



(12)

CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2024 00062

(22) Data de depozit: 27/09/2022

(30) Prioritate:

27/09/2021 DE 102021210765; 08/06/2022
DE 102022205830

(41) Data publicării cererii:

30/09/2024 BOPI nr. 9/2024

(86) Cerere internațională PCT:

Nr. EP 2022/076865 27/09/2022

(87) Publicare internațională:

Nr. WO 2023/046995 30/03/2023

(71) Solicitant:

• ROBERT BOSCH GMBH, POSTFACH 30
02 20, 70442, STUTTGART, DE

(72) Inventatori:

• HARZER ANDREAS, SCHELMENPFAD
34, SCHWIEBERDINGEN, 71701, DE;
• HENNECK STEFAN, HUMMELBERGWEG
40, LEONBERG, 71229, DE;
• SCHUBERT MARTIN,
SCHLUESSELWIESEN 43, STUTTGART,
70186, DE;
• KOHLER TOBIAS,
GEORG-ELSER-STRASSE 5,
REUTLINGEN, 72762, DE

(74) Mandatar:

ROMINVENT S.A.,
STR. ERMIL PANGRATTI NR.35,
SECTOR 1, 011882, BUCUREȘTI, B

(54) COMPOZIȚIE COMPOZITĂ FORMATOARE DE (POLI)SILSESQUIOXAN

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un procedeu de obținere a unui compozit pe bază de (poli)silsesquioxan cu utilizare ca masă de încapsulare pentru izolarea componentelor electronice de putere. Procedul, conform invenției, constă în etapele: preparare a unei compoziții compozită cu contracție redusă la întărire și/sau uscare accelerată prin amestecarea în procente masice a 10...95% din cel puțin un material de umplutură cu 1...20% un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de polisilsesquioxan și/sau un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau un silanol care conține grupări hidrolizabile, respectiv, un solvent organic, un agent de umectare și/sau antispumant, o rășină

reticulabilă, prin agitare sub un vid moderat, aplicare prin turnare pentru formarea unei structurisolidă sauca masă de încapsulare și/sau înglobare și/sau acoperire pe substrat ceramic și/sau metalic, eventual, uscare, urmată de întărirea compoziției la o temperatură de 100...250°C, rezultând un compozit cu stabilitate termică și rezistență termică ridicată sub sarcină continuă, de exemplu de la peste 180°C până la 260°C, respectiv, creșterea semnificativă a duratei de viață a componentelor electronice de putere încapsulate.

Revendicări: 31

Figuri: 1



OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI
Cerere de brevet de invenție
Nr. <u>a 2024 000 62</u>
Data depozit <u>2.7.09- 2022</u>

COMPOZIȚIE COMPOZITĂ FORMATOARE DE (POLI)SILSESQUIOXAN

Descriere

Titlu

Compoziție compozită formatoare de (poli-)silsesquioxan

Prezenta invenție se referă la o compoziție compozită pentru formarea unui compozit, de exemplu, care poate fi utilizată pentru încapsularea componentelor electronice și/sau electrice, în special a componentelor electronice de putere. În plus, invenția se referă la un procedeu de producere a acesteia, la procedee de producere a compușilor de silan și/sau a compozițiilor de silan pentru aceasta, la compuși și/sau compoziții de silan corespunzătoare, la un compozit și/sau silsesquioxan produs în mod corespunzător și la utilizarea acestuia.

Stadiul tehnicii

În prezent, componentele electronice sunt de obicei încapsulate cu geluri de silicon sau rășini epoxidice.

În plus, sunt cunoscute și mase de încapsulare legate anorganic, care sunt descrise, de exemplu, în publicațiile DE 10 2018 214 641 A1 și DE 10 2018 215 694 A1.

Publicația US 2015/0065643 A1 descrie o compoziție de rășină cu întărire la cald ca material de încapsulare pentru semiconductori optici. Publicația EP 3 101 068 B1 descrie un material de încapsulare a LED-urilor UV pe bază de polisilsesquioxan (PSSO), care include acid fosforic drept catalizator. Publicația Progress in Organic Coatings, volumul 143, 105639 (DOI: 10.1016/j.porgcoat.2020.105639) descrie materiale de acoperire pliabile și dure pe bază de polisilsesquioxani cu reacție controlată pentru dispozitive electronice flexibile. Publicațiile EP 0 406 911 A1, EP 0 198 976 A2, EP 0 406 911 B1 și EP 0 198 976 B1 descriu procedee de producere a polisilsesquioxanilor. Publicația EP 3 181 646 A1 descrie un dispozitiv electronic cu un înveliș anti-amprentă care cuprinde polisilsesquioxan. Publicațiile US 2006/0202288 A1 și JP 2006253510 A descriu o compoziție izolatoare care cuprinde un derivat de polisilsesquioxan. În Materials Science Forum, vol. 498-499, paginile 369-374, M. A. Schiavon și alții descriu compozite ceramice formate prin piroliza polisilsesquioxanilor cu umplutură de Nb/Al₂O₃ la 1400 °C.

Dezvăluirea invenției

Un obiect al invenției este o compoziție compozită pentru formarea unui compozit, în special pentru încapsularea componentelor electronice și/sau electrice, care, raportat la greutatea totală a compoziției compozite, cuprinde

- de la $\geq 10\%$ în greutate până la $\leq 95\%$ în greutate din cel puțin un material de umplură și
- de la $\geq 1\%$ în greutate până la $\leq 20\%$ în greutate din cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, de exemplu prepolimer de polisilsesquioxan, și/sau
- de la $\geq 1\%$ în greutate până la $\leq 20\%$ în greutate din cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile, și/sau
- de la $\geq 1\%$ în greutate până la $\leq 20\%$ în greutate din cel puțin un silanol, în special monomeric, care conține grupări hidrolizabile.

Printr-o compoziție pentru formarea unui compozit se poate înțelege în special o compoziție care poate fi solidificată, în special întărită, pentru a forma un compozit.

În contextul prezentei invenții, prin oligomeric sau printr-un oligomer se înțelege în special o moleculă cuprinzând unități repetitive, care are cel puțin de la două până la o sută de unități repetitive.

În sensul prezentei invenții, prin polimeric sau printr-un polimer se poate înțelege în special o moleculă cuprinzând unități repetitive, de exemplu o macromoleculă, care are mai mult de o sută de unități repetitive.

Printr-un silanol se poate înțelege în special un derivat de silan, în care o grupare hidroxi (grupare OH) sau mai multe grupări hidroxi (grupări OH) este legată, respectiv sunt legate de un atom de siliciu.

Printr-un prepolimer de silsesquioxan, în special un prepolimer de polisilsesquioxan, se înțelege în special un prepolimer din care se poate forma un silsesquioxan, în special un polisilsesquioxan, în special prin intermediul unei reacții de condensare.

Printr-un silsesquioxan se înțelege în special un compus de siliciu organic care are la bază formula chimică generală: $[\text{RSiO}_{3/2}]_n$ sau $[\text{RSiO}_{1,5}]_n$. De exemplu, R poate reprezenta un reziduu organic. Silsesquioxanii pot avea o structură polimerică și/sau de tip cușcă cu compuși Si-O-Si și cu vârfuri de siliciu, în special, tetraedrice.

Printr-un polisilsesquioxan se înțelege în special un silsesquioxan polimeric.

Printr-o reacție de condensare sau condensare sau condensare se poate înțelege în special o reacție chimică în care două grupări funcționale formează o legătură covalentă prin separarea unei substanțe cu masă moleculară mică, de exemplu a unui solvent de reacție, de exemplu apă și/sau un alcool. Reacția chimică poate avea loc, de exemplu,

între două molecule, fiecare dintre acestea având una dintre grupările funcționale, și/sau intramolecular, în special între două grupări funcționale ale unei molecule.

Printr-o grupare hidrolizabilă, în special a unui compus de siliciu, de exemplu a unui precursor de silanol sau a unui silanol, se înțelege în special o grupare funcțională, în special legată de un atom de siliciu, care poate fi hidrolizată cu apă pentru a forma o grupare hidroxi (grupare OH), în special pentru a forma un silanol. De exemplu, o grupare hidrolizabilă, în special a unui compus de siliciu, de exemplu a unui precursor de silanol sau a unui silanol, poate fi o grupare alcoxi sau un atom de halogen.

Printr-un precursor de silanol se poate înțelege în special un compus de siliciu care poate fi hidrolizat cu apă pentru a forma un silanol.

Compoziția compozită poate fi, în mod avantajos, (ea însăși) fluidă și/sau turnabilă, de exemplu înainte de a se solidifica, în special de a se întări. Prin urmare, compoziția compozită poate fi utilizată în special pentru turnare și/sau pentru acoperire și/sau pentru încapsulare și/sau pentru înglobare. În mod deosebit de avantajos, compoziția compozită poate fi utilizată pentru încapsulare și/sau pentru înglobare. Prin urmare, compoziția compozită poate fi denumită, de asemenea, masă de încapsulare și/sau masă de înglobare. În special, compoziția compozită poate fi utilizată, de asemenea, pentru a încapsula și/sau a îngloba, de exemplu, pentru a îmbrăca, componente electronice și/sau electrice, de exemplu, componente electronice de putere, în special pentru tensiuni înalte și amperaje mari, de exemplu, module electronice de putere, de exemplu, sub formă de module-cadru. Masa de încapsulare și/sau masa de înglobare poate fi utilizată în mod avantajos și pentru încapsularea și/sau înglobarea componentelor electronice și/sau electrice folosind tehnica glob-top și/sau tehnica dam-and-fill.

Invenția se bazează pe cunoașterea faptului că, de exemplu, la temperaturi $\geq 100\text{ }^{\circ}\text{C}$, în special $\geq 130\text{ }^{\circ}\text{C}$, până la $\leq 250\text{ }^{\circ}\text{C}$, silanolii oligomerici și/sau polimerici și/sau precursorii de silanol oligomerici și/sau polimerici și/sau silanolii care conțin grupări hidrolizabile pot fi utilizați în mod avantajos pentru a forma compozite foarte stabile. Grupările hidroxi ale silanolilor se pot condensa direct prin separarea apei și formarea de legături covalente puternice, pentru a forma o rețea tridimensională, în special polimerică, de exemplu pentru a forma silsesquioxani, în special polisilsesquioxani, și/sau cu grupări OH, de exemplu pe suprafețele materialelor, de exemplu ale respectivului cel puțin un material de umplură și/sau substrat. Grupările hidrolizabile ale precursorilor de silanol și/sau ale silanolilor se pot condensa, de asemenea, direct cu aceștia, în special pentru a forma silsesquioxani, de exemplu polisilsesquioxani. În plus, grupările hidrolizabile ale precursorilor de silanol și/sau ale silanolilor se pot condensa indirect, în special mai întâi printr-o hidroliză a grupărilor hidrolizabile pentru a

forma grupări hidroxi și apoi printr-o condensare a grupărilor hidroxi cu acestea, în special pentru a forma silsesquioxani, de exemplu polisilsesquioxani.

În contextul invenției, s-a constatat că silsesquioxanii, de exemplu polisilsesquioxanii, pot fi utilizați pentru a forma compozite cu legături organosiliconice deosebit de avantajoase. Deoarece silsesquioxanii, de exemplu polisilsesquioxanii, au în mod avantajos o proporție ridicată bazată pe legături siliciu-oxigen, în special care tinde să fie asociată cu proprietăți anorganice, în special ceramice, și doar o proporție organică relativ scăzută, în special care este formată în principal din reziduul organic explicat ulterior și care poate fi, de exemplu, doar o simplă grupare metil, compozitele formate din aceștia pot avea în mod avantajos proprietăți cvasi-ceramice sau proprietăți similare compozitelor ceramice. De exemplu, compozitele care conțin silsesquioxan, cum ar fi polisilsesquioxanul, pot prezenta o rezistență, o duritate și/sau o robustețe ridicate în comparație cu compozitele cu lanți polimerici. În comparație cu compozitele (pur) anorganice, în special ceramice, care includ și compozite formate prin piroliza silsesquioxanilor, de exemplu a polisilsesquioxanilor, de exemplu la 1400 °C, deoarece acestea își pierd conținutul organic în timpul pirolizei și sunt apoi (pur) anorganice, compozitele formate din silsesquioxani, de exemplu polisilsesquioxani, prin întărire la temperaturi ≥ 100 °C, în special de la ≥ 130 °C, până la ≤ 250 °C, își pot păstra conținutul organic, de exemplu sub forma unui reziduu organic per atom de siliciu, ceea ce le poate conferi, de exemplu, o anumită elasticitate și/sau o fragilitate redusă și/sau o aderență îmbunătățită și/sau o hidrofobicitate crescută și/sau o absorbție redusă a apei.

Materialele de umplură au, în general, cel puțin o mică proporție de grupări OH pe suprafața lor, fie pentru că materialul de umplură este deja în sine un material care conține oxigen, de exemplu ceramic, de exemplu oxidic și/sau silicatic, fie un material care este lipsit de oxigen, de exemplu ceramic și/sau metalic, de exemplu în miez, care, cu toate acestea, ca urmare a fenomenelor de pasivizare și/sau de degradare - de exemplu, prin reacție cu umiditatea aerului - poate avea o suprafață oxidată cu grupări OH, cum ar fi alte tipuri de materiale ceramice, cum ar fi nitruri, de exemplu nitrură de aluminiu și/sau nitrură de bor, și/sau metale, cum ar fi cupru, argint, aur, nichel, aluminiu, fier etc., și/sau semimetale, cum ar fi siliciu, și/sau modificări ale carbonului. Acest lucru face posibil ca silanolii și/sau precursorii de silanol și/sau silanolii conținând grupări hidrolizabile să reacționeze cu grupările OH de pe suprafața respectivului cel puțin un material de umplură prin intermediul unei reacții de condensare cu separarea apei, formând astfel o legătură chimică puternică, în special covalentă, la suprafața respectivului cel puțin un material de umplură. În acest fel, în compozitul format pot fi legate în mod avantajos materiale de umplură, de exemplu ceramice, cu o mare conductivitate termică.

În plus, cele mai multe materiale utilizate în domeniul electronicii și/sau al electricii și/sau al tehnologiei de asamblare și conectare, de exemplu metale, cum ar fi cuprul,

argintul, aurul, nichelul, aluminiul etc. și/sau semiconductoare, cum ar fi siliciul, și/sau materiale ceramice, cum ar fi dioxidul de siliciu și/sau oxidul de aluminiu - eventual ca urmare a fenomenelor de pasivizare și/sau degradare, de exemplu prin reacție cu umiditatea aerului - au, de asemenea, o suprafață cu grupări OH. Acest lucru permite ca silanoli și/sau precursori de silanol și/sau silanoli care conțin grupări hidrolizabile, să reacționeze cu acestea prin intermediul unei reacții de condensare cu separarea apei și să formeze o legătură chimică puternică, în special o legătură covalentă, la suprafața unor astfel de substraturi, de exemplu componente electronice și/sau electrice.

