einem optisch wirksamen Mehrschichtsystem aus mindestens fünf Schichten versehen. In einer zweiten Ausführungsform ist der Träger rückseitig mit einer optisch wirksamen Schicht versehen, die die Reflexion des unbeschichteten Trägermaterials spezifisch beeinflusst, derart, dass das Fügen von Wärmeträgerrohren an das Verbundmaterial mit dem Laser effektiver und kostengünstiger wird. Ferner sind die optischen Parameter dieser optisch wirksamen Schicht so gewählt, dass sie hohe Reflexion des metallischen Trägermaterials im Infraroten unwesentlich reduziert und damit Wärmestrahlungsverluste beim Einsatz in einem Solarkollektor gering hält. Somit wird die Effektivität der Wärmeübertragung auf ein Wärmedium verbessert. Bevorzugt werden beide Ausführungsformen miteinander kombiniert. die Effektivität der Wärmeübertragung auf ein Wärmedium verbessert wird. Bevorzugt werden beide Ausführungsformen miteinander kombiniert. Das Verbundmaterial eignet sich insbesondere für den Einsatz in thermischen Solarkollektoren.

In thermischen Solarkollektoren besteht die Aufgabe, die einfallende Solarstrahlung (300 – 2500nm) bestmöglich zu absorbieren und in Wärme umzuwandeln. Um Verluste durch Infrarotstrahlung zu minimieren, muss die Reflexion eines dort eingesetzten Materials nach dem Kirchhoff'schen Strahlungsgesetz und der Bedingung der Energieerhaltung im Wellenlängenbereich zwischen 2,5µm und 50µm möglichst hoch sein. Dies gilt sowohl für die der Solarstrahlung ausgesetzte Seite des Absorbers wie auch für die Rückseite. Daher ist es für die Nutzung in einem Solarkollektor ebenfalls wichtig, ein Material einzusetzen, das die Forderung einer hohen Reflexion im Wellenlängenbereich von 2,5µm bis 50µm auf beiden Seiten des eingesetzten Materials erfüllt.

Materialien für Solarkollektoren werden auch selektive Solarabsorber genannt. Ein Verbundmaterial, das diese optischen Eigenschaften aufweist, ist unter dem Namen TiNOX bekannt und in WO 95/17533 beschrieben. Bei dem TiNOX Material handelt es sich um ein sogenanntes Reflektor-Absorber Tandem (siehe z. B. „Solar Energy, „the state of the art“ von Jeffrey Gordon, 2001 ISES). Die oben beschriebenen optischen Eigenschaften werden hierbei dadurch erreicht, dass auf einer im Wellenlängenbereich zwischen 2,5µm und 50µm hoch reflektierenden Oberfläche, vorzugsweise einem Metall wie Cu, Al, Mo, Au, Ag, Ta, Ni, Va, Fe oder deren Legierungen, eine Absorberschicht aufgebracht wird, die die Solarstrahlung möglichst effektiv absorbiert, aber im

Bereich der Infrarotstrahlung weitgehend transparent ist. So wird die hohe Reflexion im Infraroten durch die darunter liegende hoch reflektierende Oberfläche erzielt.

Bei dem TiNOX Verbundmaterial wird als hoch reflektierende Oberfläche (T1)
5 vorzugsweise ein metallisches Trägermaterial aus Cu oder Al verwendet, das die gewünschte hohe Reflexion im Wellenlängenbereich 2,5 – 50 μm aufweist. In dem oben beschriebenen Patent wird aber auch auf die Möglichkeit hingewiesen, dass die hoch reflektierende Oberfläche durch die Beschichtung eines beliebigen (nicht optisch aktiven) Trägermaterials mit einem der oben genannten Metalle erzeugt werden kann.
10 Somit ist das Trägermaterial selbst oder die auf das Trägermaterial aufgetragene hoch reflektierende metallische Beschichtung ein Teil des optischen Mehrschichtsystems.

Die auf der hoch reflektierenden Oberfläche (Spiegelschicht) aufgebrachte erste Schicht (T2), die sogenannte Absorberschicht, besteht im Falle von TiNOX vorzugsweise aus
15 TiN_xO_y (mit $x, y = 0,1 - 1,7$). Die oberste Schicht (T3) ist eine sogenannte Entspiegelungs- oder Antireflexschicht. Diese Schicht besteht aus einem Metalloxid, vorzugsweise aus SiO_2 , ZrO_2 , HfO_2 , Al_2O_3 oder Y_2O_3 . Sie dient dazu, die Reflexion der Solarstrahlung an der Oberfläche des Verbundmaterials zu minimieren und somit die Absorption der Solarstrahlung im Verbundmaterial noch zu erhöhen.

20 In der Literatur wird eine Vielzahl weiterer, selektiver Absorber beschrieben, die auf dem Prinzip des Reflektor-Absorber Tandems beruhen. Dabei besteht die Absorberschicht in den meisten Fällen aus einer unterstöchiometrischen Metallverbindung oder aus sogenannten Cermets, bei denen Metallpartikel in einer dielektrischen Matrix
25 verteilt sind. Als lichtabsorbierende Schicht auf der der Sonne zugewandten Seite wird heute neben dem oben erwähnten Titanoxynitrid auf einem Kupferträger häufig Chromoxid (CrO_x mit einer zu Cr(III) unterstöchiometrischen Menge an Sauerstoff) bzw. ein "Cermet" aus Chrompartikeln in stöchiometrischem Chrom(III)oxid vorgeschlagen, siehe z.B. C.E. Kennedy, Review of Mid- to High-Temperature Solar Selective Absorber
30 Materials, NREL (National Renewable Energy Laboratory), Technical Report July 2002 sowie darin zitierte Literatur von O.A. Panchenko et al. in Probl. At. Sci. Technol. Ser.: Plasma Phys., 132, (1999) 253 und in Int Conf. Coat. Glass, High-Perform. Coat. Transparent Syst. Large-Area High-Vol. Appl., Pulker H.K. et al., Elsevier Science, Amsterdam, 1999, S. 287. Auch gradierte Schichten sind im Stand der Technik
35 diskutiert worden, siehe z.B. C. Nunes et al., Thin solid films 442 (2003) 173-178. W. Graf et al. schlugen in Journal of Non-Crystalline Solids 218 (1997) 380-387 eine angeblich gradierte Mischung aus Chromoxid und Chromnitrid vor, die ebenfalls in Form eines Cermet direkt auf eine Kupferunterlage gesputtert wurde. Diese Mischung wurde

entwickelt, weil gradierte Chromoxidschichten kaum realisierbar seien. Es gebe nämlich scharfe Stabilitätsübergänge zwischen metallischem Chrom und Chromoxid, so dass schon kleine Veränderungen der Herstellungsbedingungen zur Abscheidung von Metall anstelle von Metalloxid und umgekehrt führten. Abhilfe schaffe der Zusatz von Stickstoff zur Sauerstoffatmosphäre, weil ein breiter Bereich verschiedener Stöchiometrie für die Nitride existiert. Diskutiert wird in dieser Veröffentlichung dann allerdings ein "Cermet mit einem kleinen Anteil von CrN in Cr_xO_y " ohne Angabe einer Gradierung. Dieses sei ausreichend widerstandsfähig gegenüber Feuchtigkeit und Temperatur, den wichtigsten Umweltfaktoren für die Lebensdauer von Solarthermie-Kollektoren. Die Standard Testprozedur zur Ermittlung der Lebensdauer eines selektiven Solarabsorbers wird in M. Köhl, M. Heck, S. Brunold, U. Frei, B. Carlsson, K. Möller; „Advanced procedure for the assessment of the lifetime of solar absorber coatings“; Solar Energy Materials & Solar Cells 84 (2004) 275–289 beschrieben.