În acest mod, respectivul cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau un prepolimer de silsesquioxan, de exemplu prepolimer de polisilsesquioxan și/sau respectivul cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric având grupări hidrolizabile și/sau respectivul cel puțin un silanol având grupări hidrolizabile facilitează în mod avantajos formarea în compoziția compozită, în special prin întărire la o temperatură cuprinsă într-un interval de la ≥ 100 °C, în special de la ≥ 130 °C până la ≤ 250 °C, a unui compozit foarte rezistent, puternic adeziv, în special autoadeziv, și stabil din punct de vedere termic, bazat pe o structură Si-O-Si-O cu legături chimice puternice la respectivul cel puțin un material de umplutură și, opțional, de asemenea la o altă suprafață aflată în contact cu acesta, de exemplu un substrat, de exemplu al unei componente electronice și/sau electrice, la și/sau pe și/sau cu care compoziția compozită a fost turnată și/sau încapsulată și/sau înglobată și/sau acoperită, care poate fi utilizat, de asemenea, în special la temperaturi de aplicare de peste 200 °C și, de exemplu, și la sarcini termice de lungă durată de până la 300 °C.

O bună aderență, de exemplu chiar și la metale, cum ar fi aluminiul și/sau cuprul, poate fi de o importanță decisivă, de exemplu, pentru robustețea unei componente electronice, în special pentru componentele electronice active, de exemplu cu semiconductoare Si, SiC și/sau GaN, motiv pentru care compozițiile, compușii și/sau compozitele conform invenției pot fi utilizate în mod deosebit de avantajos în acest scop - în special spre deosebire de masele de încapsulare convenționale cu legătură anorganică, care prezintă de obicei o aderență insuficientă.

Întrucât compoziția compozită cuprinde cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau un prepolimer de silsesquioxan, de exemplu prepolimer de polisilsesquioxan, și/sau cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric conținând grupări hidrolizabile și/sau cel puțin un silanol conținând grupări hidrolizabile, în mod avantajos, cantitatea de apă separată în timpul condensării pentru a forma compozitul și/sau cantitatea de apă conținută ca urmare a procesului de producție și, la rândul său, contracția în timpul întăririi compoziției compozite pentru a forma compozitul poate fi redusă, în special minimizată, și/sau întărirea sa poate fi accelerată și/sau coroziunea poate fi evitată.

În cazul silanoliilor oligomerici și/sau polimerici și/sau al prepolimerilor de silsesquioxan, de exemplu, al prepolimerilor de polisilsesquioxan, este posibil în mod avantajos ca o multitudine, în special majoritatea grupărilor hidroxil, care pot fi condensate cu separarea apei, să fie deja condensate, în special oligomerizate și/sau polimerizate, în prealabil, în special în afara compoziției compozite, astfel încât utilizarea de silanoli oligomerici și/sau polimerici și/sau de prepolimeri de silsesquioxan, de exemplu prepolimeri de polisilsesquioxan, în compoziția compozită poate reduce considerabil, în special minimiza, în mod avantajos separarea apei în timpul întăririi compoziției compozite și, prin urmare, contracția acesteia și/sau poate accelera în mod considerabil întărirea acesteia și/sau poate preveni coroziunea. În plus, silanoli oligomerici și/sau polimerici și/sau prepolimerii de silsesquioxan, de exemplu prepolimerii de polisilsesquioxan, pot avea o volatilitate scăzută, ceea ce poate avea un efect avantajos asupra întăririi compoziției compozite.

Ca atare, precursorii de silanol oligomerici și/sau polimerici conținând grupări hidrolizabile pot să nu aibă, în esență, grupări hidroxil care pot fi condensate prin separarea apei și pot fi deja condensați anterior, în special oligomerizați și/sau polimerizați, în special în afara compoziției compozite. Această condensare, în special oligomerizare și/sau polimerizare, efectuată anterior, în special în afara compoziției compozite, poate reduce în mod avantajos cantitatea de apă formată în timpul întăririi compoziției compozite pentru a forma compozitul, reducând astfel și contracția în timpul întăririi și/sau accelerând întărirea acesteia. În timpul întăririi compoziției compozite pentru a forma compozitul, precursorii de silanol oligomerici și/sau polimerici conținând grupări hidrolizabile pot condensa, de exemplu, direct cu grupări OH pe suprafețele materialului, de exemplu ale materialului de umplutură și/sau ale unui substrat, și/sau cu grupări hidroxil ale altor componente ale compoziției compozite, de exemplu ale respectivului cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, de exemplu prepolimer de polisilsesquioxan, și/sau ale respectivului cel puțin un silanol care conține grupări hidrolizabile, și/sau poate hidroliza indirect mai întâi cu apa, de exemplu sub forma umidității (reziduale) din cel puțin un alt component al compoziției compozite, de exemplu din cel puțin un material de umplutură, și/sau sub forma unui mic adaos de apă, de exemplu apă într-o cantitate, în special foarte mică, care poate fi, de exemplu, stoichiometrică până la semistoichiometrică față de grupările hidrolizabile ale respectivului cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric conținând grupări hidrolizabile, și/sau mai întâi cu umiditatea aerului pentru a forma cel puțin parțial grupări hidroxil, iar grupările hidroxil condensează apoi între ele și/sau cu grupările hidrolizabile.

Silanoli conținând grupări hidrolizabile pot în mod avantajos să condenseze, în special să oligomerizeze și/sau să polimerizeze, direct unul cu celălalt printr-o reacție de condensare a două grupări hidroxil și/sau printr-o reacție de condensare a unei grupări

hidroxil cu o grupare hidrolizabilă și/sau printr-o reacție de condensare a grupărilor hidroxil și/sau a grupărilor hidrolizabile cu o grupare OH pe suprafețele materialului, de exemplu ale materialului de umplură și/sau ale unui substrat, și/sau pot hidroliza indirect cel puțin parțial prin intermediul apei care se separă în timpul condensării și pot condensa ulterior. În acest fel, utilizarea silanolilor care cuprind grupări hidrolizabile în compoziția compozită poate reduce în mod avantajos cantitatea de apă conținută și/sau separată în timpul întăririi compoziției compozite - în special în comparație cu silanoli care cuprind numai grupări hidroxil - și, astfel, cel puțin procesul de întărire a acestora poate fi accelerat și/sau coroziunea poate fi redusă.

Reducerea, în special minimizarea, a cantității de apă s-a dovedit a fi deosebit de avantajoasă în special pentru aplicațiile electronice și/sau electrice, în special pentru componentele active, de exemplu, care pot fi deosebit de sensibile la umiditate.

Datorită faptului că respectivul cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, de exemplu prepolimer de polisilsesquioxan, și/sau respectivul cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care cuprinde grupări hidrolizabile, în special grupări alcoxi, și/sau respectivul cel puțin un silanol care cuprinde grupări hidrolizabile al compoziției compozite poate reacționa deja cu grupările OH de pe suprafețele substratului pentru a forma legături chimice puternice, în special covalente, este, de asemenea, posibil să se renunțe în mod avantajos la aplicarea unui strat suplimentar de promotor de aderență. Prin urmare, compoziția compozită poate fi utilizată în mod avantajos ca o așa-numită turnare cu un singur sistem. Acest lucru poate reduce în mod avantajos etapele procesului și poate simplifica procedeele de fabricație.

În compozit, respectivul cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, de exemplu prepolimer de polisilsesquioxan, și/sau respectivul cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile și/sau respectivul cel puțin un silanol care conține grupări hidrolizabile pot, de exemplu, să formeze o rețea cu ochiuri strânse și, în special, tridimensională, astfel încât compozitul format din acesta poate prezenta în mod avantajos, pe de o parte, o rezistență ridicată, în special rigiditate și/sau duritate, de exemplu, care o poate depăși pe cea a rășinilor polisiloxanice reticulate convenționale și poate prezenta, pe de altă parte, de asemenea, o înmuiere termoplastică mică sau inexistentă, în special nicio temperatură de tranziție vitroasă recunoscută la dilatometru.

Prin aceea că respectivul cel puțin un material de umplură poate avea un procent în greutate relativ ridicat, de exemplu de la $\geq 10\%$ în greutate până la $\leq 95\%$ în greutate, în special de la $\geq 60\%$ în greutate până la $\leq 95\%$ în greutate, de exemplu de la $\geq 75\%$ în greutate până la $\leq 95\%$ în greutate și astfel poate reprezenta, în special, de asemenea, o proporție mare în volum din compoziția compozită și din compozitul format din

aceasta, și prin aceea că respectivul cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, de exemplu prepolimer de polisilsesquioxan, și/sau respectivul cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile și/sau respectivul cel puțin un silanol care conține grupări hidrolizabile prezintă un procent în greutate destul de scăzut în acest sens, în special de la $\geq 1\%$ în greutate până la $\leq 20\%$ în greutate, de exemplu de la $\geq 5\%$ în greutate până la $\leq 20\%$ în greutate, și în special poate reprezenta, de asemenea, o proporție în volum a compoziției compozite și a compozitului format din aceasta, este posibil să se obțină în plus în mod avantajos o contracție redusă și un coeficient de dilatație termică sau un coeficient de dilatare termică redus, în special cu o rigiditate ridicată în același timp, ceea ce poate fi deosebit de avantajos la încapsularea structurilor voluminoase și în special a componentelor electronice, cum ar fi componentele electronice de putere.

Printre altele, compoziția compozită poate fi utilizată în mod deosebit de avantajos pentru încapsularea componentelor electronice și/sau electrice, cum ar fi componentele electronice de putere, deoarece datorită coeficienților săi de dilatație termică scăzuți, de exemplu în intervalul $7\text{--}9 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, de exemplu în raport cu metalele din plăcile cu circuite imprimate și/sau dintr-un ansamblu de plăci cu circuite imprimate, precum și datorită rezistenței ridicate și a puterii de aderență ridicate a compozitului format din aceasta, deformările și/sau mișcările relative induse termic, de exemplu ale plăcii cu circuite imprimate sau ale ansamblului de plăci de circuite imprimate, ale firelor de legătură, ale cipurilor și ale aliajelor de lipit, care pot apărea în cazul unei încapsulări convenționale a componentelor electronice, în special la sarcini electrice ridicate și la pierderea de căldură generată ca urmare a acestora, și care pe termen lung pot conduce la dezintegrarea straturilor și a conexiunilor, pot fi împiedicate prin intermediul compozitului. Astfel, prin intermediul compozitului format din compoziția compozită se poate realiza în mod avantajos o stabilizare prin compresie sau fixarea tehnologiei de asamblare și de conectare pe substrat, de exemplu pe placa cu circuite imprimate, de exemplu a unui strat de conectare, de exemplu un strat de lipire și/sau un strat de sinterizare, de exemplu între cipurile semiconductoare și placa de circuite imprimate, și/sau a conexiunilor de lipire cu fir sau bandă, de exemplu în timpul ciclurilor termice și poate fi împiedicată, de exemplu, delaminarea termică și, de exemplu, așa-numita "ridicare a firului de legătură". Acest lucru înseamnă că compozitul format din compoziția compozită poate, de asemenea, să protejeze componentele electronice de influențele termomecanice, pe lângă cele mecanice. În comparație cu masele de încapsulare pe bază de epoxidice, compozitul format din compoziția compozită poate avea o stabilitate termică ridicată și o rezistență termică ridicată sub sarcină continuă, de exemplu, de la peste 180°C până la 260°C (temperatura de joncțiune). Acest lucru permite, la rândul său, în mod avantajos, creșterea semnificativă a duratei de viață a componentelor electronice și/sau electrice, în special a componentelor electronice de

putere, prin încapsularea cu compoziția compozită - de exemplu, cu un factor de 3 în comparație cu masele de încapsulare convenționale în acest scop.

În plus, silanolii oligomerici și/sau polimerici și/sau prepolimerii de silsesquioxan, de exemplu prepolimerii de polisilsesquioxan, în special în soluții, de exemplu alcoolice, de exemplu etanolice, și/sau precursorii de silanol oligomerici și/sau polimerici care conțin grupări hidrolizabile și/sau silanolii care conțin grupări hidrolizabile pot avea în mod avantajos o vâscozitate mai mică decât, de exemplu, elastomerul de polisiloxan sau de silicon, ceea ce face posibilă obținerea unei compoziții compozite cu capacitate bună de curgere chiar și cu un grad foarte ridicat de umplere din respectivul cel puțin un material de umplutură și/sau, în special, de asemenea, cu un interval larg de dimensiuni ale granulelor respectivului cel puțin un material de umplutură și/sau, în special, de asemenea, cu materiale de umplutură cu particule mari, de exemplu, într-un interval de la $\geq 1 \mu\text{m}$ până la $\leq 200 \mu\text{m}$, care poate fi în mod avantajos prelucrată, în special turnată și/sau injectată, fără presiune și/sau vid, adică folosind gravitația și/sau fără a fi nevoie de vid și/sau fără a fi nevoie de încălzirea masei de încapsulare în timpul încapsulării.

În plus, vâscozitatea scăzută a respectivului cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, de exemplu prepolimer de polisilsesquioxan, și/sau a respectivului cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile și/sau a respectivului cel puțin un silanol care conține grupări hidrolizabile și procentul său scăzut în greutate sau în volum permite ca particulele respectivului cel puțin un material de umplutură să fie legate chimic între ele prin structuri foarte subțiri, de exemplu straturi, formate din respectivul cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, de exemplu prepolimer de polisilsesquioxan, și/sau respectivul cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile și/sau respectivul cel puțin un silanol care conține grupări hidrolizabile, ceea ce permite obținerea unei conductivități termice ridicate, de exemplu peste $5 \cdot \text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$, și/sau a unei răspândiri termice îmbunătățite în interiorul compozitului format din aceasta, care poate fi, în special, semnificativ mai mare decât conductivitatea termică și răspândirea termică a maselor de încapsulare convenționale pe bază de polisiloxan sau elastomeri de silicon și/sau a gelurilor de silicon turnabile fără presiune și la rece și/sau a poliuretanilor și/sau a rășinilor epoxidice neumplute și umplute, în special care pot atinge doar conductivități termice relativ scăzute, de exemplu, de numai până la aproximativ $2,5 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$, care sunt inadecvate în special pentru disiparea căldurii din componentele electronice de putere. Deoarece componentele electronice de putere necesită, în special, o conductivitate termică și o răspândire termică ridicate pentru o disipare eficientă a căldurii, compoziția compozită poate fi utilizată în mod deosebit de avantajos pentru încapsularea și/sau înglobarea acestora. În special pe modulele electronice de putere cu așa-numitele cipuri semiconductoare "bare die", care sunt montate pe plăci de

circuite imprimate ceramice, de exemplu DBG (engleză: Direct Bonded Copper), AMB (engleză: Active Metal Brazed), LTCC (engleză: Low Temperature Cofired Ceramic), etc., compoziția compozită poate permite o creștere semnificativă a duratei de viață, de exemplu, cu un factor de cel puțin 3 ori în comparație cu o structură identică cu o încapsulare convențională cu gel de silicon, și/sau, în special, poate permite, de asemenea, temperaturi de funcționare continuă mai ridicate, de exemplu, de peste 180 °C, pe semiconductoare. Deoarece factorul de utilizare al semiconductoarelor SiC, de exemplu în modulele-cadru cu componente electronice de putere, este limitată în special de nivelul temperaturii de funcționare continuă, iar compoziția compozită permite temperaturi de funcționare continuă mai ridicate, de exemplu de peste 180 °C, factorul de utilizare al semiconductoarelor SiC, de exemplu în modulele-cadru cu componente electronice de putere, poate fi astfel, în mod avantajos, de asemenea, crescută de compoziția compozită.

Deoarece reacția de condensare a respectivului cel puțin unui silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, de exemplu prepolimer de polisilsesquioxan, și/sau a respectivului cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile și/sau a respectivului cel puțin un silanol care conține grupări hidrolizabile are loc în mod eficient numai la temperaturi ridicate, de exemplu, de ≥ 100 °C, în special de ≥ 130 °C, până la ≤ 250 °C, compoziția compozită poate avea, în mod avantajos, o durabilitate lungă, de exemplu, de câteva zile, la temperaturi moderate, de exemplu, la temperatura camerei, de exemplu, într-un sistem închis, ceea ce poate fi deosebit de avantajos pentru dezvoltarea procesului de producție în serie. Pentru a contracara sedimentarea materialului de umplutură pe perioada de durabilitate, compoziția compozită poate fi, de exemplu, agitată continuu sau cel puțin agitată înainte de utilizare.

Deoarece reacția de condensare a respectivului cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, de exemplu prepolimer de polisilsesquioxan, și/sau a respectivului cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile și/sau a respectivului cel puțin un silanol care conține grupări hidrolizabile are loc în mod eficient numai la temperaturi ridicate, de exemplu ≥ 100 °C, în special ≥ 130 °C, până la ≤ 250 °C, compoziția compozită poate fi, de asemenea, uscată la temperaturi scăzute, de exemplu într-un interval de la ≥ 0 °C la ≤ 90 °C, de exemplu folosind un vid, după aplicarea sa, de exemplu după turnare și/sau încapsulare și/sau înglobare și/sau acoperire, în special înainte de întărire la o temperatură ridicată, de exemplu de ≥ 100 °C, în special de ≥ 130 °C, până la ≤ 250 °C. Solvenții volatili, de exemplu alcoolii și/sau apa, pot fi eliminați în timpul procesului. În timpul uscării, compoziția compozită poate rămâne în mod avantajos deformabilă și își poate adapta forma la mediul său, de exemplu la forma unui substrat încapsulat și/sau înglobat și/sau acoperit cu ea, de exemplu o

componentă electronică și/sau electrică. În acest fel, se pot reduce la minimum tensiunile mecanice și, de exemplu, formarea de fisuri. În plus, prin uscarea compoziției compozite înainte de întărire, se poate reduce la minimum timpul în care substratul, de exemplu componenta electronică, încapsulat și/sau înglobat și/sau acoperit cu compoziția compozită este în contact cu solvenți și/sau formarea de bule în timpul întăririi.

În general, o compoziție compozită poate fi astfel furnizată în mod avantajos cu o contracție redusă la întărire, în special minimizată, și/sau o uscare și/sau întărire accelerată și/sau un potențial de coroziune scăzut, de exemplu, care poate fi utilizată în mod simplu pentru turnare și/sau încapsulare și/sau înglobare și/sau acoperire, de exemplu pentru îmbrăcare, în special pentru încapsulare și/sau înglobare, de exemplu, a componentelor electronice și/sau electrice, în special a componentelor electronice de putere, și din care se poate forma un compozit solid, în special rigid, adeziv, în special autoadeziv, și stabil din punct de vedere termic, cu un coeficient de dilatație termică scăzut, cu o conductivitate termică ridicată și/sau o răspândire termică ridicată și cu o rezistență ridicată la oboseală termică. Compoziția compozită poate fi utilizată în mod deosebit de avantajos pentru încapsularea și/sau înglobarea componentelor electronice și/sau electrice, în special a componentelor electronice de putere, la care cu compozitul format din aceasta pot fi protejate și în special stabilizate prin compresie componentele electronice și/sau electrice și/sau durata de viață a acestora și/sau factorul de utilizare pot fi mărite.

Într-un exemplu de realizare, compoziția compozită cuprinde, raportat la greutatea totală a compoziției compozite,

- de la $\geq 2\%$ în greutate până la $\leq 20\%$ în greutate, în special de la $\geq 5\%$ în greutate până la $\leq 20\%$ în greutate, de exemplu de la $\geq 5\%$ în greutate până la $\leq 15\%$ în greutate, de exemplu de la $\geq 10\%$ în greutate până la $\leq 15\%$ în greutate, din respectivul cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, în special prepolimer de polisilsesquioxan, și/sau
- de la $\geq 2\%$ în greutate până la $\leq 20\%$ în greutate, în special de la $\geq 5\%$ în greutate până la $\leq 20\%$ în greutate, de exemplu de la $\geq 5\%$ în greutate până la $\leq 15\%$ în greutate, de exemplu de la $\geq 10\%$ în greutate până la $\leq 15\%$ în greutate, din respectivul cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile, și/sau
- de la $\geq 2\%$ în greutate până la $\leq 20\%$ în greutate, în special de la $\geq 5\%$ în greutate până la $\leq 20\%$ în greutate, de exemplu de la $\geq 5\%$ în greutate până la $\leq 15\%$ în greutate, de exemplu de la $\geq 10\%$ în greutate până la $\leq 15\%$ în greutate, din respectivul cel puțin un silanol care conține grupări hidrolizabile.

Într-un alt exemplu de realizare, compoziția compozită cuprinde, raportat la greutatea totală a compoziției compozite, de la $\geq 1\%$ în greutate până la $\leq 20\%$ în greutate, de

exemplu de la $\geq 2\%$ în greutate până la $\leq 20\%$ în greutate, în special de la $\geq 5\%$ în greutate până la $\leq 20\%$ în greutate, de exemplu de la $\geq 5\%$ în greutate până la $\leq 15\%$ în greutate, de exemplu de la $\geq 10\%$ în greutate până la $\leq 15\%$ în greutate, în total din respectivul cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, de exemplu prepolimer de polisilsesquioxan, și/sau din respectivul cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile și/sau din respectivul cel puțin un silanol care conține grupări hidrolizabile. Acest lucru s-a dovedit a fi deosebit de avantajos în contextul invenției.

În contextul invenției, s-a constatat în mod surprinzător că chiar și cu o cantitate relativ mică de la $\geq 1\%$ în greutate până la $\leq 20\%$ în greutate, de exemplu, de la $\geq 2\%$ în greutate până la $\leq 20\%$ în greutate, în special de la $\geq 5\%$ în greutate până la $\leq 20\%$ în greutate, de exemplu, de la $\geq 10\%$ în greutate până la $\leq 15\%$ în greutate, raportat la greutatea totală a compoziției compozite, în total din respectivul cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, de exemplu prepolimer de polisilsesquioxan, și/sau din respectivul cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile și/sau din respectivul cel puțin un silanol care conține grupări hidrolizabile, în compoziția compozită se pot realiza niveluri de umplere ridicate până la foarte ridicate cu respectivul cel puțin un material de umplutură. De exemplu, compoziția compozită poate cuprinde, raportat la greutatea totală a compoziției compozite, $\geq 15\%$ în greutate sau $\geq 20\%$ în greutate sau $\geq 25\%$ în greutate sau $\geq 30\%$ în greutate sau $\geq 35\%$ în greutate sau $\geq 40\%$ în greutate sau $\geq 45\%$ în greutate sau $\geq 50\%$ în greutate sau $\geq 55\%$ în greutate, în special $\geq 60\%$ în greutate sau $\geq 65\%$ în greutate sau $\geq 70\%$ în greutate, de exemplu $\geq 75\%$ în greutate, până la $\leq 95\%$ în greutate, de exemplu până la $\leq 94\%$ în greutate sau $\leq 93\%$ în greutate sau $\leq 92\%$ în greutate, opțional până la $\leq 91\%$ în greutate sau $\leq 90\%$ în greutate, din respectivul cel puțin un material de umplutură. Un nivel ridicat de umplere cu respectivul cel puțin un material de umplutură poate, în mod avantajos, să optimizeze în continuare stabilitatea mecanică, conductivitatea termică, răspândirea termică, capacitatea de izolare electrică și/sau coeficientul de dilatare termică al compozitului format din compoziția compozită și, în special, să minimizeze în continuare contracția compoziției compozite în timpul întăririi pentru a forma compozitul.

Într-un exemplu de realizare, compoziția compozită cuprinde, prin urmare, de la $\geq 60\%$ în greutate până la $\leq 95\%$ în greutate din respectivul cel puțin un material de umplutură, raportat la greutatea totală a compoziției compozite. De exemplu, compoziția compozită poate cuprinde, raportat la greutatea totală a compoziției compozite, $\geq 61\%$ în greutate sau $\geq 62\%$ în greutate sau $\geq 63\%$ în greutate sau $\geq 64\%$ în greutate sau $\geq 65\%$ în greutate sau $\geq 66\%$ în greutate sau $\geq 67\%$ în greutate sau $\geq 68\%$ în greutate sau $\geq 69\%$ în greutate, de exemplu $\geq 70\%$ în greutate sau $\geq 71\%$ în greutate sau $\geq 72\%$ în greutate sau $\geq 73\%$ în greutate sau $\geq 74\%$ în greutate, în special $\geq 75\%$ în greutate sau $\geq 76\%$ în

greutate sau $\geq 77\%$ în greutate sau $\geq 78\%$ în greutate sau $\geq 79\%$ în greutate, opțional $\geq 80\%$ în greutate sau $\geq 81\%$ în greutate sau $\geq 82\%$ în greutate sau $\geq 83\%$ în greutate sau $\geq 84\%$ în greutate sau $\geq 85\%$ în greutate, până la $\leq 95\%$ în greutate, de exemplu până la $\leq 94\%$ în greutate sau $\leq 93\%$ în greutate, de exemplu până la $\leq 92\%$ în greutate, opțional până la $\leq 91\%$ în greutate sau $\leq 90\%$ în greutate, din respectivul cel puțin un material de umplură.

Într-o variantă de realizare specială, compoziția compozită cuprinde de la $\geq 75\%$ în greutate până la $\leq 95\%$ în greutate din respectivul cel puțin un material de umplură, raportat la greutatea totală a compoziției compozite. Acest lucru s-a dovedit a fi deosebit de avantajos în ceea ce privește conductivitatea termică, răspândirea termică, stabilitatea mecanică, capacitatea de izolare electrică și coeficientul de dilatare termică a compozitului format din compoziția compozită, precum și în ceea ce privește reducerea la minimum a contracției compoziției compozite în timpul întăririi pentru a forma compozitul și pentru încapsularea de volum. Dacă este cazul, compoziția compozită poate să cuprindă de la $\geq 85\%$ în greutate până la $\leq 90\%$ în greutate din respectivul cel puțin un material de umplură, raportat la greutatea totală a compoziției compozite.

Dintre cele trei clase de compuși de siliciu, în special respectivul cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, de exemplu prepolimer de polisilsesquioxan, respectivul cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile și respectivul cel puțin un silanol care conține grupări hidrolizabile, compoziția compozită poate conține, de exemplu, (numai) respectivul cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, în special prepolimer de polisilsesquioxan, sau (numai) respectivul cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile, sau (numai) respectivul cel puțin un silanol care conține grupări hidrolizabile sau o combinație a două sau trei dintre aceste clase de compuși de siliciu, de exemplu o combinație între respectivul cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, de exemplu prepolimer de polisilsesquioxan, și respectivul cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile sau o combinație între respectivul cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, de exemplu prepolimer de polisilsesquioxan, și respectivul cel puțin un silanol care conține grupări hidrolizabile sau o combinație între respectivul cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, de exemplu, prepolimer de polisilsesquioxan, și respectivul cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile și respectivul cel puțin un silanol care conține grupări hidrolizabile sau o combinație între respectivul cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric

care conține grupări hidrolizabile și respectivul cel puțin un silanol care conține grupări hidrolizabile.

În special, compoziția compozită poate să cuprindă (numai) respectivul cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, de exemplu prepolimer de polisilsesquioxan. Acest lucru s-a dovedit a fi deosebit de avantajos în contextul invenției.

Respectivul cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, de exemplu prepolimer de polisilsesquioxan, poate fi, de exemplu, un (singur) silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, de exemplu, prepolimer de polisilsesquioxan, sau o combinație de doi sau mai mulți silanoli oligomerici și/sau polimerici și/sau prepolimer de silsesquioxan, de exemplu, prepolimer de polisilsesquioxan, de același fel sau diferiți. Respectivul cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care cuprinde grupări hidrolizabile poate fi, de exemplu, un (singur) precursor de silanol oligomeric sau polimeric care cuprinde grupări hidrolizabile sau o combinație de doi sau mai mulți precursori de silanol oligomerici și/sau polimerici care conțin grupări hidrolizabile, de același fel sau diferiți. Respectivul cel puțin un silanol care conține grupări hidrolizabile poate fi, de exemplu, un (singur) silanol care conține grupări hidrolizabile sau o combinație de doi sau mai mulți silanoli care conțin grupări hidrolizabile, de același fel sau diferiți.

Într-un alt exemplu de realizare, respectivul cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, de exemplu prepolimer de polisilsesquioxan, și/sau respectivul cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile și/sau respectivul cel puțin un silanol care conține grupări hidrolizabile cuprinde un reziduu organic, în special per atom de siliciu. În acest caz, respectivul cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, de exemplu prepolimer de polisilsesquioxan, și/sau respectivul cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile și/sau respectivul cel puțin un silanol care conține grupări hidrolizabile poate fi în special pur și simplu substituit cu un reziduu organic, în special per atom de siliciu. Reziduul organic poate fi utilizat în mod avantajos pentru a modifica proprietățile compoziției compozite și/sau ale compozitului format din aceasta, de exemplu pentru a ajusta elasticitatea și/sau a preveni formarea de microfisuri și/sau a îmbunătăți aderența. Reziduul organic poate avea, de exemplu, o lungime a lanțului de ≥ 1 atom sau ≥ 2 atomi sau ≥ 3 atomi sau ≥ 4 sau ≥ 5 sau ≥ 6 atomi sau ≥ 7 atomi. Lungimea lanțului reziduului organic poate fi utilizată pentru a ajusta opțional elasticitatea compozitului format și/sau pentru a preveni, de exemplu, formarea de microfisuri. De exemplu, reziduul organic poate cuprinde sau poate fi o grupare alchil, de exemplu o grupare metil, etil sau propil, și/sau o grupare aril, de exemplu o grupare feril, și/sau un lanț alchilenic, de exemplu un lanț metilenic, etilenic sau propilenic,

și/sau o grupare arilenă, de exemplu o grupare fenilen și/sau cel puțin o grupare funcțională, de exemplu o grupare epoxi și/sau o grupare amino și/sau o grupare mercapto și/sau o grupare vinil.

Respectivul cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, de exemplu prepolimer de polisilsesquioxan, și/sau respectivul cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile și/sau respectivul cel puțin un silanol care conține grupări hidrolizabile poate fi substituit, de exemplu, în special per atom de siliciu, cu un (singur) reziduu organic, de exemplu cu o grupare alchil, de exemplu cu o grupare metil sau cu o grupare (3-glicidiloxipropil) sau cu o grupare 3-mercaptopropil, în special cu o grupare alchil, de exemplu cu o grupare metil, etil sau propil, de exemplu cu o grupare metil sau poate cuprinde o combinație de două sau mai multe clase de atomi de siliciu, fiecare substituită cu un reziduu organic diferit, de exemplu cu o primă lungime de lanț și/sau cu o primă grupare funcțională și cu o a doua lungime de lanț și/sau cu o a doua grupare funcțională.