Allerdings haben unterstöchiometrische Schichten den Nachteil, dass sie beim Betrieb in einem Solarkollektor bis 230°C heiß werden können und dann die nicht abgesättigten Metallatome mit dem Luftsauerstoff reagieren und die Schichten somit mit der Zeit oxidischer werden (siehe z. B.: Holloway, P.H.; Shanker, K.; Pettit, R.B.; Sowell, R.R.: „Oxidation of electrodeposited black chrome selective solar absorber films“; Thin Solid Films, Vol. 72, S. 121-128, 1980). Die Absorptionsfähigkeit nimmt dabei ab. Daneben setzt ein Diffusionsvorgang der Metallatome aus der Spiegelschicht in die Absorberschicht ein (siehe z. B.: Holloway, P.H.; Shanker, K.; Alexander, G.A.; de Seda, L.: Oxidation and diffusion in black chrome selective solar absorber coatings, Thin Solid Films, Vol. 177, S. 95-105, 1989). Auch eine Oxidation der Spiegelschicht wird beobachtet. Daneben können Diffusionsvorgänge innerhalb der Absorberschicht zum Abbau des Gradienten führen (siehe z. B.: Christina Hildebrandt; „Hochtemperatur-stabile Absorberschichten für linear konzentrierende solarthermische Kraftwerke“ Dissertation 2009, Universität Stuttgart). Diese Vorgänge führen während einer durchschnittlichen Gebrauchsdauer des Solarkollektors von über 20 Jahren zu einer Veränderung (Verschlechterung) der optischen Eigenschaften des Verbundmaterials.

Daneben ist es für die Funktion eines Solarkollektors wichtig, die erzeugte Wärme effektiv an ein Wärmeträgermedium abzugeben. Dazu ist es üblich, auf der Rückseite des Materials Metallrohre (vorwiegend aus Kupfer, Edelstahl oder Aluminium) mit geeigneten Fügeverfahren zu fixieren. Durch die Rohre wird dann ein geeignetes Wärmeträgermedium (vorwiegend ein Wasser/Glykol-Gemisch oder ein Thermoöl) gepumpt, welches die Wärme an die gewünschte Abnahmestelle transportiert. Dabei kommt es darauf an, eine möglichst gute Wärmeleitung zwischen Material und Rohr zu

erzielen. Für das Fügen von Aluminiumabsorbern an Rohre hat sich das Laserschweißen (siehe "Laserlicht trifft Sonnenlicht" von Dr. Ulrich Dürr, Mikroproduktion 3/2006, Carl Hanser Verlag München, S. 28) als besonders geeignet erwiesen. In den meisten Fällen werden dazu Nd-YAG Puls-Laser mit einer Laserwellenlänge von 1064nm eingesetzt. Aufgrund der hohen Reflexion einer unbehandelten Aluminiumoberfläche in diesem Wellenlängenbereich wird über 95% der zur Verfügung stehenden Strahlungsenergie reflektiert. Für den Schweißvorgang steht somit nur sehr wenig Energie zur Verfügung. Durch die Verwendung eines flachen Einstrahlwinkels β des Laserstrahls zwischen $10^\circ - 20^\circ$ kann die Reflexion bei 1064nm auf minimal 90% reduziert werden, siehe **Figur 2**, die die Einstrahlbedingungen beim Einsatz eines Lasers zum Verschweißen des Verbundmaterials mit Rohren zeigt. In Figur 2 ist das Reflexionsspektrum einer unbehandelten Aluminiumoberfläche unter einem senkrechten Einstrahlwinkel sowie einem Einstrahlwinkel von 10° eingezeichnet. Eine weitere Reduktion des Einstrahlwinkels kann aus produktionstechnischen Gründen nicht erfolgen, da der Laserstrahl durch die nebenstehenden Rohre, die üblicherweise einen Abstand von maximal 120mm besitzen, behindert wird. Somit ist der Einsatz von sehr leistungsstarken Lasern erforderlich. Daneben kann nur mit einer geringen Pulsfrequenz gearbeitet werden, was zu einer geringeren Produktivität oder einer geringen Punktdichte führt. Eine geringe Punktdichte führt zu einer geringeren Wärmeleitung zwischen Absorberplatte und Rohr, was im Falle eines Solarkollektors auf jeden Fall dessen Effektivität reduziert.

Zur Überwindung der voranstehenden Schwierigkeiten stellt die vorliegende Erfindung Lösungen bereit, die getrennt oder kombiniert realisiert werden können.

Das Trägermaterial des erfindungsgemäßen Verbundmaterials besteht aus Aluminium oder einer Aluminiumlegierung. Als Basis für das Schichtsystem auf der der Sonne zugewandten Seite kann stattdessen auch Kupfer oder Edelstahl dienen.

Unter Bezugnahme auf **Figur 1** wird nachstehend zuerst das Schichtsystem der der Sonne zugewandte Seite B des Verbundmaterials beschrieben.

Es handelt sich dabei um ein optisch wirksames Mehrschichtsystem (9), welches aus mindestens 5 Schichten (3, 4, 5, 6, 7) besteht, wobei die oberste Schicht (7) eine dielektrische und/oder oxidische Schicht mit vorzugsweise der weiter unten angegebenen Zusammensetzung ist, die als Antireflexschicht dient und die unterste Schicht (3) des optisch wirksamen Systems aus einem Metall oder einer Metalllegierung mit einer integralen Reflexion im Wellenlängenbereich zwischen 2,5 und $50\mu\text{m}$ größer

80% besteht, vorzugsweise aus Al, Cu, Cr, Au, Ag, Ta, Ni, Va, Pt, Fe, Ti und/oder Mo und deren Legierungen. Besonders bevorzugt sind Al und Cu, bevorzugt sind aber auch Mo, Ni und Ag. Diese Schicht wird üblicherweise als Spiegelschicht bezeichnet.