Prin intermediul cel puțin unei grupări funcționale, adică unei grupări reactive, de exemplu o grupare epoxi și/sau o grupare amino și/sau o grupare mercapto și/sau o grupare vinil, în reziduul organic pot fi opțional modificate, de asemenea, proprietățile compoziției compozite și/sau ale compozitului format din aceasta, de exemplu aderența compoziției compozite și a compozitului format din aceasta la anumite substraturi și, opțional, de asemenea, la cel puțin un material de umplură, de exemplu o legare a rețelei, în special polimerice, formate în special prin intermediul unei reacții de condensare, la un substrat, de exemplu metalic, și/sau, opțional, de asemenea la respectivul cel puțin un material de umplură.

Cu toate acestea, într-o variantă de realizare a acestui exemplu de realizare, reziduul organic este o grupare alchil. De exemplu, reziduul organic poate fi o grupare metil, etil sau propil, de exemplu o grupare metil. Alchil-silanii, cum ar fi metil-, etil- sau propil-silanii, pot fi în mod avantajos relativ ușor de obținut și/sau rentabili. În plus, compozițiile compozite care cuprind alchil-silanoli, de exemplu metil-, etil- sau propil-silanoli, în special metil-silanoli, pot fi utilizate în mod avantajos pentru a forma compozite care au proprietăți hidrofobe și o absorbție scăzută a apei asociată, care rezistă la temperaturi de până la 300 °C și au o rezistență de aderență pe cupru de aproximativ 8 MPa și/sau care au în special, de asemenea, o conductivitate termică de aproximativ 5 W/(m·K) și peste, un coeficient de dilatare termică de 6 - 10 ppm/K, o rezistență foarte bună de izolare, în special la umiditate, și/sau care nu pot prezenta o migrare a ionilor de argint între conductoarele de argint. Cu materiale de umplură albe se pot forma în mod avantajos compozite albe, de exemplu albe ca zăpada, care pot rămâne stabile din punct de vedere al culorii chiar și în condiții de solicitare termică la temperaturi de până la 300 °C.

Într-o variantă de realizare specială a acestui exemplu de realizare, reziduul organic este o grupare metil. Acest lucru s-a dovedit a fi deosebit de avantajos pentru obținerea avantajelor de mai sus. În mod avantajos, o grupare metil ca reziduu organic pare să aibă un efect redus sau inexistent asupra coroziunii și/sau poate chiar să o reducă sau să o prevină, deoarece prin intermediul grupării metil ca reziduu organic poate fi obținută hidrofobicitatea.

În principiu, în compoziția compozită se pot utiliza și agenți de formare a silsesquioxanului disponibili în comerț, cum ar fi SLT-3A102 de la firma Gelest. Cu toate acestea, compoziția exactă a agenților de formare a silsesquioxanului disponibili în comerț nu este cunoscută și/sau, în special, nu poate fi ajustată. În plus, agenții de formare a silsesquioxanului disponibili în comerț sunt adesea comercializați sub formă de soluții apoase cu un conținut ridicat de apă, de exemplu $\geq 70\%$ în greutate, raportat la greutatea totală a soluției.

Prin urmare, în contextul invenției, au fost dezvoltate procedee de producere descrise mai detaliat în cele ce urmează, în special un procedeu de producere pentru producerea unui silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, de exemplu prepolimer de polisilsesquioxan, un procedeu de producere pentru producerea unui precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile și un procedeu de producere pentru producerea unui silanol care conține grupări hidrolizabile, pentru a putea produce acești compuși cu o compoziție care poate fi ajustată, în special optimizată, pentru utilizarea într-o compoziție compozită având un conținut de apă care este în special cât mai scăzut posibil. În special, aceste procedee de producere se bazează unul pe altul, pas cu pas. De exemplu, procedeul de producere pentru producerea unui silanol care conține grupări hidrolizabile poate reprezenta prima etapă de procedeu a procedeuului de producere pentru producerea unui precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile sau prima etapă de procedeu a procedeuului de producere pentru producerea unui silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, de exemplu, prepolimer de polisilsesquioxan, sau procedeul de producere pentru producerea unui precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile poate reprezenta prima sau a doua etapă de procedeu a procedeuului de producere pentru producerea unui silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, de exemplu, prepolimer de polisilsesquioxan.

Procedeul de producere pentru producerea unui silanol care conține grupări hidrolizabile și, prin urmare, în special, de asemenea procedeul de producere bazat pe acesta pentru producerea unui precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile sau procedeul de producere bazat pe acesta pentru producerea unui silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau a unui prepolimer de silsesquioxan, de exemplu a unui prepolimer de polisilsesquioxan, se poate baza în

special pe o hidroliză, în special o primă hidroliză, în care cel puțin un silan cu trei grupări hidrolizabile este hidrolizat în special în parte sau parțial cu o cantitate de apă care este substoichiometrică, de exemplu semistoichiometrică sau mai mică decât semistoichiometrică, în special mai mică decât semistoichiometrică, de exemplu până la pe sfert stoichiometrică, raportat la cantitatea grupărilor hidrolizabile ale respectivului cel puțin un silan cu trei grupări hidrolizabile. În acest mod, este posibil în mod avantajos să se obțină un silanol, în special unul care este anhidru și care are grupări hidrolizabile, în special hidrolizat în parte sau parțial, în special un silanol monomeric. În acest mod, conținutul de apă al compoziției compozite poate fi în mod avantajos redus la minimum și/sau cantitatea de apă care se separă în timpul întăririi compoziției compozite poate fi, de asemenea, redusă, ceea ce, la rândul său, reduce în mod avantajos contracția compozitului în timpul întăririi și/sau accelerează uscarea și/sau întărirea și/sau previne coroziunea.

Printr-o cantitate de apă substoichiometrică, în raport cu cantitatea grupărilor hidrolizabile ale respectivului cel puțin un silan cu trei grupări hidrolizabile, se poate înțelege în special o cantitate de apă care se află într-un raport de $< 3,00$ la cantitatea respectivului cel puțin un silan cu trei grupări hidrolizabile, de exemplu, se poate folosi $< 3,00$ apă la 1 silan.

Printr-o cantitate de apă semistoichiometrică, în raport cu cantitatea grupărilor hidrolizabile ale respectivului cel puțin un silan cu trei grupări hidrolizabile, se poate înțelege în special o cantitate de apă care se află într-un raport de 1,50 la cantitatea respectivului cel puțin un silan cu trei grupări hidrolizabile, de exemplu, se poate folosi 1,5 apă pentru 1 silan. Printr-o cantitate de apă mai mică decât semistoichiometrică, în raport cu cantitatea grupărilor hidrolizabile ale respectivului cel puțin un silan cu trei grupări hidrolizabile, se poate înțelege în special o cantitate de apă care se află într-un raport de $< 1,50$ la cantitatea respectivului cel puțin un silan cu trei grupări hidrolizabile, de exemplu, se poate folosi $< 1,5$ apă pentru 1 silan.

Printr-o cantitate de apă pe sfert stoichiometrică, în raport cu cantitatea grupărilor hidrolizabile ale respectivului cel puțin un silan cu trei grupări hidrolizabile, se poate înțelege în special o cantitate de apă care se află într-un raport de 0,75 la cantitatea respectivului cel puțin un silan cu trei grupări hidrolizabile, de exemplu, se poate folosi 0,75 apă pentru 1 silan.

Prin urmare, într-un alt exemplu de realizare, respectivul cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, de exemplu prepolimer de polisilsesquioxan, și/sau respectivul cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile și/sau respectivul cel puțin un silanol care conține grupări hidrolizabile se prepară prin intermediul unei hidrolize, în special al unei prime hidrolize, de exemplu ca parte a procedurii de producere conform invenției

pentru producerea unui silanol care conține grupări hidrolizabile, a cel puțin unui silan cu trei grupări hidrolizabile cu o cantitate de apă substoichiometrică, de exemplu semistoichiometrică sau mai mică decât semistoichiometrică, în special mai mică decât semistoichiometrică, de exemplu până la pe sfert stoichiometrică, raportat la cantitatea grupărilor hidrolizabile ale respectivului cel puțin un silan cu trei grupări hidrolizabile.

Printr-o hidroliză cu o cantitate de apă substoichiometrică, în raport cu cantitatea de grupări hidrolizabile ale respectivului cel puțin un silan cu trei grupări hidrolizabile, se poate obține în mod avantajos cel puțin un silanol, în special anhidru, care conține grupări hidrolizabile, în special un silanol monomeric, în special care, în raport cu suma tuturor atomilor de siliciu ai respectivului cel puțin un silanol care conține grupări alcoxi, are în medie mai puțin de trei grupări hidroxil, de exemplu două sau mai puține grupări hidroxil. Producerea acestuia fără apă poate reduce în mod avantajos conținutul de apă al compoziției compozite, în special înainte de întărire, și, prin urmare, potențialul de coroziune.

Printr-o hidroliză cu o cantitate de apă semistoichiometrică, în raport cu cantitatea de grupări hidrolizabile ale respectivului cel puțin un silan cu trei grupări hidrolizabile, se poate obține în mod avantajos cel puțin un silanol, în special anhidru, care conține grupări hidrolizabile, în special un silanol monomeric, în special care, în raport cu suma tuturor atomilor de siliciu ai respectivului cel puțin un silanol care conține grupări hidrolizabile, are în medie o grupare hidroxil și jumătate și o grupare hidrolizabilă și jumătate. Deoarece astfel de silanoli au același număr de grupări hidroxil și de grupări hidrolizabile, iar grupările hidroxil pot condensa cu grupările hidrolizabile, astfel de silanoli se pot condensa în mod avantajos complet la întărire, astfel încât, în comparație cu silanoli hidrolizați ușor substoichiometric și cu silantrioli în special complet hidrolizați, pe lângă reducerea conținutului de apă al compoziției compozite, în special înainte de întărire, se obține și o reducere a cantității de apă care se formează în timpul întăririi, reducându-se astfel și mai mult potențialul de coroziune.

Printr-o hidroliză cu o cantitate de apă mai mică decât semistoichiometrică, în raport cu cantitatea de grupări hidrolizabile ale respectivului cel puțin un silan cu trei grupări hidrolizabile, se poate obține în mod avantajos cel puțin un silanol, în special anhidru, care conține grupări hidrolizabile, în special un silanol monomeric, în special care, în raport cu suma tuturor atomilor de siliciu ai respectivului cel puțin un silanol care conține grupări hidrolizabile, are în medie mai puțin de o grupare hidroxil și jumătate și o grupare hidrolizabilă și jumătate sau mai multe. Printr-o condensare a unor astfel de silanoli, se pot obține în mod avantajos precursori de silanol oligomerici și/sau polimerici care conțin grupări hidrolizabile. În acest caz, solventul de reacție format în timpul primei condensări, în special al oligomerizării și/sau polimerizării, poate fi îndepărtat în mod avantajos înainte de utilizarea într-o compoziție compozită, reducând astfel în mod semnificativ conținutul de apă al compoziției compozite și/sau, în special, cantitatea de

solvent de reacție separată în timpul întăririi compoziției compozite, de exemplu, în cazul grupărilor alcoxi, cantitatea de alcool și/sau, de exemplu, în cazul unei hidrolize, în special unei a doua hidrolize, cantitatea de apă, reducându-se astfel semnificativ și contracția la întărire, timpul de uscare, timpul de întărire și potențialul de coroziune. Funcția de liant în timpul întăririi compoziției compozite poate fi realizată prin intermediul grupărilor hidrolizabile rămase și/sau prin intermediul grupărilor hidroxil formate, în special printr-o hidroliză, în special o a doua hidroliză, a grupărilor hidrolizabile.

Respectivul cel puțin un silan cu trei grupări hidrolizabile poate avea, de exemplu, grupări alcoxi și/sau atomi de halogen, de exemplu atomi de clor, ca grupări hidrolizabile. De exemplu, respectivul cel puțin un silan cu trei grupări hidrolizabile poate să cuprindă sau să fie cel puțin un trialcoxisilan și/sau trihalogensilan, de exemplu triclorsilan. În aplicațiile în care potențialul de coroziune este nesemnificativ, de exemplu pentru turnarea de forme libere din compoziția compozită, respectivul cel puțin un silan cu trei grupări hidrolizabile poate cuprinde atomi de halogen, de exemplu atomi de clor, ca grupări hidrolizabile.

Cu toate acestea, pentru a reduce potențialul de coroziune, respectivul cel puțin un silan cu trei grupări hidrolizabile poate avea în special grupări alcoxi ca grupări hidrolizabile. De exemplu, respectivul cel puțin un silan cu trei grupări hidrolizabile poate avea grupări etoxi și/sau grupări metoxi și/sau grupări propoxi și/sau grupări butoxi, în special grupări etoxi ca grupări hidrolizabile. În acest caz, respectivul cel puțin un silan cu trei grupări hidrolizabile poate să cuprindă sau să fie, în special, un trialcoxisilan, de exemplu, trietoxisilan și/sau trimetoxisilan și/sau tripropoxisilan și/sau tributoxisilan, de exemplu, trietoxisilan și/sau trimetoxisilan, în special trietoxisilan. Acest lucru s-a dovedit a fi deosebit de avantajos pentru aplicațiile sensibile la coroziune, de exemplu pentru încapsularea componentelor electronice și/sau electrice.

În plus, respectivul cel puțin un silan cu trei grupări hidrolizabile poate avea un reziduu organic, în special per atom de siliciu. Reziduu organic poate fi conceput așa cum s-a explicat mai sus. De exemplu, respectivul cel puțin un silan cu trei grupări hidrolizabile poate cuprinde sau poate fi cel puțin un trialcoxialchilsilan, de exemplu cel puțin un trimetoxialchilsilan și/sau trietoxialchilsilan și/sau tripropoxialchilsilan și/sau tributoxialchilsilan, și/sau cel puțin un trialcoxiepoxisilan, de exemplu, cel puțin un trimetoxiepoxisilan și/sau trietoxiepoxisilan și/sau tripropoxiepoxisilan și/sau tributoxiepoxisilan și/sau cel puțin un trialcoxiaminosilan, de exemplu, cel puțin un trimetoxiaminosilan și/sau trietoxiaminosilan și/sau tripropoxiaminosilan și/sau tributoxiaminosilan, și/sau cel puțin un trialcoximercaptosilan, de exemplu cel puțin un trimetoximercaptosilan și/sau trietoximercaptosilan și/sau tripropoximercaptosilan și/sau tributoximercaptosilan, și/sau cel puțin un trialcoxivinilsilan, de exemplu cel puțin un trimetoxivinilsilan și/sau trietoxivinilsilan și/sau tripropoxivinilsilan și/sau tributoxivinilsilan. În special, respectivul cel puțin un silan cu trei grupări hidrolizabile

poate cuprinde sau poate fi cel puțin un trialcoxialchilsilan, de exemplu, cel puțin un trietoxialchilsilan și/sau trimetoxialchilsilan și/sau tripropoxialchilsilan și/sau tributoxialchilsilan, de exemplu, cel puțin un trietoximetilsilan și/sau trietoxietilsilan și/sau un trietoxipropilsilan și/sau trimetoximetilsilan și/sau trimetoxietilsilan și/sau trimetoxipropilsilan și/sau tripropoximetilsilan și/sau tripropoxietilsilan și/sau tripropoxipropilsilan, de exemplu, trietoximetilsilan.