Zwischen der untersten Schicht (3) des optisch wirksamen Systems und dem

5 Trägermaterial kann eine Zwischenschicht (2) eingefügt werden, um die Haftung des Mehrschichtsystems zu erhöhen und/oder eine Metaldiffusion aus dem Trägermaterial in das Mehrschichtsystem zu unterdrücken. Dabei kann es sich beispielsweise um einen Lack oder eine Haftschrift handeln, die die Haftung der Metallschicht auf dem metallischen Substrat verbessert. Diese Schicht kann jedoch entfallen, wenn die

10 Verbindung der Schicht (3) mit dem Substrat ausreichend ist. Die mittlere Schicht (5) ist die eigentliche Absorberschicht des Systems; es handelt sich dabei um eine substöchiometrische Metallverbindung des Sauerstoffs und/oder des Stickstoffs und/oder des Kohlenstoffs der Zusammensetzung $Me_rAl_sN_xO_yC_z$, wobei Me ein Metall aus der IV Nebengruppe, z.B. Ti, oder Cr ist und die Indizes r und s das Verhältnis zwischen dem

15 Metall und Al beschreiben (für $s+r = 2$ kann s einen beliebigen Wert zwischen 0 und 1,9 annehmen) während die Indizes x, y und z ein nichtstöchiometrisches Verhältnis in den Oxiden, Nitriden und/oder Carbiden bezeichnen, mit der Maßgabe, dass die Summe von $x+y+z$ eine Unterstöchiometrie der Anionen gegenüber den Kationen angibt.

Zwischen der Schicht (5) und der Schicht (7) befindet sich eine oxidisch abgesättigte

20 (stöchiometrische) metalloxidische Schicht (6) des Aluminiums oder eines Metalls aus der IV. oder V. oder VI. Nebengruppe, z. B. Cr_2O_3 oder Al_2O_3 , während sich zwischen der Schicht (5) und der Schicht (3) eine metallnitridische und/oder -carbidge Schicht (4) befindet, bei der es sich um ein Nitrid, Carbonitrid oder Carbidge eines Metalls aus der IV. oder V. oder VI. Nebengruppe handelt, z. B. CrN oder TiC . Die oberste Schicht (7)

25 des optisch wirksamen Mehrschichtsystems ist eine dielektrische Schicht, die einen Brechungsindex zwischen 1,3 und 2,4, vorzugsweise zwischen 1,3 und 2,2 aufweist, besonders bevorzugt mit der Zusammensetzung MeO_vN_w , wobei die Indizes v, w ein stöchiometrisches oder nichtstöchiometrisches Verhältnis in den Oxiden und Nitriden bezeichnen. Als Metall Me können dabei Si, Zn, Sn, Zr, Hf, Cr, Al, Y oder Bi eingesetzt

30 werden. Alternativ können auch Fluoride eingesetzt werden.

Die beiden Schichten, die sich unterhalb bzw. oberhalb der Schicht (5) befinden, sind zu deren Schutz vorgesehen; sie unterdrücken die oben beschriebenen Alterungsvorgänge. Dabei dient das Metallnitrid oder -carbidge der unteren Schicht (4) als Barriere, um

35 die Diffusion von Metallatomen aus der Spiegelschicht (3), gegebenenfalls sogar aus dem Trägermaterial (1) zu unterdrücken. Ferner dient sie als Schutzschicht vor einem oxidativen Angriff der Spiegelschicht. Die Schicht (6) oberhalb der Schicht (5) ist eine oxidisch abgesättigte (stöchiometrische) metalloxidische Schicht, die unter

Temperatureinwirkung nicht weiter mit Luftsauerstoff reagieren kann. Sie dient als Schutzschicht gegen einen oxidischen Angriff der Schicht (5).

Das erfindungsgemäße optisch wirksame Mehrschichtsystem absorbiert mehr als 80% der Solarstrahlung unter AM 1,5 Bedingungen und weist im Bereich der Infrarotstrahlung zwischen 2,5µm und 50µm eine integrale Reflexion größer als 80% auf.

Damit ist das erfindungsgemäße Mehrschichtsystem (9) aus mindestens 5 Schichten oxidationsbeständiger und temperaturstabiler als ein Mehrschichtsystem aus 3 Schichten, das die gleichen optischen Anforderungen erfüllt.

In bevorzugten Ausführungsformen besteht die Absorberschicht 5 aus einem Titanaluminiumcarboxynitrid, einem Cromoxynitrid insbesondere der Zusammensetzung CrO_xN_y mit $x = 1,0-1,4$ und $y = 0,02-0,4$, oder einem Cromcarboxynitrid.

Die Reflexionsspektren zweier Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Mehrschichtsystems sind in **Figur 5** dargestellt. In einem Fall ist die Absorberschicht (5) ein unterstöchiometrisches Chromoxynitrid der Formel CrO_xN_y mit $x = 1,2-1,3$ und $y = 0,1-0,2$, in anderem Fall ein Titanaluminiumcarboxynitrid der Formel $\text{Ti}_r\text{Al}_s\text{O}_x\text{N}_y\text{C}_z$ mit $r = 1$, $s = 1$, $x = 1,2-1,4$, $y = 0,02-0,1$ und $z = 0,2-0,3$, d.h. eine ebenfalls unterstöchiometrische Zusammensetzung.

Die rückseitige, der Sonne abgewandte Seite A des erfindungsgemäßen Mehrschichtsystems kann unbeschichtet bleiben; alternativ kann diese Seite ebenfalls beschichtet sein.

In einer Ausgestaltung der Erfindung, die sowohl mit dem oben erwähnten Schichtsystem der Vorderseite (B) kombinierbar ist als auch unabhängig davon realisiert werden kann, kann die Rückseite eine optisch wirksame Schicht aufweisen, die die Reflexion des unbeschichteten Trägermaterials bei einer spezifischen Wellenlänge λ im Wellenlängenbereich zwischen 200nm und 10µm, bevorzugt zwischen 200 und 2500nm bei einer Einstrahlung unter einem spezifischen Inzidenzwinkel um mindestens 5% reduziert und die integrale Reflexion des unbeschichteten Trägermaterials im Wellenlängenbereich zwischen 2,5µm und 50µm nicht mehr als 20%, vorzugsweise nicht mehr als 10% und besonders bevorzugt nicht mehr als 5%, reduziert.

Durch die erfindungsgemäß vorgeschlagene Rückseite des Verbundmaterials wird die Effektivität der Wärmeübertragung auf das durch die Rohre fließende Wärmemedium

stark erhöht. Dies wird dadurch bewirkt, dass die Reflexion der Aluminiumoberfläche durch die auf die Rückseite aufgetragene optisch wirksame Schicht reduziert wird, so dass weniger Laserstrahlungsenergie verloren geht. In **Figur 3** ist das Reflexionsspektrum einer mit einer 190nm dicken Al_2O_3 Schicht versehenen Aluminiumoberfläche unter einem Einstrahlwinkel $\beta = 10^\circ$ eingezeichnet. Man erkennt, dass in diesem besonders bevorzugten Fall die Reflexion für 1064nm auf unter 82% reduziert werden kann. Somit kann entweder die Punktdichte oder die Produktivität erhöht werden. Durch die besonderen Eigenschaften der optisch wirksamen Schicht der vorliegenden Erfindung wird die Reflexion im Bereich der Wärmestrahlung jedoch nicht oder nur minimal reduziert, so dass Wärmestrahlungsverluste beim Einsatz in einem Solarkollektor vermieden werden.

Um die Reflexion bei der verwendeten Laserwellenlänge möglichst effizient zu reduzieren, wird die Schichtdicke der optisch aktiven Schicht so gewählt, dass eine destruktive Interferenz der reflektierenden Strahlen erreicht wird. Bedingung dafür ist, dass ein Phasenunterschied von einem ungradzahligen Vielfachen von π zwischen dem primär an der Oberfläche der optisch aktiven Schicht reflektierten Strahl und den Strahlen erzeugt wird, die erst durch die optisch aktive Schicht laufen und danach wieder an der Oberfläche der optisch aktiven Schicht austreten.

Betrachtet man einen Strahl mit der Laserwellenlänge λ , der unter dem Inzidenzwinkel α_i ($\alpha_i + \beta = 90^\circ$) auf das Verbundmaterial auftrifft (siehe **Figur 4**, die eine Skizze zur Verdeutlichung des Strahlenganges eines auf das Verbundmaterial unter einem Einstrahlwinkel β bzw. Inzidenzwinkel α_i ($\alpha_i + \beta = 90^\circ$) eingestrahlt und reflektierten Laserstrahls zeigt), wird dieser teilweise an der Oberfläche der optisch aktiven Schicht reflektiert (r_1) und teilweise läuft er durch die Schicht und wird dann an der unteren Grenzfläche zwischen der optisch aktiven Schicht und dem Aluminium Trägermaterial ebenfalls teilweise reflektiert (r_2). Sowohl der im Punkt A wie der in Punkt B reflektierte Strahl erfährt einen Phasensprung von π . Somit kompensieren sich beide Phasensprünge für die reflektierten Strahlen r_1 und r_2 . Damit zwischen den Wellenfronten der reflektierten Strahlen r_1 und r_2 ein Phasenunterschied von π auftritt, muss die Differenz zwischen der optischen Weglänge (AD), die der Strahl r_1 zurücklegt, und der optischen Weglänge (ABC) des durch die optisch aktive Schicht laufenden Strahls r_2 ein ungerades Vielfaches von $\lambda / 2$ sein.

Es kann gezeigt werden, dass der Anteil des Strahls, der im Punkt C wieder in die optisch aktive Schicht reflektiert wird und erst nach mehreren internen Reflexionen (r_n) aus der Oberfläche der optisch aktiven Schicht austritt, die gleiche Phasenlage wie der

Strahl r_2 besitzt. Daher reicht es zur Herleitung der optimalen Schichtdicke, nur die Strahlen r_1 und r_2 zu betrachten.

Die optische Weglängendifferenz Δ für die ersten beiden reflektierten Strahlen r_1 und r_2 , gegeben durch (dabei sind n_0 , n_g , n_t die Brechungsindizes der Luft, der optisch aktiven Schicht und des Trägermediums):

$$\Delta = n_g \left[(\overline{AB}) + (\overline{BC}) \right] - n_0 (\overline{AD})$$

mit

$$(\overline{AB}) = (\overline{BC}) = d / \cos \alpha_t$$

ergibt sich als

$$\Delta = \frac{2n_g d}{\cos \alpha_t} - n_0 (\overline{AD})$$

mit

$$(\overline{AD}) = (\overline{AC}) \sin \alpha_i$$

Über das Snelliusche Brechungsgesetz sind die Winkel α_i und α_t verknüpft, so dass sich folgende Beziehung ergibt:

$$(\overline{AD}) = (\overline{AC}) \frac{n_g}{n_0} \sin \alpha_t$$

Weiter gilt

$$(\overline{AC}) = 2d \tan \alpha_t$$

Und somit erhält man nach einigen trigonometrischen Umformungen für die optische Wegdifferenz:

$$\Delta = 2n_g d \cos \alpha_t$$

Die Phasendifferenz δ der beiden Strahlen r_1 und r_2 ist nun gegeben durch

$$\delta = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta = \frac{4\pi n_g}{\lambda} d \cos \alpha_t$$

Eine maximale Schwächung der Reflexion erhält man für $\delta = \pi$.

$$\pi = \frac{4\pi n_g}{\lambda} d \cos \alpha_t$$

Löst man diese Formel nach d auf und ersetzt den Winkel α_t durch den Einfallswinkel α_i , so erhält man für die optimale Schichtdicke der optisch aktiven Schicht folgende Beziehung:

$$d = \frac{\lambda}{4n_g} \left(1 - \frac{n_0^2}{n_g^2} \sin^2 \alpha_i \right)^{-1/2}$$

Mit dieser Formel ist es möglich, die Schichtdicke d einer optisch aktiven Schicht jeweils auf die verwendete Laserwellenlänge λ und den verwendeten Inzidenzwinkel α_i (in der Regel zwischen 70° und 80°) des Laserstrahls anzupassen. Somit ist eine auf den Anwendungsfall maßgeschneiderte Anpassung des Verbundmaterials möglich, da die jeweiligen Laserstrahlen-Wellenlängen bekannt sind (sie reichen von etwa 200 nm bis etwa 10 μm).

Die maximal erreichbare Reduktion der Reflexion kann mit Hilfe der Fresnelschen Gleichungen berechnet werden. Die Reflexionsspektren in Figur 4 wurden mit Hilfe einer aus den Fresnel Gleichungen abgeleiteten Matrixmethode berechnet, siehe z. B. E. Hecht „Optik“, Verlag Oldenburg 2001.

Des Weiteren kann die optisch wirksame Schicht (8) auf der Seite A so ausgeführt sein, dass sie gleichzeitig als Korrosionsschutz für das verwendete Trägermaterial dient. Somit kann verhindert werden, dass die Reflexion der Rückseite des Trägermaterials durch Korrosion reduziert wird. Damit ist gewährleistet, dass die Verluste durch Infrarotstrahlung auch während eines langfristigen Einsatzes des Verbundmaterials in einem Solarkollektor niedrig bleiben.

Besonders bevorzugte Materialien für die Schicht (8) sind dieselben, die auch für die Antireflexschicht (7) auf der Vorderseite verwendet werden, z.B. Aluminiumoxid oder Siliciumdioxid. Besonders bevorzugt kann eine Aluminiumoxid-Schicht durch elektrochemisches Anodisieren des Aluminium-Trägermaterials aufgebracht werden.

Das erfindungsgemäße Verbundmaterial zeichnet sich gegenüber bisher in Solar-
kollektoren eingesetzten Verbundmaterialien dadurch aus, dass die auf der Seite A des
Trägermediums aufgebrachte optisch aktive Schicht (8) das Fügen von Wärmeträger-
rohren an das Verbundmaterial mit dem Laser effektiver und kostengünstiger macht.

5 Ferner sind die optischen Parameter dieser Schicht (8) so gewählt, dass sie hohe
Reflexion des metallischen Trägermaterials im Infraroten unwesentlich reduziert und
damit Wärmestrahlungsverluste beim Einsatz in einem Solarkollektor gering hält. Die
Schicht (8) kann dabei so ausgestaltet sein, dass sie die Korrosion der metallischen
Rückseite verhindert, so dass die Reflexion auch bei längerem Gebrauch des
10 Verbundmaterials in einem Solarkollektor nicht wesentlich abnimmt. So bleiben die
Wärmestrahlungsverluste gering. Das optisch aktive Mehrschichtsystem auf der Seite
(B) zeichnet sich durch eine besonders hohe Temperaturstabilität aus, die durch die
Verwendung von chemisch abgesättigten Schutzschichten erreicht wird, die Bestandteil
des optisch aktiven Zwischensystems sind.