Cantitatea de apă poate fi, în special, substoichiometrică, de exemplu, semistoichiometrică sau mai mică decât semistoichiometrică, în special mai mică decât semistoichiometrică, de exemplu, până la pe sfert stoichiometrică, în raport cu cantitatea de grupări hidrolizabile, în special în total, ale respectivului cel puțin un silan cu trei grupări hidrolizabile.

Într-un alt exemplu de realizare, grupările hidrolizabile sunt grupări alcoxi, de exemplu grupări etoxi și/sau grupări metoxi și/sau grupări propoxi și/sau grupări butoxi, și/sau respectivul cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile cuprinde sau este cel puțin un precursor de silan oligomeric și/sau polimeric care conține grupări alcoxi, de exemplu grupări etoxi și/sau grupări metoxi și/sau grupări propoxi și/sau grupări butoxi, și/sau respectivul cel puțin un silanol care conține grupări hidrolizabile cuprinde sau este cel puțin un silanol care conține grupări alcoxi, de exemplu grupări etoxi și/sau grupări metoxi și/sau grupări propoxi și/sau grupări butoxi, și/sau respectivul cel puțin silan cu trei grupări hidrolizabile cuprinde sau este cel puțin un trialcoxisilan, de exemplu cel puțin un trietoxisilan și/sau cel puțin un trimetoxisilan și/sau cel puțin un tripropoxisilan și/sau cel puțin un tributoxisilan. Acest lucru poate fi deosebit de avantajos în ceea ce privește controlul procesului și manipularea și în ceea ce privește reducerea, în special minimizarea, a potențialului de coroziune, de exemplu pentru aplicații electronice și/sau electrice. În timpul hidrolizei, în special al primei hidrolize, se poate forma cel puțin un silanol, în special hidrolizat în parte sau parțial, de exemplu monomeric, care conține grupări alcoxi, de exemplu grupări etoxi și/sau grupări metoxi și/sau grupări propoxi și/sau grupări butoxi.

Compușii care conțin grupări alcoxi s-au dovedit a fi avantajosi în ceea ce privește buna prelucrabilitate a alcoolului format din aceștia în compoziția compozită. La hidroliza grupărilor alcoxi, de exemplu, a grupărilor etoxi și/sau a grupărilor metoxi și/sau a grupărilor propoxi și/sau a grupărilor butoxi, se formează în mod avantajos cel puțin un alcool, de exemplu, etanol și/sau metanol și/sau propanol, de exemplu, în locul hidrolizei atomilor de halogen, în care se formează o halogenură de hidrogen, de exemplu acid clorhidric, ceea ce poate avea un efect avantajos asupra controlului procesului și manipulării. De exemplu, spre deosebire de halogenurile de hidrogen, de exemplu acidul clorhidric, se poate renunța la măsurile de ajustare a valorii pH-ului, de exemplu nu este necesară adăugarea unei baze/soluții alcaline și/sau a unui tampon, și/sau măsurile de siguranță pot fi simplificate. În plus, respectivul cel puțin un alcool, de

exemplu, etanol și/sau metanol și/sau propanol, de exemplu, izopropanol și/sau n-propanol, și/sau butanol, de exemplu, terț-butanol și/sau sec-butanol și/sau izobutanol și/sau n-butanol, nu poate interfera aproape deloc cu controlul procesului și poate chiar avea un efect favorabil asupra acestuia și asupra prelucrabilității.

Într-un alt exemplu de realizare, grupările hidrolizabile sunt grupări etoxi și/sau respectivul cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile cuprinde sau este cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări etoxi și/sau respectivul cel puțin un silanol care conține grupări hidrolizabile cuprinde sau este cel puțin un silanol care conține grupări etoxi și/sau respectivul cel puțin un silan cu trei grupări hidrolizabile cuprinde sau este cel puțin un trietoxisilan. În timpul hidrolizei, în special al primei hidrolize, se poate forma cel puțin un silanol în special hidrolizat în parte sau parțial, de exemplu monomeric, care conține grupări etoxi. Compușii care conțin grupări etoxi s-au dovedit a fi avantajoși din punct de vedere al unei toxicități scăzute, al unei bune prelucrabilități a alcoolului format din aceștia în compoziția compozită și al costurilor de producție reduse. În timpul hidrolizei grupărilor etoxi, se formează în mod avantajos etanol, ceea ce poate avea un efect favorabil asupra controlului procesului și manipulării. De exemplu, se poate renunța la măsurile de ajustare a valorii pH-ului și/sau măsurile de siguranță pot fi mult simplificate. În plus, etanolul nu poate interfera aproape deloc cu controlul procesului și poate avea chiar un efect favorabil asupra acestuia și asupra prelucrabilității.

În cadrul hidrolizei, în special al primei hidrolize a respectivului cel puțin un silan având trei grupări hidrolizabile cu o cantitate de apă substoichiometrică, de exemplu semistoichiometrică sau mai mică decât semistoichiometrică, în special mai mică decât semistoichiometrică, de exemplu până pe un sfert stoichiometrică, în raport cu cantitatea grupărilor hidrolizabile, de exemplu ca parte a procedurii de producere conform invenției pentru producerea unui silanol care conține grupări hidrolizabile, se poate produce în special respectivul cel puțin un silanol care conține grupări hidrolizabile. De exemplu, hidroliza, în special prima hidroliză, sau procedeul de producere conform invenției pentru producerea unui silanol care conține grupări hidrolizabile se poate baza în principiu, în raport cu suma tuturor atomilor de siliciu, în medie pe următoarea ecuație de reacție:



Aici, precum și în explicațiile următoare, R poate reprezenta în special un reziduu organic sau reziduu organic. De exemplu, R poate reprezenta un reziduu organic cu o lungime a lanțului de ≥ 1 atom, de exemplu ≥ 2 atomi sau ≥ 3 atomi sau ≥ 4 sau ≥ 5 sau ≥ 6 atomi sau ≥ 7 atomi. De exemplu, R poate să cuprindă sau să fie o grupare alchil,

de exemplu o grupare metil, etil sau propil, și/sau un lanț alchilenic, de exemplu un lanț metilenic, etilenic sau propilenic, și/sau o grupare aril, de exemplu o grupare fenil, și/sau o grupare arilenă, de exemplu o grupare fenilen, și/sau o grupare funcțională, adică o grupare reactivă, de exemplu o grupare epoxi și/sau o grupare amino și/sau o grupare mercapto și/sau o grupare vinil. În special, R poate fi o grupare alchil, de exemplu o grupare metil sau o grupare etil sau o grupare propil, în special o grupare metil, și/sau respectivul cel puțin un silan având trei grupări hidrolizabile poate cuprinde sau poate fi cel puțin un alchil-silan, de exemplu metil-, etil- sau propil-silan, în special metil-silan, și/sau respectivul cel puțin un silanol care conține grupări hidrolizabile poate cuprinde sau poate fi cel puțin un alchil-silanol care conține grupări hidrolizabile, de exemplu metil-, etil- sau propil-silanol, în special metil-silanol, și/sau este produs sau poate fi produs prin hidroliza a cel puțin unui alchiltrialcxisilan, de exemplu, unui metil-, etil- și/sau propiltrialcxisilan, de exemplu, metil-, etil- și/sau propiltriethoxisilan și/sau metil-, etil- și/sau propiltrimethoxisilan și/sau metil-, etil- și/sau propiltripropoxisilan și/sau metil-, etil- și/sau propiltributoxisilan, de exemplu, metiltriethoxisilan și/sau metiltrimethoxisilan și/sau a cel puțin unui alchiltrialcxisilan, de exemplu, a cel puțin unui alchiltrialcxisilan, de exemplu, metil-, etil- și/sau propiltrialcxisilan, de exemplu, metiltrialcxisilan.

Aici, precum și în explicațiile următoare, X poate reprezenta în special o grupare hidrolizabilă, de exemplu o grupare alcoxi și/sau un atom de halogen, de exemplu un atom de clor. În special, X poate reprezenta o grupare alcoxi (OR'), de exemplu o grupare etoxi sau o grupare metoxi sau o grupare propoxi sau o grupare butoxi, în special o grupare etoxi.

Aici, precum și în explicațiile următoare, x poate fi în special < 3, în special în care x - așa cum se explică mai detaliat ulterior - poate fi și mai mic decât < 3. În cazul în care apa este utilizată într-o cantitate substoichiometrică în raport cu cantitatea grupărilor hidrolizabile X, x poate fi în special < 3.

Într-o variantă de realizare, X reprezintă o grupare alcoxi (OR'), de exemplu o grupare etoxi sau o grupare metoxi sau o grupare propoxi sau o grupare butoxi și/sau respectivul cel puțin un silan având trei grupări hidrolizabile cuprinde și/sau este cel puțin un trialcxisilan. În cadrul hidrolizei, în special al primei hidrolize, se poate produce cel puțin un silanol care conține grupări alcoxi, în special prin hidroliza cel puțin unui trialcxisilan cu o cantitate de apă substoichiometrică, de exemplu semistoichiometrică sau mai mică decât semistoichiometrică, în special mai mică decât semistoichiometrică, de exemplu până la pe sfert stoichiometrică, raportat la cantitatea grupărilor alcoxi ale respectivului cel puțin un trialcxisilan. Hidroliza, în special prima hidroliză, raportat la suma tuturor atomilor de siliciu, se poate baza în medie, de exemplu, pe următoarea ecuație de reacție:



Aici și în explicațiile următoare, R' poate reprezenta, de exemplu, o grupare alchil, de exemplu o grupare metil sau o grupare etil sau o grupare propil sau o grupare butil, în special o grupare metil.

Într-o variantă de realizare specială, X sau OR' reprezintă o grupare etoxi (OEt) și/sau respectivul cel puțin un silan având trei grupări hidrolizabile cuprinde și/sau este cel puțin un trietoxisilan. În cadrul hidrolizei, în special al primei hidrolize, se poate produce cel puțin un silanol care conține grupări etoxi, în special prin hidroliza cel puțin unui trietoxisilan cu o cantitate de apă substoichiometrică, de exemplu semistoichiometrică sau mai mică decât semistoichiometrică, în special mai mică decât semistoichiometrică, de exemplu până la pe sfert stoichiometrică, în raport cu cantitatea grupărilor etoxi. Hidroliza, în special prima hidroliză, în raport cu suma tuturor atomilor de siliciu, se poate baza în medie, de exemplu, pe următoarea ecuație de reacție:



În special, respectivul cel puțin un silan având trei grupări hidrolizabile poate fi cel puțin un trietoxisilan, de exemplu, cel puțin un alchil-trietoxisilan, de exemplu, cel puțin un metil-trietoxisilan și/sau cel puțin un etil-trietoxisilan și/sau cel puțin un propil-trietoxisilan, în special cel puțin un metil-trietoxisilan, și/sau respectivul cel puțin un silanol care conține grupări hidrolizabile cuprinde sau este cel puțin un silanol care conține grupări etoxi, de exemplu, alchil-silanol, de exemplu, metil-, etil- sau propil-silanol, în special metil-silanol. Acest lucru poate fi deosebit de avantajos în ceea ce privește controlul procesului și manipularea.

Hidroliza, în special prima hidroliză, de exemplu ca parte a procedurii de producere conform invenției pentru producerea unui silanol care conține grupări hidrolizabile, poate fi efectuată în special la o temperatură de $\geq 60^\circ\text{C}$, de exemplu de $\geq 70^\circ\text{C}$, în special la o temperatură cuprinsă într-un interval de la $\geq 60^\circ\text{C}$, de exemplu de la $\geq 70^\circ\text{C}$, în special până la $< 100^\circ\text{C}$. Reactanții pot fi amestecați la o astfel de temperatură. O temperatură de $\geq 60^\circ\text{C}$, de exemplu de $\geq 70^\circ\text{C}$, poate accelera în mod avantajos reacția de hidroliză. Prin limitarea temperaturii la mai puțin de 100°C , pot fi evitate în mod avantajos reacțiile de condensare premature.

În timpul hidrolizei, grupările hidrolizabile ale respectivului cel puțin un silan având trei grupări hidrolizabile pot fi în parte sau parțial hidrolizate de apă pentru a forma grupări hidroxil (în locul grupărilor hidrolizabile) pe atomul de siliciu al respectivului cel puțin un silan. În cazul grupărilor alcoxi ca grupări hidrolizabile, se poate forma, de asemenea, cel puțin un alcool. Datorită formării grupărilor hidroxil, silanolul hidrolizat în special în parte sau parțial, de exemplu monomeric, care este format în acest proces și care

conține grupări hidrolizabile, se poate dizolva în respectivul cel puțin un alcool, ceea ce poate fi observat printr-o trecere de la un sistem bifazic la un sistem monofazic. În plus, acest lucru permite în mod avantajos ca silanolul hidrolizat în special în parte sau parțial, de exemplu monomeric, care conține grupări alcoxi, să fie utilizat direct în compoziția compozită sub forma soluției alcoolice formate, caz în care respectivul cel puțin un alcool format nu este, de preferință, îndepărtat nici după terminarea hidrolizei, în special a primei hidrolize.

Prin hidroliză, în special prin prima hidroliză, se poate produce o compoziție de silanol cu un conținut ridicat de alcool, de exemplu, în special dacă grupările hidrolizabile sunt grupări alcoxi. Compoziția de silanol poate fi utilizată în mod avantajos atât pentru a furniza respectivul cel puțin un silanol care conține grupări hidrolizabile, în special grupări alcoxi, în compoziția compozită conform invenției și/sau ca aditiv la compoziția compozită și, ca atare, ca masă de turnare pentru aplicarea pe un material, în special metalic și/sau ceramic și/sau împreună cu cel puțin un material de umplură în special ceramic și/sau metalic. De exemplu, compoziția de silanol ca atare poate fi utilizată ca o masă de turnare pentru acoperirea și/sau încapsularea unui material, în special metalic și/sau ceramic, și/sau a cel puțin unui material de umplură, în special ceramic și/sau metalic. De exemplu, o compoziție de silanol produsă în acest mod poate, raportat la greutatea totală a compoziției de silanol, să cuprindă

de la $\geq 30\%$ în greutate până la $\leq 70\%$ în greutate din cel puțin un silanol care conține grupări hidrolizabile, în special grupări alcoxi, de exemplu grupări etoxi, și

de la $\geq 30\%$ în greutate până la $\leq 70\%$ în greutate din cel puțin un alcool, de exemplu, în special în total, de metanol și/sau etanol și/sau propanol, de exemplu izopropanol și/sau n-propanol, și/sau butanol, de exemplu terț-butanol, sec-butanol și/sau izobutanol și/sau n-butanol, de exemplu etanol.

Hidroliza, în special prima hidroliză, poate fi efectuată în special într-un sistem închis. În acest fel, este avantajos să se asigure că apa necesară pentru reacție rămâne în amestec până la transformarea acesteia. În cazul grupărilor alcoxi ca grupări hidrolizabile, se poate asigura, de asemenea, în mod avantajos, că respectivul cel puțin un alcool care se formează rămâne în amestec. În măsura în care temperatura selectată este peste punctul de fierbere al unui alcool care se formează, sistemul închis poate fi în special rezistent la presiune și/sau conceput ca autoclavă. După terminarea hidrolizei, în special a primei hidrolize și, de exemplu, înainte de începerea unei hidrolize ulterioare, în special unei a doua hidrolize, este preferabil să nu se mai adauge apă.

Hidroliza, în special prima hidroliză, poate avea loc pentru o perioadă de timp specifică. Această perioadă de timp specifică poate depinde în special de temperatura selectată. De exemplu, această perioadă de timp specifică poate fi cuprinsă într-un interval de la 0,5 până la 4 ore. La o temperatură de 70 °C, hidroliza, în special prima hidroliză, poate

fi efectuată, de exemplu, timp de cel puțin 1 oră. La temperaturi mai ridicate, perioada de timp specifică poate fi scurtată în funcție de temperatura aplicată.

Hidroliza, în special prima hidroliză, poate fi efectuată în special numai în prezența respectivului cel puțin un silan având trei grupări hidrolizabile și a apei. Astfel, aceasta poate fi efectuată în mod avantajos fără adăugarea unui catalizator sau fără catalizator și/sau fără adăugarea unui solvent organic (suplimentar) și/sau fără adăugarea unei baze/soluții alcaline și/sau fără adăugarea altor substanțe.

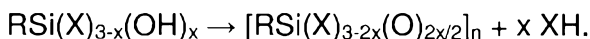
Respectivul cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile este sau poate fi produs, de exemplu, în cadrul unui procedeu de producere conform invenției pentru producerea unui precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile, în special prin intermediul unei condensări, în special unei prime condensări, a (respectivului) cel puțin un silanol care conține grupări hidrolizabile. Respectivul cel puțin un silanol hidrolizabil poate fi produs în special prin intermediul unei hidrolize, în special unei prime hidrolize, a cel puțin unui silan având trei grupări hidrolizabile cu o cantitate de apă substoichiometrică, de exemplu semistoichiometrică sau mai mică decât semistoichiometrică, în special mai mică decât semistoichiometrică, de exemplu până la pe sfert stoichiometrică, în raport cu cantitatea grupărilor hidrolizabile ale respectivului cel puțin un silan având trei grupări hidrolizabile și/sau în cadrul procedurii de producere conform invenției pentru producerea unui silanol care conține grupări hidrolizabile. În acest fel poate fi obținut în mod avantajos un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric, în special anhidru, conținând grupări hidrolizabile, în special condensat în parte sau parțial. În acest mod, conținutul de apă al compoziției compozite poate fi în mod avantajos redus la minimum și/sau, în special, cantitatea de apă care este separată în timpul întăririi compoziției compozite poate fi, de asemenea, redusă, ceea ce, la rândul său, reduce în mod avantajos contracția compozitului în timpul întăririi și/sau accelerează uscarea și/sau întărirea și/sau previne coroziunea.

Invenția se bazează în special pe constatarea faptului că apa se separă în timpul condensării silanolilor și se formează astfel in situ, care la rândul ei poate hidroliza alte grupări hidrolizabile, care la rândul lor se pot condensa. De exemplu, în timpul condensării a m grupări hidroxi de silanol se pot forma in situ $m/2$ unități Si cu punte O și $m/2$ apă. $M/2$ apa formată in situ poate hidroliza la rândul ei $m/2$ grupări hidrolizabile pentru a forma $m/2$ grupări hidroxi de silanol, de exemplu cu formarea de $m/2$ alcool ($R'OH$) și/sau halogenură de hidrogen, de exemplu acid clorhidric (HCl). Într-o condensare ulterioară a $m/2$ grupărilor hidroxi de silanol nou formate, se pot forma apoi in situ $m/4$ unități suplimentare de Si cu punte O și $m/4$ apă, prin care $m/4$ apa poate hidroliza la rândul său $m/4$ grupările hidrolizabile pentru a forma $m/4$ grupări hidroxi de silanol, în special cu formarea de $m/4$ alcool ($R'OH$) și/sau halogenură de hidrogen, de exemplu acid clorhidric (HCl), și așa mai departe și așa mai departe. Astfel, în timpul

condensării, în special al primei condensări, se poate forma în situ $m/2 + m/4 + m/8 + m/16$ și așa mai departe apă, ceea ce poate conduce la o hidroliză suplimentară a $m/2 + m/4 + m/8 + m/16$ și așa mai departe grupări hidrolizabile și la formarea de $m/2 + m/4 + m/8 + m/16$ și așa mai departe unități Si cu punte O și în special la formarea $m/2 + m/4 + m/8 + m/16$ și așa mai departe alcoolului ($R'OH$) și/sau a unei halogenuri de hidrogen, de exemplu acid clorhidric (HCl), ceea ce corespunde în total, în special în ceea ce privește numărul foarte mare de molecule dintr-o reacție, în special rotunjit în sus, cu o formare în situ temporară de 1 m apă, ceea ce poate conduce, la rândul său, la o reducere, în special rotunjită în sus, de 1 m grupări hidrolizabile și la formarea, în special rotunjită în sus, de 1 m unități de Si cu punte O și de, de exemplu, în special rotunjită în sus, molecule de 1 m alcool ($R'OH$) și/sau de molecule de halogenură de hidrogen, în special molecule de acid clorhidric (HCl). Astfel, prin utilizarea unei cantități m de apă în hidroliză, în special prima hidroliză și în condensare, în special prima condensare, se pot hidroliza în total 2 m grupări hidrolizabile și se pot forma 1 m unități Si cu punte O și, de exemplu, 2 m molecule de alcool ($R'OH$) și/sau molecule de halogenură de hidrogen, în special molecule de acid clorhidric (HCl). Acest lucru face posibilă utilizarea apei într-o cantitate semistoichiometrică sau - după cum se explică mai în detaliu mai târziu - chiar mai mică decât semistoichiometrică, de exemplu până la pe sfert stoichiometrică, în raport cu cantitatea grupărilor hidrolizabile ale respectivului cel puțin un silan având trei grupări hidrolizabile.

La condensare, în special prima condensare, în special prin condensarea unui silanol sau a respectivului cel puțin un silanol care conține grupări hidrolizabile, se poate produce în special respectivul cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile.

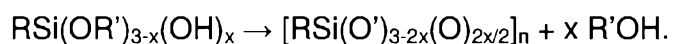
Deoarece - după cum s-a explicat mai sus - prin utilizarea unei cantități (m) de apă, prin hidroliză și condensare se poate hidroliza și condensa o cantitate totală (2 m) de două ori mai mare de grupări hidrolizabile, iar condensarea, în special prima condensare sau procedeul de producere conform invenției pentru producerea unui precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile, raportat la suma tuturor atomilor de siliciu, se poate baza în medie, de exemplu, pe următoarea ecuație de reacție:



În astfel de formule structurale oligomerice și/sau polimerice, "(O)" poate reprezenta în special un atom de oxigen de legătură sau de punte, în special care leagă doi atomi de siliciu. n poate reprezenta aici și în explicațiile următoare în special numărul de unități repetitive. În special, n poate fi ≥ 2 , de exemplu $n \geq 3$ sau 4 sau 5, de exemplu $n \geq 10$, opțional $n > 100$.

În special, R și X pot fi configurate după cum s-a explicat mai sus. În special, R poate reprezenta în special o grupare alchil, de exemplu o grupare metil, etil și/sau propil, în special o grupare metil. În acest caz, respectivul cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile poate cuprinde sau poate fi cel puțin un precursor de alchil-silanol care conține grupări hidrolizabile, de exemplu un precursor de metil-, etil- sau propil-silanol, în special un precursor de metil-silanol, și/sau este produs sau poate fi produs prin hidroliza și condensarea cel puțin unui alchiltrialcoxisilan, de exemplu a unui metil-, etil- și/sau propiltrialcoxisilan, de exemplu metil-, etil- și/sau propiltriethoxisilan și/sau metil-, etil- și/sau propiltrimethoxisilan și/sau metil-, etil- și/sau propiltripropoxisilan și/sau metil-, etil- și/sau propiltributoxisilan, de exemplu metiltriethoxisilan și/sau metiltrimethoxisilan, și/sau cel puțin a unui alchiltrialcogensilan, de exemplu cel puțin a unui alchiltrialcogensilan, de exemplu metil-, etil- și/sau propiltrialcogensilan, de exemplu, metiltrialcogensilan.

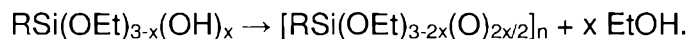
Într-o variantă de realizare, X reprezintă o grupare alcoxi (OR'), de exemplu o grupare etoxi sau o grupare metoxi sau o grupare propoxi sau o grupare butoxi. În acest caz, în cadrul condensării, în special al primei condensări, în special prin condensarea unui silanol sau a respectivului cel puțin un silanol care conține grupări alcoxi, de exemplu, care a fost produs prin hidroliza cel puțin unui trialcoxisilan cu o cantitate de apă substoichiometrică, de exemplu semistoichiometrică sau mică decât semistoichiometrică, în special mai mică decât semistoichiometrică, de exemplu până la pe sfert stoichiometrică, în raport cu cantitatea grupărilor alcoxi ale respectivului cel puțin un trialcoxisilan, poate fi produs în special un precursor de silanol sau respectivul cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări alcoxi. În acest caz, condensarea, în special prima condensare, în raport cu suma tuturor atomilor de siliciu, se poate baza în medie, de exemplu, pe următoarea ecuație de reacție:



De exemplu, respectivul cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări alcoxi poate cuprinde sau poate fi cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări etoxi și/sau grupări metoxi și/sau grupări propoxi și/sau grupări butoxi. Acest lucru poate fi avantajos în ceea ce privește controlul procesului și manipularea.

Într-o variantă de realizare specială, X reprezintă o grupare etoxi (OEt). În acest caz, la condensare, în special prima condensare, în special prin condensarea unui silanol sau a respectivului cel puțin un silanol care conține grupări etoxi, de exemplu, care poate fi produs prin hidroliza cel puțin unui triethoxisilan cu o cantitate de apă substoichiometrică, de exemplu semistoichiometrică sau mică decât semistoichiometrică, în special mai

mică decât semistoichiometrică, de exemplu până la pe sfert stoichiometrică, în raport cu cantitatea grupărilor etoxi ale respectivului cel puțin un trialcxisilan, poate fi produs în special un precursor de silanol sau respectivul cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări etoxi. În acest caz, condensarea, în special prima condensare, în raport cu suma tuturor atomilor de siliciu, se poate baza în medie, de exemplu, pe următoarea ecuație de reacție:



De exemplu, respectivul cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări etoxi poate cuprinde sau poate fi cel puțin un precursor de alchilsilanol care conține grupări etoxi, de exemplu precursor de metil-, etil- și/sau propilsilanol, în special precursor de metilsilanol. Acest lucru poate fi deosebit de avantajos în ceea ce privește controlul procesului și manipularea.

Apa formată in situ în timpul reacției de condensare nu a fost inclusă în ecuațiile de reacție de mai sus, deoarece aceasta reacționează direct cu orice grupări hidrolizabile încă prezente, după cum s-a explicat mai sus. Ecuațiile de reacție de mai sus ilustrează faptul că, după hidroliză, în special prima hidroliză și după condensare, în special prima condensare, au reacționat în special de două ori mai multe (mol) grupări hidrolizabile, de exemplu grupări alcoxi și/sau atomi de halogen, de exemplu atomi de clor și, de exemplu, s-a format de două ori mai mult (mol) alcool ($\text{R}'\text{OH}$) și/sau halogenură de hidrogen, de exemplu acid clorhidric (HCl), decât cantitatea adăugată inițial x (mol) de apă. Astfel, invenția se bazează pe constatarea că apa, în special în raport cu numărul de grupări hidrolizabile, de exemplu grupări alcoxi și/sau atomi de halogen, de exemplu atomi de clor, ale respectivului cel puțin un silan având trei grupări hidrolizabile, de exemplu, a respectivului cel puțin un trialcxisilan și/sau trihalogensilan, poate fi utilizată în mod avantajos într-o cantitate semistoichiometrică ($x = 1,5$) și în mod deosebit de avantajos chiar - după cum se explică mai jos - mai mică decât semistoichiometrică ($x < 1,5$), de exemplu până la pe sfert stoichiometrică. În acest fel, conținutul de apă al compoziției compozite și/sau, în special, cantitatea de apă formată în timpul întăririi compoziției compozite poate fi în mod avantajos redusă la minimum și, astfel, și contracția compoziției compozite poate fi redusă la minimum și/sau uscarea și/sau întărirea pot fi accelerate în continuare și/sau potențialul de coroziune poate fi redus la minimum.

x poate fi, prin urmare, $\leq 1,5$ într-o variantă de realizare specială. În cazul în care se utilizează apă într-o cantitate semistoichiometrică ($x = 1,5$) sau mai mică decât semistoichiometrică ($x < 1,5$) în raport cu cantitatea grupărilor hidrolizabile X , x poate fi în special $\leq 1,5$.

În cadrul unui alt exemplu de realizare, respectivul cel puțin un silanol care conține grupări hidrolizabile cuprinde, prin urmare, raportat la suma tuturor atomilor de siliciu ai

respectivului cel puțin un silanol care conține grupări hidrolizabile, în medie o grupare hidroxil și jumătate ($x = 1,5$) sau mai puține grupări hidroxil ($x < 1,5$), în special mai puțin de o grupare hidroxil și jumătate ($x < 1,5$), per atom de siliciu. În acest caz, respectivul cel puțin un silanol care conține grupări hidrolizabile, raportat la suma tuturor atomilor de siliciu ai respectivului cel puțin un silanol care conține grupări hidrolizabile, poate avea în medie, de exemplu, o grupare hidroxil și jumătate sau mai multe grupări hidrolizabile, de exemplu, grupări alcoxi, de exemplu, grupări etoxi, pe atom de siliciu.

Condensarea, în special prima condensare, poate fi efectuată, de exemplu, la o temperatură de ≥ 100 °C, în special de ≥ 110 °C, de exemplu de ≥ 120 °C, de exemplu de ≥ 130 °C, de exemplu până la ≤ 250 °C, în special până la ≤ 220 °C, de exemplu până la ≤ 200 °C, de exemplu până la ≤ 180 °C, de exemplu până la ≤ 170 °C. În special, condensarea, în special prima condensare, de exemplu ca parte a procedurii de producere conform invenției pentru producerea unui precursor de silanol care conține grupări hidrolizabile, poate fi efectuată în special la o temperatură cuprinsă într-un interval de la ≥ 100 °C la ≤ 220 °C, de exemplu de la ≥ 110 °C la ≤ 200 °C, de exemplu de la ≥ 120 °C la ≤ 180 °C, de exemplu de la ≥ 130 °C la ≤ 170 °C, de exemplu la aproximativ 150 °C. Acest lucru s-a dovedit a fi avantajos pentru condensare, în special pentru prima condensare.

Condensarea, în special prima condensare, poate fi efectuată, de exemplu, într-un sistem închis, în special într-un sistem închis echipat cu o ieșire de suprapresiune. Acest lucru poate asigura în mod avantajos faptul că apa formată in situ rămâne în esență în sistem.