15 Das Verbundmaterial der Erfindung kann auf konventionellem Wege hergestellt werden.
Zur Abscheidung der erfindungsgemäßen Absorberschichten können z.B. kommerzielle
PVD-Verfahren, aber z.B. auch CVD- oder PECVD-Verfahren eingesetzt werden. Dabei
wird das Metallband (Trägermaterial) in einer Vakuumkammer mittels eines
20 Wickelmechanismus mit einer konstanten Bandgeschwindigkeit über verschiedene PVD
Beschichtungsstationen bewegt, so dass die einzelnen Schichten des beschriebenen
Mehrschichtsystems auf der Seite B des Trägermaterials sukzessive aufgetragen
werden können.

25 Dabei kann das Metallband als Rolle vor dem Beschichtungsprozess in die Vakuum-
kammer eingebracht, beschichtet und nach der Beschichtung wieder entnommen
werden (Batch Prozess) oder über ein Vakuumschleusensystem von Atmosphäre ins
Vakuum eingeführt, beschichtet und über ein zweites Vakuumschleusensystem wieder
in die Atmosphäre geführt werden (Air to Air Prozess).

30 Bevorzugt durchläuft das Metallband vor der Beschichtung eine oder mehrere
Plasmareinigungsstationen, um Oberflächenkontaminationen des Metallsubstrats zu
entfernen (z. B. Wasser, Öle, Fette, Oxide), und so eine gute Haftung des
Mehrschichtsystems zu gewährleisten.

35 Bei den PVD Verfahren können z. B. Magnetronspütern, Gasflusssputtern,
Ionenstrahlsputtern, Elektronenstrahlverdampfung, thermische Verdampfung oder ARC-
Verdampfung eingesetzt werden. Dabei kann zum Aufbringen der einzelnen Schichten

des Mehrschichtsystems nur ein spezifisches PVD-Verfahren eingesetzt werden. Da sich für die Abscheidung von verschiedenen Materialien meist ein PVD-Verfahren besonders gut eignet, können aber auch verschiedenen PVD-Verfahren gleichzeitig zum Einsatz kommen.

5 Zur Abscheidung von Oxiden, Nitriden und oder Carbiden wird meist ein reaktives PVD Verfahren verwendet. Dabei wird mittels eines der beschriebenen Verfahren ein Metall abgeschieden und über ein Gasverteilungssystem mit einer definierten Flussrate Sauerstoff und/oder Stickstoff und/oder ein kohlenstoffhaltiges Gas in die PVD Kammer
10 eingelassen, so dass das Metall zu der gewünschten Verbindung reagiert.

Die Schichtdicke der einzelnen Schichten kann entweder über die Bandgeschwindigkeit oder die eingebrachte Leistung in den einzelnen PVD-Beschichtungsstationen in bekannter Weise gesteuert werden. Dabei kann die Abscheidungsrate durch
15 verschiedene Verfahren kontrolliert und gesteuert werden. Industriell werden dazu Reflektrometrie, Ellipsometrie, Schwingquarzverfahren oder Röntgenfluoreszenz-Verfahren u. a. benutzt.

Die optisch aktive Schicht auf der Seite A des Trägermaterials kann durch eines der
20 oben beschriebenen PVD (auch CVD und PECVD) Verfahren aufgebracht werden. Besonders bevorzugt kann eine Aluminiumoxid-Schicht durch elektrochemisches Anodisieren von Aluminiumblech aufgebracht werden.

Ausführungsbeispiel:

25 Als Trägermaterial wird 0,3 bis 0,5mm dickes Aluminiumblech (Aluminium 99,5% - 99,8% Reinheit) verwendet, auf das in einem elektrochemischen Anodisierungsprozess eine 100 bis 200 nm (besonders bevorzugt 190nm) dicke Aluminiumoxidschicht aufgebracht wird. Dabei wird das Aluminiumblech sowohl auf der Seite A wie auf der Seite B mit einer Aluminiumoxidschicht überzogen. Auf der Seite A
30 bildet die Aluminiumoxidschicht die optisch aktive Schicht 8 und auf der Seite B die Zwischenschicht 2.

Dieses elektrochemisch anodisierte Aluminiumband wird anschließend mit einer kommerziellen Air to Air Bandbeschichtungsanlage beschichtet. (Solche Band-
35 beschichtungsanlagen sind zum Beispiel in der Buchreihe „Vakuumbeschichtung“ Band 5 Seiten 187 – 199 vom VDI Verlag 1993, Herausgeber Gerhard Kienel beschrieben).

Dabei läuft das Aluminiumband in die Vakuumkammer über mehrere Bandschleusen ein, und durchläuft dann mehrere Plasmareinigungsstationen. Anschließend wird das Band durch mehrere Magnetronsputterstationen geführt, die durch Flachsleusen voneinander getrennt sind.

5

In der ersten Sputterstation wird eine Aluminiumschicht aufgesputtert, die die Reflexionsschicht 3 bildet.

10

In der darauffolgenden Sputterstation wird eine CrN-Schicht durch reaktives Sputtern von Chrom unter einer definierten Zugabe von Stickstoff abgeschieden, die die Schutzschicht 4 bildet.

15

In der nächsten Sputterstation wird durch reaktives Sputtern von Chrom unter definierter Zugabe eines Sauerstoff-Stickstoffgemisches eine unterstöchiometrische CrO_xN_y abgeschieden, die die Absorberschicht 5 bildet.

20

In der letzten Sputterstation wird eine Cr_2O_3 -Schicht durch reaktives Sputtern von Chrom unter einer definierten Zugabe von Sauerstoff abgeschieden, die die Schutzschicht 6 bildet.

Die Sputterprozesse laufen in einem Druckbereich von $1\text{e-}3$ bis $5\text{e-}3$ mbar ab. Als Sputtergas wird Argon verwendet.

25

Nach Durchlaufen einer weiteren Flachsleuse gelangt das Band in eine Elektronenstrahlverdampferkammer. Hier wird SiO_2 mittels Elektronenstrahltechnologie verdampft. Dabei wird definiert Sauerstoff eingelassen, so dass sich ein Arbeitsdruck im Bereich von $1\text{e-}4$ bis $5\text{e-}4$ mbar einstellt. Die hier aufgebrauchte SiO_2 Schicht bildet die Antireflexschicht 7 des Mehrschichtsystems.

30

Die Schichtdicken der einzelnen Schichten des Mehrschichtsystems werden über ein Ellipsometersystem erfasst und geregelt.

Anschließend wird das Band durch eine mehrstufige Bandschleuse wieder in die Atmosphäre geführt und dort aufgewickelt.