Condensarea, în special prima condensare, poate avea loc pentru o perioadă de timp specifică. Această perioadă de timp specifică poate depinde în special de temperatura selectată. De exemplu, această perioadă de timp specifică poate fi cuprinsă într-un interval de la 0,5 până la 10 ore. La o temperatură de 150 °C, condensarea, în special prima condensare, poate fi efectuată timp de cel puțin o jumătate de oră, de exemplu, până la 10 ore, de exemplu, timp de aproximativ 4 ore. La temperaturi mai ridicate, perioada de timp specifică poate fi scurtată în funcție de temperatura aplicată.

În mod avantajos, condensarea, în special prima condensare, poate fi efectuată, de asemenea, fără adăugarea unui catalizator sau fără catalizator și/sau fără adăugarea unui solvent organic (suplimentar) și/sau fără adăugarea unei baze/soluții alcaline și/sau fără adăugarea altor substanțe.

Invenția se bazează, de asemenea, pe constatarea faptului că cantitatea de apă formată în timpul întăririi compoziției compozite și, prin urmare, și contracția compoziției compozite, pot fi reduse la minimum prin adăugarea în compoziția compozită a cel puțin unui precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau a cel puțin unui silanol oligomeric și/sau polimeric, care a fost deja condensat în esență, în special în afara

compoziției compozite, de exemplu, oligomerizat și/sau polimerizat, și care, de exemplu, mai are doar câteva grupări hidrolizabile și/sau grupări hidroxil. Acest lucru poate fi realizat în mod deosebit de avantajos prin utilizarea apei în hidroliză, în special în prima hidroliză, într-o cantitate care este mai mică decât semistoichiometrică în raport cu cantitatea grupărilor hidrolizabile. Deoarece respectivul cel puțin un silan având trei grupări hidrolizabile are trei grupări hidrolizabile, o cantitate de apă care este mai mică decât semistoichiometrică, în raport cu cantitatea grupărilor hidrolizabile ale respectivului cel puțin un silan având trei grupări hidrolizabile, corespunde unei cantități de apă, care se află într-un raport de $< 1,50$ la cantitatea respectivului cel puțin un silan având trei grupări hidrolizabile, de exemplu a respectivului cel puțin un trialcosisilan și/sau trihalogensilan, de exemplu $n(\text{H}_2\text{O})/n(\text{RSiX}_3)$ poate fi $< 1,50$ sau $x < 1,50$.

De exemplu, respectivul cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, de exemplu prepolimer de polisilsesquioxan, și/sau respectivul cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile și/sau respectivul cel puțin un silanol care conține grupări hidrolizabile poate fi produs prin aceea că la hidroliza, în special prima hidroliză, a respectivului cel puțin un silan având trei grupări hidrolizabile, de exemplu a respectivului cel puțin un trialcosisilan și/sau trihalogensilan, apa este utilizată într-o cantitate care se află într-un raport de $< 1,50$ la cantitatea respectivului cel puțin un silan având trei grupări hidrolizabile, de exemplu a respectivului cel puțin un trialcosisilan și/sau trihalogensilan, în special într-un raport cuprins în intervalul de la $> 0,00$ până la $< 1,50$, de exemplu într-un interval de la $\geq 0,80$ la $< 1,50$, de exemplu într-un interval de la $\geq 0,80$ sau $\geq 0,87$, în special $\geq 0,90$, până la $< 1,50$, în special $\leq 1,45$, de exemplu $\leq 1,42$ sau $\leq 1,40$ sau $\leq 1,35$. În acest caz, în ecuațiile de reacție, de exemplu, x poate fi $< 1,50$, în special $0,00 < x < 1,50$, de exemplu $0,80 \leq x < 1,50$, de exemplu $0,80 \leq$ sau $0,87 \leq$, în special $0,90 \leq x < 1,50$, în special $\leq 1,45$, de exemplu $\leq 1,42$ sau $\leq 1,40$ sau $\leq 1,35$.

În contextul invenției, s-a constatat că gradul de hidroliză ajustabil prin cantitatea de apă utilizată în hidroliză, în special în prima hidroliză - și, de exemplu, și un grad de condensare realizabil în timpul condensării, în special al primei condensări, de exemplu gradul de oligomerizare și/sau de polimerizare, care depinde de aceasta - poate avea o influență asupra unor parametri, cum ar fi cantitatea de substanțe care se formează în timpul întăririi, în special apă și/sau alcool, contracția la întărire, timpul de uscare, timpul de întărire și fluiditatea și că, de exemplu, masa, în special compoziția compozită, cu cât este mai mare gradul de hidroliză, în special în prima hidroliză, și, prin urmare, cu cât este mai mare gradul de condensare, în special în prima condensare, poate avea o contracție la întărire cu atât mai mică și/sau o accelerare a uscării și/sau a întăririi cu atât mai mare și/sau un potențial de coroziune cu atât mai mic, putând fi astfel mai vâscoasă.

În cursul testelor efectuate, s-a constatat că, deși o contracție la întărire redusă și/sau o uscare și/sau o întărire accelerată și/sau un potențial de coroziune redus și/sau o fluiditate adecvată pot fi obținute în principiu deja în intervalul de la $\geq 0,80$ la $< 1,50$, acest interval poate fi împărțit în două subintervale, și anume un subinterval cu $x \leq 1,10$ și un subinterval cu $x > 1,10$, de exemplu, pentru a se concentra fie pe un optim în ceea ce privește fluiditatea ($x \leq 1,10$), fie pe un optim în ceea ce privește contracția la întărire redusă și/sau uscarea și/sau întărirea accelerată și/sau potențialul de coroziune redus ($x > 1,10$).

Prin urmare, într-o variantă de realizare specială, respectivul cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, de exemplu prepolimer de polisilsesquioxan, și/sau respectivul cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile și/sau respectivul cel puțin un silanol care conține grupări hidrolizabile se prepară prin aceea că la hidroliză, în special la prima hidroliză a respectivului cel puțin un silan având trei grupări hidrolizabile, de exemplu a respectivului cel puțin un trialcoxisilan și/sau trihalogensilan, se utilizează apă într-o cantitate care este într-un raport cuprins în intervalul de la $\geq 0,80$ până la $\leq 1,10$, de exemplu, într-un interval de la $\geq 0,80$, de exemplu de la $\geq 0,87$, în special de la $\geq 0,90$ până la $\leq 1,10$ la cantitatea respectivului cel puțin un silan având trei grupări hidrolizabile, de exemplu a respectivului cel puțin un trialcoxisilan și/sau trihalogensilan. În ecuațiile de reacție se poate folosi, de exemplu, $0,80 \leq x \leq 1,10$, de exemplu $0,87 \leq x \leq 1,10$, în special $0,90 \leq x \leq 1,10$. Astfel de raporturi de cantitate sau gradele de hidroliză și/sau gradele de condensare asociate pot fi utilizate în mod avantajos pentru a produce compoziții compozite cu un conținut redus de apă și/sau o cantitate redusă de apă care se formează în timpul întăririi și, prin urmare, cu o contracție redusă în timpul întăririi și, în același timp, cu proprietăți de curgere deosebit de avantajoase, de exemplu, în timpul aplicării, în special înainte de întărire.

Cu toate acestea, într-o altă variantă de realizare specială, respectivul cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, de exemplu prepolimer de polisilsesquioxan, și/sau respectivul cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile și/sau respectivul cel puțin un silanol care conține grupări hidrolizabile se prepară prin aceea că la hidroliză, în special la prima hidroliză a respectivului cel puțin un silan având trei grupări hidrolizabile, de exemplu a respectivului cel puțin un trialcoxisilan și/sau trihalogensilan, se utilizează apă într-o cantitate care este într-un raport cuprins în intervalul de la $> 1,10$ până la $< 1,50$, de exemplu, într-un interval de la $\geq 1,12$, de exemplu $\geq 1,13$ sau $\geq 1,14$, de exemplu $\geq 1,15$ până la $< 1,50$, în special $\leq 1,45$, de exemplu $\leq 1,42$ sau $\leq 1,40$ sau $\leq 1,35$ la cantitatea respectivului cel puțin un silan având trei grupări hidrolizabile, de exemplu a respectivului cel puțin un trialcoxisilan și/sau trihalogensilan. În ecuațiile de reacție se poate folosi, de exemplu, $1,10 < x < 1,50$, de exemplu $1,12 \leq$, de exemplu

$1,13 \leq$ sau $1,14 \leq$, de exemplu $1,15 \leq x < 1,50$, în special $\leq 1,45$, de exemplu $\leq 1,42$ sau $\leq 1,40$ sau $\leq 1,35$. Astfel de raporturi de cantitate sau gradele de hidroliză și/sau gradele de condensare asociate pot fi utilizate în mod avantajos pentru a produce compoziții compozite cu un conținut de apă chiar mai redus și/sau o cantitate de apă chiar mai redusă care se formează în timpul întăririi și, prin urmare, cu o contracție chiar mai redusă în timpul întăririi.

Prin intermediul cantităților de apă menționate mai sus, de exemplu, prin hidroliză, în special prima hidroliză, de exemplu în cadrul procedurii de producere conform invenției pentru producerea unui silanol care conține grupări hidrolizabile, se poate produce respectivul cel puțin un silanol care conține grupări hidrolizabile conform următoarelor exemple de realizare și/sau, de exemplu, prin hidroliză, în special prima hidroliză și condensare, în special prima condensare, de exemplu în cadrul procedurii de producere conform invenției pentru producerea unui precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile, se poate produce respectivul cel puțin un precursor de silanol care conține grupări hidrolizabile, conform următoarelor exemple de realizare.

Într-un alt exemplu de realizare, respectivul cel puțin un silanol care conține grupări hidrolizabile, raportat la suma tuturor atomilor de siliciu, conține în medie de la $> 0,00$ până la $< 1,50$, de exemplu $\geq 0,80$ sau $\geq 0,87$, în special $\geq 0,90$, până la $< 1,50$, în special $\leq 1,45$, de exemplu $\leq 1,42$ sau $\leq 1,40$ sau $\leq 1,35$, grupări hidroxil pe atom de siliciu și/sau de la $\geq 1,50$ până la < 3 , de exemplu $\geq 1,50$, în special $\geq 1,55$, de exemplu $\geq 1,58$ sau $\geq 1,60$ sau $\geq 1,65$, până la < 3 , de exemplu $\leq 2,20$ sau $\leq 2,13$, în special $\leq 2,10$, grupări hidrolizabile, de exemplu grupări alcoxi și/sau atomi de halogen, de exemplu atomi de clor, de exemplu grupări alcoxi, în special grupări etoxi, pe atom de siliciu.

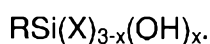
După cum s-a explicat deja, acest interval poate fi împărțit în două subintervale, și anume un subinterval cu $x \leq 1,10$ și un subinterval cu $x > 1,10$, de exemplu pentru a se concentra fie pe un optim în ceea ce privește fluiditatea ($x \leq 1,10$), fie pe un optim în ceea ce privește o contracție redusă la întărire și/sau uscarea și/sau întărirea accelerată și/sau potențialul de coroziune redus ($x > 1,10$).

Într-o variantă de realizare specială ($x \leq 1,10$) a acestui exemplu de realizare, respectivul cel puțin un silanol care conține grupări hidrolizabile, de exemplu, grupări alcoxi și/sau atomi de halogen, de exemplu, atomi de clor, are în medie, de exemplu, de la $\geq 0,80$ până la $\leq 1,10$, de exemplu de la $\geq 0,87$ până la $\leq 1,10$, în special de la $\geq 0,90$ până la $\leq 1,10$ grupări hidroxil pe atom de siliciu și/sau de la $\geq 1,90$ până la $\leq 2,20$, de exemplu de la $\geq 1,90$ până la $\leq 2,13$, în special de la $\geq 1,90$ până la $\leq 2,10$ grupări hidrolizabile, de exemplu grupări alcoxi și/sau atomi de halogen, de exemplu atomi de

clor, de exemplu grupări alcoxi, în special grupări etoxi, pe atom de siliciu, raportat la suma tuturor atomilor de siliciu.

Într-o altă variantă de realizare specială ($x > 1,10$) a acestui exemplu de realizare, respectivul cel puțin un silanol care conține grupări hidrolizabile, are în medie, de exemplu de la $> 1,10$ până la $< 1,50$, de exemplu de la $\geq 1,12$, de exemplu $\geq 1,13$ sau $\geq 1,14$, de exemplu $\geq 1,15$, până la $< 1,50$, în special $\leq 1,45$, de exemplu $\leq 1,42$ sau $\leq 1,40$ sau $\leq 1,35$ grupări hidroxi pe atom de siliciu și/sau de la $\geq 1,50$ până la $\leq 1,90$, de exemplu de la $\geq 1,50$, în special $\geq 1,55$, de exemplu $\geq 1,58$ sau $\geq 1,60$ sau $\geq 1,65$, până la $\leq 1,90$, de exemplu $\leq 1,88$, de exemplu $\leq 1,87$ sau $\leq 1,86$, de exemplu $\leq 1,85$ grupări hidrolizabile, de exemplu grupări alcoxi și/sau atomi de halogen, de exemplu atomi de clor, de exemplu grupări alcoxi, în special grupări etoxi, pe atom de siliciu, raportat la suma tuturor atomilor de siliciu.

Într-o altă variantă de realizare suplimentară sau alternativă a acestui exemplu de realizare, respectivul cel puțin un silanol care conține grupări hidrolizabile se bazează, raportat la suma tuturor atomilor de siliciu, în medie pe următoarea formulă chimică generală:



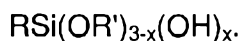
R și X pot fi concepuți în special așa cum s-a explicat mai sus.

În acest caz, de exemplu, $0,00 < x < 1,50$, de exemplu $0,80 \leq x < 1,50$, de exemplu $0,80 \leq$ sau $0,87 \leq$, în special $0,90 \leq x < 1,50$, în special $\leq 1,45$, de exemplu $\leq 1,42$ sau $\leq 1,40$ sau $\leq 1,35$.

Într-o variantă de realizare specială a acestuia, $0,80 \leq x \leq 1,10$, de exemplu $0,87 \leq x \leq 1,10$, în special $0,90 \leq x \leq 1,10$.

Într-o altă variantă de realizare specială a acestuia, $1,10 < x < 1,50$, de exemplu $1,12 \leq$, de exemplu $1,13 \leq$ sau $1,14 \leq$, de exemplu $1,15 \leq x < 1,50$, în special $\leq 1,45$, de exemplu $\leq 1,42$ sau $\leq 1,40$ sau $\leq 1,35$.

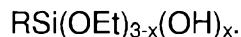
Într-o variantă de realizare specială a acestui exemplu de realizare, respectivul cel puțin un silanol care conține grupări hidrolizabile cuprinde sau este cel puțin un silanol care conține grupări alcoxi care, raportat la suma tuturor atomilor de siliciu, se bazează în medie pe formula chimică:



În acest caz, R' poate fi conceput în special așa cum s-a explicat mai sus.