35

Ansprüche:

1. Verbundmaterial zur Verwendung als selektiver Solarabsorber, umfassend eine Trägerschicht (1) aus Aluminium, einer Aluminiumlegierung, Kupfer oder Edelstahl, wobei sich auf einer Seite (B) der Trägerschicht mindestens die folgenden Schichten befinden:
- eine Reflexionsschicht (3) aus einem Metall oder einer Metallegierung mit einer integralen Reflexion im Wellenlängenbereich zwischen 2,5 und 50 μm größer 80%,
 - eine Absorberschicht (5) aus einer hinsichtlich der Summe der Anionen substöchiometrischen Metallverbindung des Sauerstoffs und/oder des Stickstoffs und/oder des Kohlenstoffs, wobei das Metall ausgewählt ist unter den Metallen der IV. Nebengruppe, Chrom sowie einer Kombination eines Metalls der IV. Nebengruppe mit Aluminium oder von Chrom mit Aluminium, wobei das Aluminium jeweils in einem Anteil von maximal 95 At.-%, bezogen auf die Gesamtmenge an Metall, vorhanden ist, wobei sich die Absorberschicht oberhalb der Reflexionsschicht (3) befindet,
 - eine dielektrische und/oder oxidische Antireflexschicht (7) mit einer stöchiometrischen oder nicht-stöchiometrischen Zusammensetzung mit einem Brechungsindex zwischen 1,3 und 2,4, die sich oberhalb der Absorberschicht (5) befindet,
- dadurch gekennzeichnet, dass sich zwischen der Absorberschicht (5) und der Reflexionsschicht (3) eine Schicht (4) aus einem Nitrid, einem Carbid oder einem Carbonitrid eines Metalls oder einer Mischung zweier oder mehrerer Metalle aus der IV., V., oder VI. Nebengruppe befindet und sich zwischen der Absorberschicht (5) und der dielektrischen Antireflexschicht (7) eine optisch aktive Schicht (6) aus einer Metallverbindung mit stöchiometrischer Zusammensetzung befindet.
2. Verbundmaterial nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass sich zwischen der Trägerschicht (1) und der Reflexionsschicht (3) eine Zwischenschicht (2) befindet.
3. Verbundmaterial nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Reflexionsschicht (3) aus einem Metall, ausgewählt unter Al, Cu, Cr, Au, Ag, Ta, Ni, Va, Pt, Fe, Ti und Mo sowie Legierungen von zweien oder mehr dieser Metalle, besteht, bevorzugt aus Al oder Cu.

4. Verbundmaterial nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Schicht (4) ein Chromcarbid, ein Chromnitrid oder ein Chromcarbonitrid ist.
5. Verbundmaterial nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Schicht (5) die Zusammensetzung $\text{CrO}_x\text{C}_y\text{N}_z$ oder $\text{Ti}_r\text{Al}_s\text{N}_x\text{O}_y\text{C}_z$ besitzt, wobei $r+s = 2$ ist, $s = 0 - 1,9$ sein kann und die Indices x , y und z so gewählt sind, dass die Metallverbindung hinsichtlich ihrer Anionen unterstöchiometrisch ist.
6. Verbundmaterial nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Schicht (6) eine metalloxidische Schicht eines Metalls aus der IV., V. oder VI. Nebengruppe oder des Aluminiums ist.
7. Verbundmaterial nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Schicht (7) aus einem Oxid, Nitrid oder Oxynitrid eines Metalls oder von Silicium besteht.
8. Verbundmaterial nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Schicht (7) die äußerste Schicht auf der genannten Seite ist.
9. Verbundmaterial zur Verwendung als selektiver Solarabsorber, umfassend eine Trägerschicht (1) aus Aluminium oder einer Aluminiumlegierung, wobei sich auf einer Seite (A) der Trägerschicht eine optisch wirksame Schicht (8) befindet, die die Reflexion des unbeschichteten Trägermaterials bei einer spezifischen Wellenlänge λ im Wellenlängenbereich zwischen 200nm und 10 μm , bevorzugt zwischen 200 und 2500nm bei einer Einstrahlung unter einem spezifischen Inzidenzwinkel um mindestens 5% reduziert und die Reflexion des unbeschichteten Trägermaterials im Wellenlängenbereich zwischen 2,5 μm und 50 μm nicht mehr als 20%, vorzugsweise nicht mehr als 5%, reduziert.
10. Verbundmaterial nach Anspruch 9, worin die Schichtdicke der Schicht (8) der Formel

$$d = \frac{\lambda}{4n_g} \left(1 - \frac{n_0^2}{n_g^2} \sin^2 \alpha_i \right)^{-1/2}$$

gehorcht, wobei λ zwischen 200nm und 10 μm bedeutet und α_i ein Winkel zwischen 0° und 80° ist.

11. Verbundmaterial nach Anspruch 9 oder Anspruch 10, worin $\lambda = 1064 \text{ nm}$ ist.
12. Verbundmaterial nach Anspruch 10 oder 11, worin α_i ein Winkel zwischen 70° und 80° ist.
13. Verbundmaterial nach einem der Ansprüche 9 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Schicht (8) aus einem Oxid, Nitrid oder Oxynitrid eines Metalls, insbesondere des Aluminiums oder Siliciums, besteht.
14. Verbundmaterial nach einem der Ansprüche 9 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass sich auf einer der Seite (A) der Trägerschicht abgewandten Seite (B) mindestens die folgenden Schichten befinden:
- eine Reflexionsschicht (3) aus einem Metall oder einer Metalllegierung mit einer integralen Reflexion im Wellenlängenbereich zwischen $2,5$ und $50 \mu\text{m}$ größer 80% ,
 - eine Absorberschicht (5) aus einer hinsichtlich der Summe der Anionen substöchiometrischen Metallverbindung des Sauerstoffs und/oder des Stickstoffs und/oder des Kohlenstoffs, wobei das Metall ausgewählt ist unter den Metallen der IV. Nebengruppe, Chrom sowie einer Kombination eines Metalls der IV. Nebengruppe mit Aluminium oder von Chrom mit Aluminium, wobei das Aluminium jeweils in einem Anteil von maximal $95 \text{ At.}\%$, bezogen auf die Gesamtmenge an Metall, vorhanden ist, wobei sich die Absorberschicht oberhalb der Reflexionsschicht (3) befindet,
 - eine dielektrische und/oder oxidische Antireflexschicht (7) mit einer stöchiometrischen oder nicht-stöchiometrischen Zusammensetzung mit einem Brechungsindex zwischen $1,3$ und $2,4$, die sich oberhalb der Absorberschicht (5) befindet,
- dadurch gekennzeichnet, dass sich zwischen der Absorberschicht (5) und der Reflexionsschicht (3) eine Schicht (4) aus einem Nitrid, einem Carbid oder einem Carbonitrid eines Metalls oder einer Mischung zweier oder mehrerer Metalle der IV., V., oder VI. Nebengruppe befindet und sich zwischen der Absorberschicht (5) und der dielektrischen Antireflexschicht (7) eine optisch aktive Schicht (6) aus einer Metallverbindung mit stöchiometrischer Zusammensetzung befindet.
15. Verbundmaterial nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass sich zwischen der Trägerschicht (1) und der Reflexionsschicht (3) eine Zwischenschicht (2) befindet.

- 5 16. Verbundmaterial nach Anspruch 14 oder Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Reflexionsschicht (3) aus einem Metall ausgewählt unter Al, Cu, Cr, Au, Ag, Ta, Ni, Va, Pt, Fe, Ti und Mo sowie Legierungen von zweien oder mehr dieser Metalle, besteht, bevorzugt aus Al oder Cu.
- 10 17. Verbundmaterial nach einem der Ansprüche 14 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Schicht (4) ein Chromcarbid, ein Chromnitrid oder ein Chromcarbonitrid ist.
- 15 18. Verbundmaterial nach einem der Ansprüche 14 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Schicht (5) die Zusammensetzung $\text{CrO}_x\text{C}_y\text{N}_z$ oder $\text{Ti}_r\text{Al}_s\text{N}_x\text{O}_y\text{C}_z$ besitzt, wobei $r+s = 2$ ist, $s = 0 - 1,9$ sein kann und die Indices x , y und z so gewählt sind, dass die Metallverbindung hinsichtlich ihrer Anionen unterstöchiometrisch ist.
- 20 19. Verbundmaterial nach einem der Ansprüche 14 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Schicht (6) eine metalloxidische Schicht eines Metalls aus der IV., V. oder VI. Nebengruppe oder des Aluminiums ist.
- 25 20. Verbundmaterial nach einem der Ansprüche 14 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Schicht (7) aus einem Oxid, Nitrid oder Oxynitrid eines Metalls oder von Silicium besteht.
21. Verbundmaterial nach einem der Ansprüche 14 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass die Schicht (7) die äußerste Schicht auf der genannten Seite ist.

* * *

Mehrschicht
system
9

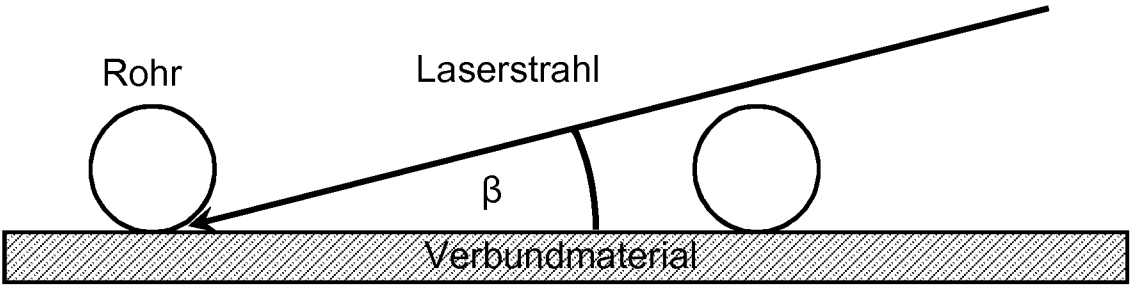
Seite B

7	Antireflexschicht (z.B. SiO_y)
6	Schutzschicht (z. B. Cr_2O_3)
5	Absorberschicht (z. B. $\text{CrO}_x\text{C}_y\text{N}_z$)
4	Schutzschicht (z. B. CrN)
3	Reflexionsschicht: (z. B. Al)
2	Zwischenschicht
1	Trägermaterial: Aluminium
8	optisch aktive Schicht

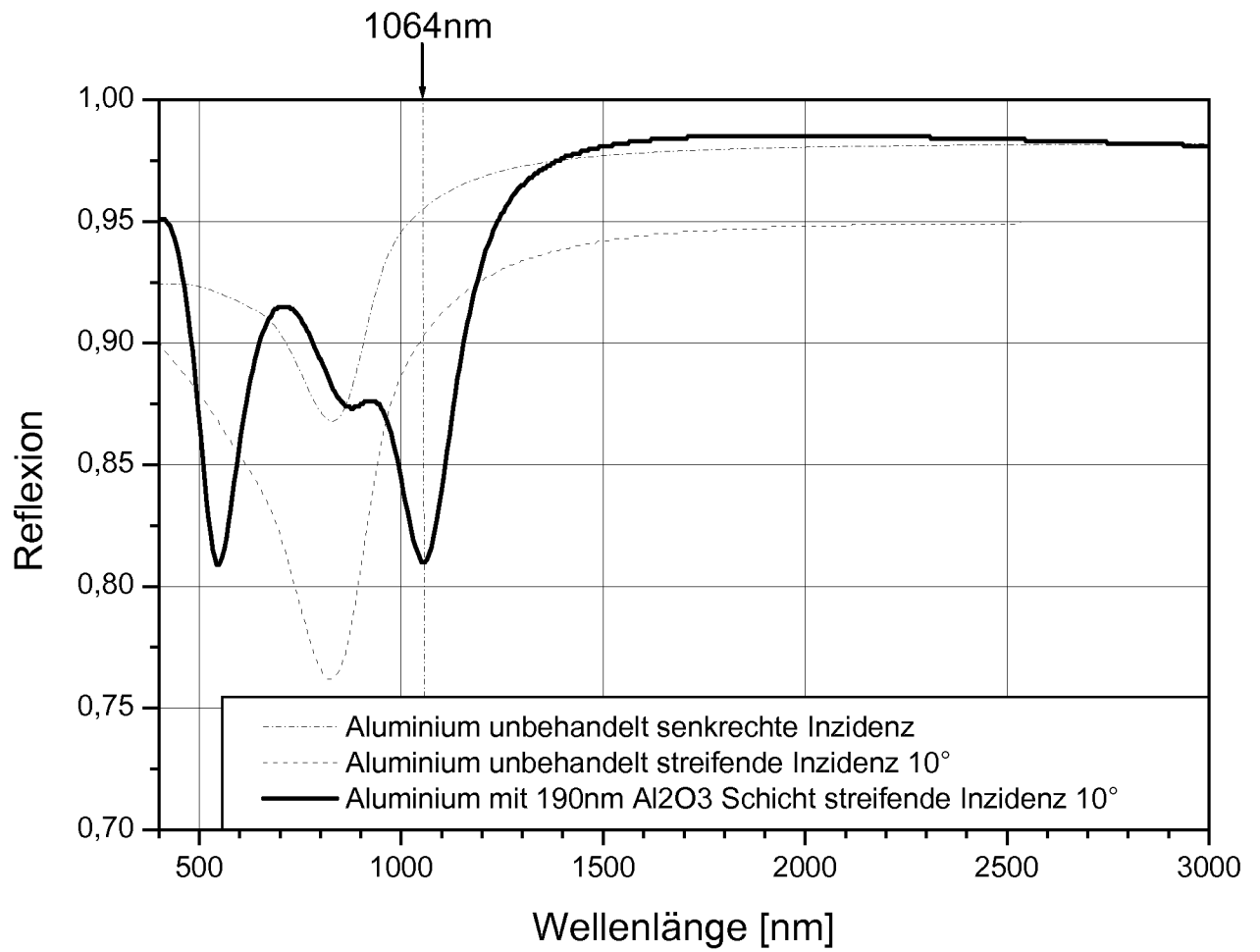
Seite A

5 Figur 1

10

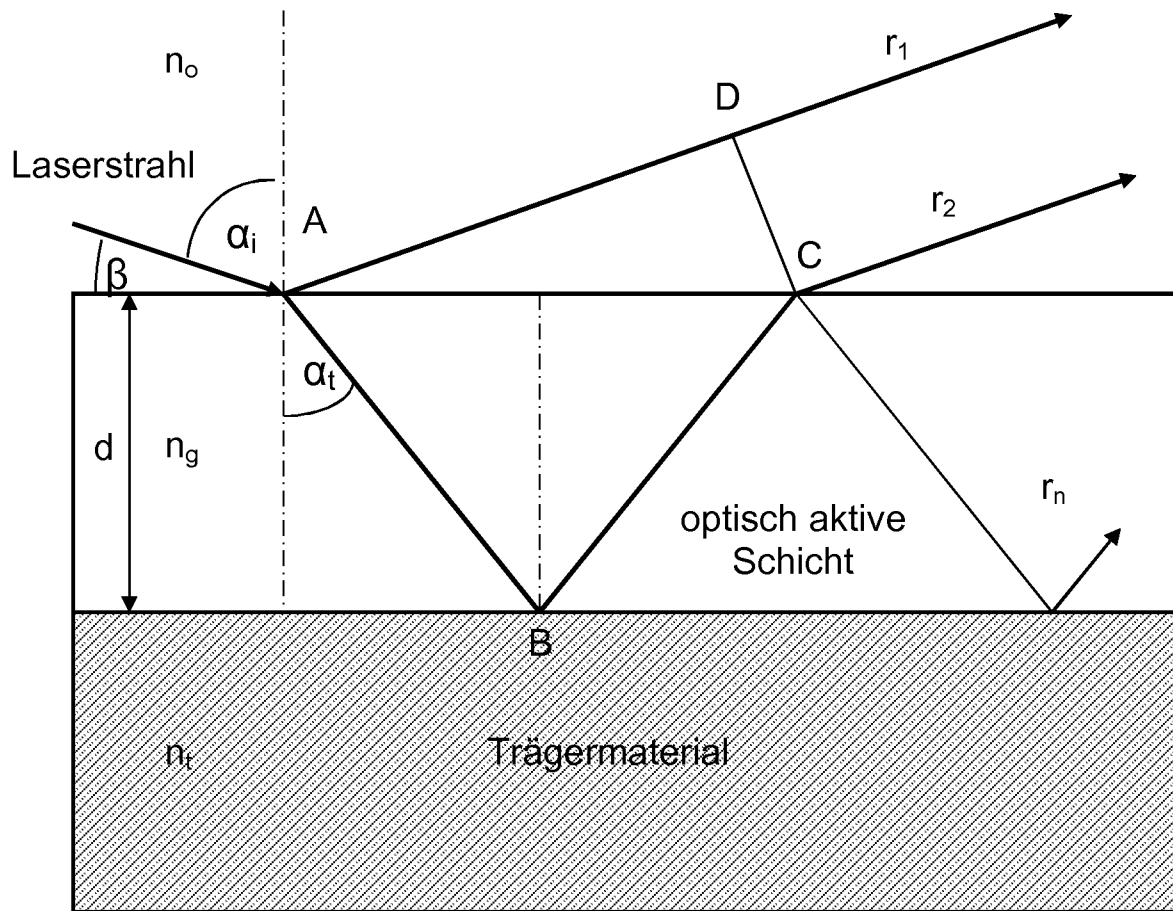


15 Figur 2



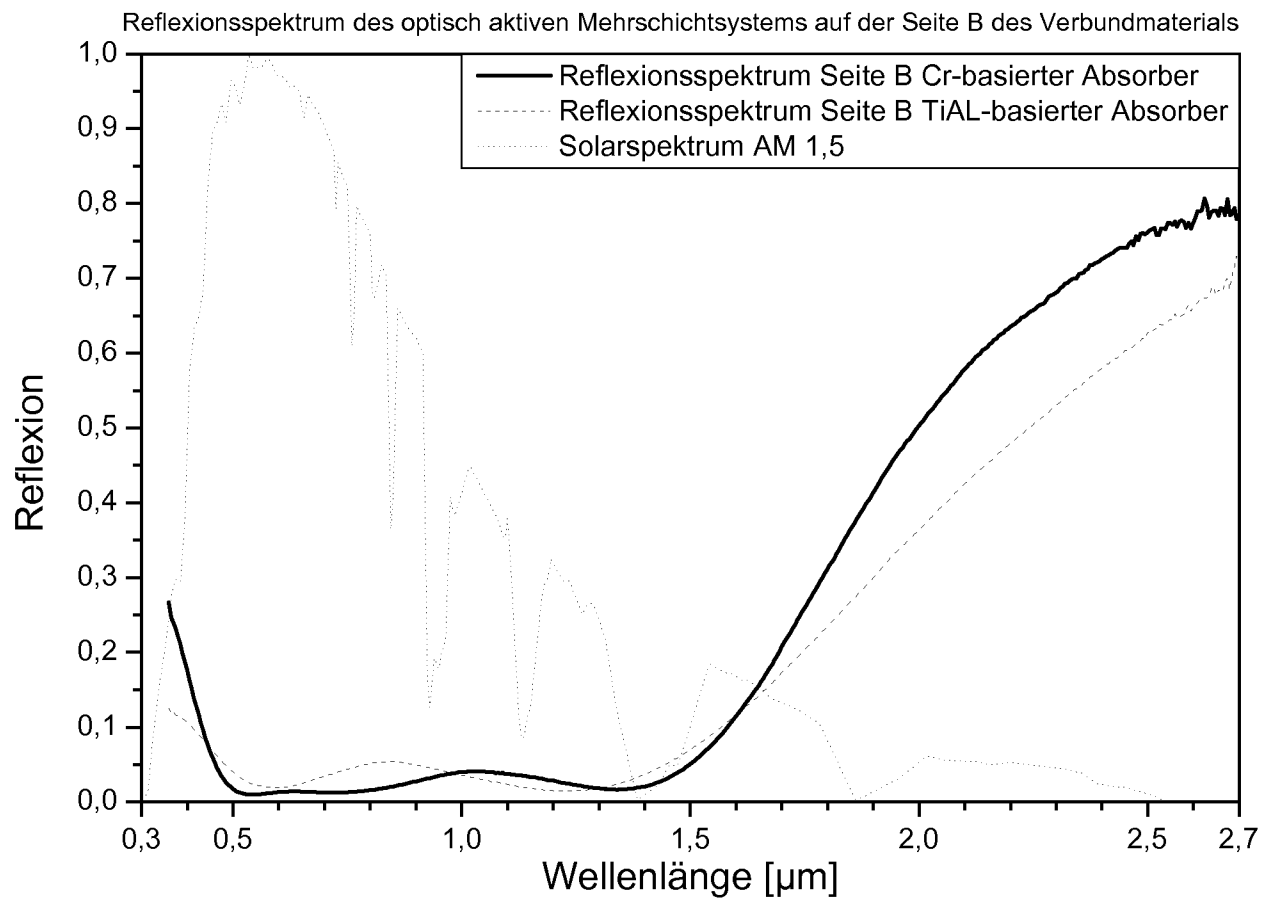
5

Figur 3



5

Figur 4



5

Figur 5