Într-o variantă de realizare chiar mai specială a acestui exemplu de realizare, respectivul cel puțin un silanol care conține grupări hidrolizabile cuprinde sau este cel

puțin un silanol care conține grupări etoxi care, raportat la suma tuturor atomilor de siliciu, se bazează în medie pe formula chimică:



Într-un alt exemplu de realizare, respectivul cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile are, raportat la suma tuturor atomilor de siliciu, în medie de la $> 0,00$ până la $< 1,50$, de exemplu $> 0,00$, în special $\geq 0,10$, de exemplu $\geq 0,16$ sau $\geq 0,20$ sau $\geq 0,30$, până la $< 1,50$, în special $\leq 1,40$, de exemplu $\leq 1,26$, de exemplu $\leq 1,20$ grupări hidrolizabile, de exemplu grupări alcoxi și/sau atomi de halogen, de exemplu atomi de clor, de exemplu grupări alcoxi, în special grupări etoxi, pe atom de siliciu. De exemplu, respectivul cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile poate avea, raportat la suma tuturor atomilor de siliciu, în medie de la $\geq 0,10$ până la $\leq 1,40$, de exemplu de la $\geq 0,16$ până la $\leq 1,26$, de exemplu de la $\geq 0,20$ până la $\leq 1,20$ grupări hidrolizabile, de exemplu grupări alcoxi și/sau atomi de halogen, de exemplu atomi de clor, de exemplu grupări alcoxi, în special grupări etoxi, pe atom de siliciu.

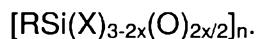
După cum s-a explicat deja, acest interval poate fi împărțit în două subintervale, și anume un subinterval cu $x \leq 1,10$ și un subinterval cu $x > 1,10$, de exemplu pentru a se concentra fie pe un optim în ceea ce privește fluiditatea ($x \leq 1,10$), fie pe un optim în ceea ce privește o contracție redusă la întărire și/sau uscarea și/sau întărirea accelerată și/sau potențialul de coroziune redus ($x > 1,10$).

Într-o variantă de realizare specială ($x \leq 1,10$) a acestui exemplu de realizare, respectivul cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile are, raportat la suma tuturor atomilor de siliciu, în medie de la $\geq 0,80$ până la $\leq 1,40$, de exemplu $\leq 1,26$, în special $\leq 1,20$ grupări hidrolizabile, de exemplu grupări alcoxi și/sau atomi de halogen, de exemplu atomi de clor, de exemplu grupări alcoxi, în special grupări etoxi, pe atom de siliciu.

Într-o altă variantă de realizare specială ($x > 1,10$) a acestui exemplu de realizare, respectivul cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile, de exemplu grupări alcoxi și/sau atomi de halogen, de exemplu atomi de clor, are, raportat la suma tuturor atomilor de siliciu, în medie de la $> 0,00$ până la $< 0,80$, de exemplu $> 0,00$, în special $\geq 0,10$, de exemplu $\geq 0,16$ sau $\geq 0,20$ sau $\geq 0,30$, până la $< 0,80$, în special $\leq 0,76$, de exemplu $\leq 0,74$ sau $\leq 0,72$, de exemplu $\leq 0,70$ grupări hidrolizabile, de exemplu grupări alcoxi și/sau atomi de halogen, de exemplu atomi de clor, de exemplu grupări alcoxi, în special grupări etoxi, pe atom de siliciu.

Într-o altă variantă de realizare suplimentară sau alternativă a acestui exemplu de realizare, respectivul cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care

conține grupări hidrolizabile se bazează, raportat la suma tuturor atomilor de siliciu, în medie pe formula chimică:



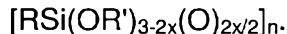
În acest caz, de exemplu, $0,00 < x < 1,50$, de exemplu $0,80 \leq x < 1,50$, de exemplu $0,80 \leq$ sau $0,87 \leq$, în special $0,90 \leq$, $x < 1,50$, în special $\leq 1,45$, de exemplu $\leq 1,42$ sau $\leq 1,40$ sau $\leq 1,35$.

Într-o variantă de realizare specială a acestuia, $0,80 \leq x \leq 1,10$, de exemplu $0,87 \leq x \leq 1,10$, în special $0,90 \leq x \leq 1,10$.

Într-o altă variantă de realizare specială a acestuia, $1,10 < x < 1,50$, de exemplu $1,12 \leq$, de exemplu $1,13 \leq$ sau $1,14 \leq$, de exemplu $1,15 \leq x < 1,50$, în special $\leq 1,45$, de exemplu $\leq 1,42$ sau $\leq 1,40$ sau $\leq 1,35$.

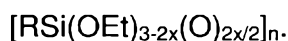
În acest caz, R, X și n pot fi concepuți în special așa cum s-a explicat mai sus.

Într-o variantă de realizare specială a acestui exemplu de realizare, respectivul cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile cuprinde sau este cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări alcoxi care se bazează, raportat la suma tuturor atomilor de siliciu, în medie pe următoarea formulă chimică generală:



În acest caz, R' poate fi conceput în special după cum s-a explicat mai sus.

Într-o variantă de realizare chiar mai specială a acestui exemplu de realizare, respectivul cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile cuprinde sau este cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări etoxi care se bazează, raportat la suma tuturor atomilor de siliciu, în medie pe următoarea formulă chimică generală:



În timpul întăririi compoziției compozite pentru a forma compozitul, precursorii de silanol oligomerici și/sau polimerici produși în acest mod sau de acest tip pot să condenseze, de exemplu, direct cu grupările OH, de exemplu pe suprafețele materialului, de exemplu ale materialului de umplutură și/sau ale unui substrat și/sau ale altor componente ale compoziției compozite și/sau poate hidroliza și condensa indirect mai întâi cu apa, de exemplu sub forma umidității (reziduale) din alte componente ale compoziției compozite, de exemplu în respectivul cel puțin un material de umplutură și/sau sub forma unui mic adaos de apă, de exemplu cu apă într-o cantitate, în special redusă, care poate fi stoichiometrică sau substoichiometrică, în special până la semistoichiometrică față de grupările hidrolizabile, și/sau cu umiditatea atmosferică.

Cu toate acestea, în special grupările hidrolizabile ale unor astfel de precursori de silanol oligomerici și/sau polimerici care conțin grupări hidrolizabile pot fi deja hidrolizate în prealabil, în special în afara compoziției compozite, de exemplu într-o hidroliză, în special o a doua hidroliză, cu o cantitate (suplimentară), în special mică, de apă, în special care poate fi stoichiometrică sau substoichiometrică, de exemplu până la semistoichiometrică, față de grupările hidrolizabile (rămase), pentru a forma cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, de exemplu prepolimer de polisilsesquioxan.

Prin urmare, respectivul cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, de exemplu prepolimer de polisilsesquioxan, poate fi produs în special prin intermediul unei hidrolize, în special unei a doua hidrolize, de exemplu în cadrul unui procedeu de producere conform invenției pentru producerea unui silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, de exemplu prepolimer de polisilsesquioxan, din (respectivul) cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile cu o cantitate (suplimentară) (y) de apă, cantitate (y) care, raportat la cantitatea grupărilor hidrolizabile ale respectivului cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric (3-2x) care conține grupări hidrolizabile, este stoichiometrică ($y=3-2x$) sau substoichiometrică ($y<3-2x$), de exemplu până la semistoichiometrică ($(3-2x)/2 \leq y$). În acest mod, poate fi obținut în mod avantajos un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, de exemplu prepolimer de polisilsesquioxan, în special anhidru, care conține grupări hidrolizabile, în special hidrolizat în parte sau parțial. Acest lucru s-a dovedit a fi deosebit de avantajos în contextul invenției.

De exemplu, hidroliza, în special a doua hidroliză, a respectivului cel puțin un precursor de silanol care conține grupări hidrolizabile în respectivul cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, de exemplu prepolimer de polisilsesquioxan, de exemplu, în cadrul procedurii de producere conform invenției pentru producerea unui silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, de exemplu prepolimer de polisilsesquioxan, raportat la suma tuturor atomilor de siliciu, se poate baza în medie pe următoarea ecuație de reacție:



În acest caz, de exemplu, $0,00 < x < 1,50$, de exemplu $0,80 \leq x < 1,50$, de exemplu $0,80 \leq$ sau $0,87 \leq$, în special $0,90 \leq$, $x < 1,50$, în special $\leq 1,45$, de exemplu $\leq 1,42$ sau $\leq 1,40$ sau $\leq 1,35$.

Într-o variantă de realizare specială a acestuia, $0,80 \leq x \leq 1,10$, de exemplu $0,87 \leq x \leq 1,10$, în special $0,90 \leq x \leq 1,10$.

Într-o altă variantă de realizare specială a acestuia, $1,10 < x < 1,50$, de exemplu $1,12 \leq$, de exemplu $1,13 \leq$ sau $1,14 \leq$, de exemplu $1,15 \leq$, $x < 1,50$, în special $\leq 1,45$, de exemplu $\leq 1,42$ sau $\leq 1,40$ sau $\leq 1,35$.

În acest caz, R, X și n pot fi concepuți în special după cum s-a explicat mai sus. În special, R poate reprezenta o grupare alchil, de exemplu o grupare metil, etil sau propil, în special o grupare metil. În acest caz, respectivul cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan poate fi, de exemplu, cel puțin un alchil-silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de alchil-silsesquioxan, de exemplu, un prepolimer de polialchil-silsesquioxan, de exemplu, metil-, etil- și/sau propil-silanol și/sau prepolimer de metil-, etil- și/sau propil-silsesquioxan, de exemplu prepolimer de poli-metil-, poli-etil- și/sau poli-propil-silsesquioxan, în special metil-silanol și/sau prepolimer de metil-silsesquioxan, de exemplu prepolimer de poli-metil-silsesquioxan.

Într-o variantă de realizare în care X reprezintă o grupare alcoxi (OR'), de exemplu o grupare etoxi sau o grupare metoxi sau o grupare propoxi sau o grupare butoxi, respectivul cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, de exemplu prepolimer de polisilsesquioxan, poate fi produs prin hidroliza, în special a doua hidroliză, a respectivului cel puțin un precursor de silanol care conține grupări alcoxi. Hidroliza, în special a doua hidroliză, raportat la suma tuturor atomilor de siliciu, se poate baza în medie, de exemplu, pe următoarea ecuație de reacție:

$[RSi(OR')_{3-2x}(O)_{2x/2}]_n + y H_2O \rightarrow [RSi(OH)_y(OR')_{3-2x-y}(O)_{2x/2}]_n + y R'OH$. În special, R' poate fi conceput așa cum s-a explicat mai sus.

Într-o variantă de realizare specială, în care X reprezintă o grupare etoxi (OEt), respectivul cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, de exemplu prepolimer de polisilsesquioxan, poate fi produs prin hidroliza, în special a doua hidroliză, a respectivului cel puțin un precursor de silanol care conține grupări etoxi. Hidroliza, în special cea de a doua hidroliză, raportat la suma tuturor atomilor de siliciu, se poate baza pe următoarea ecuație de reacție:

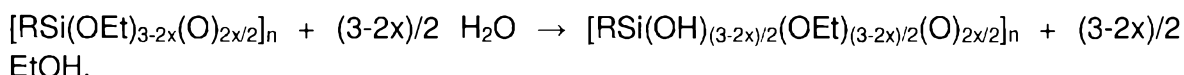
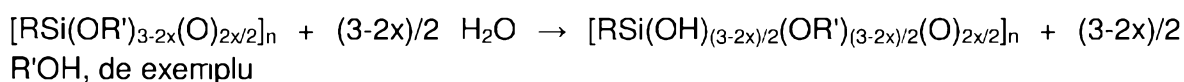
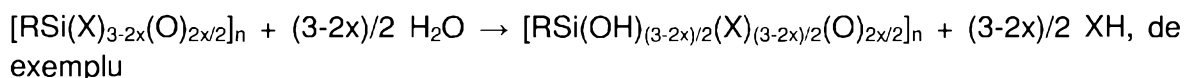
$[RSi(OEt)_{3-2x}(O)_{2x/2}]_n + y H_2O \rightarrow [RSi(OH)_y(OEt)_{3-2x-y}(O)_{2x/2}]_n + y EtOH$.

În special, y poate fi $\leq 3-2x$, adică stoichiometric ($y=3-2x$) sau substoichiometric ($y < 3-2x$) față de grupările hidrolizabile.

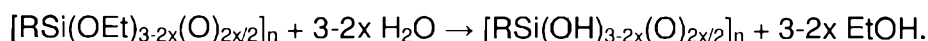
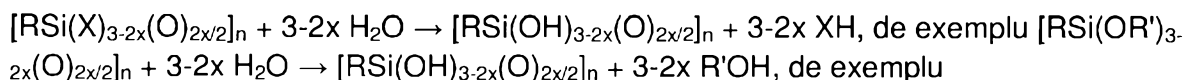
Deoarece, pe de o parte, este posibilă și o reacție de condensare a grupărilor hidroxi cu grupări hidrolizabile, de exemplu cu grupări alcoxi (OR'), de exemplu grupări etoxi, metoxi, propoxi sau butoxi, de exemplu cu separarea unui alcool și/sau cu atomi de halogen, de exemplu atomi de clor (Cl), în special cu separarea unei halogenuri de hidrogen, de exemplu acid clorhidric (HCl) și deoarece, pe de altă parte, așa cum s-a

explicat mai sus în contextul condensării, în special al primei condensări, într-o hidroliză și condensare combinate pentru hidroliza a m (mol), aici $3-2x$, de grupări hidrolizabile este necesară doar jumătate de cantitate, adică $m/2$ (mol), de apă, este posibil ca în hidroliză, în special a doua hidroliză, respectivul cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile să fie pus opțional în reacție, de asemenea, cu o cantitate $((3-2x)/2 \leq y)$ de apă până la semistoichiometrică, raportat la cantitatea grupărilor hidrolizabile ale respectivului cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile. În special, $(3-2x)/2 \leq y \leq 3-2x$ poate fi, prin urmare, mai mare sau egală cu semistoichiometrică până la stoichiometrică față de grupările hidrolizabile.

Prin $(3-2x)/2 \leq y$, conținutul de apă al compoziției compozite și cantitatea de apă produsă în timpul întăririi compoziției compozite pentru a forma compozitul pot fi în mod avantajos reduse în continuare, minimizând astfel în continuare potențialul de coroziune și/sau accelerând în continuare întărirea. În cazul în care $y = (3-2x)/2$, hidroliza, în special a doua hidroliză, a respectivului cel puțin un precursor de silanol care conține grupări hidrolizabile în respectivul cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, de exemplu prepolimer de polisilsesquioxan, raportat la suma tuturor atomilor de siliciu, se poate baza în medie, de exemplu, pe următoarea ecuație de reacție:



Cu $y = 3-2x$, toate grupările hidrolizabile (X) pot fi în mod avantajos hidrolizate în timpul hidrolizei, în special în timpul celei de-a doua hidrolize. Acest lucru s-a dovedit a fi deosebit de avantajos, deoarece grupările hidroxil pot avea o reactivitate de condensare mai mare decât grupările hidrolizabile. În cazul în care $y = 3-2x$, hidroliza, în special a doua hidroliză, a respectivului cel puțin un precursor de silanol care conține grupări hidrolizabile în respectivul cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, de exemplu prepolimer de polisilsesquioxan, raportat la suma tuturor atomilor de siliciu, se poate baza în medie, de exemplu, pe următoarea ecuație de reacție:



Hidroliza, în special a doua hidroliză, de exemplu, în cadrul procedurii de producere conform invenției pentru producerea unui silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, de exemplu prepolimer de polisilsesquioxan, poate fi efectuată, de exemplu, la o temperatură de ≥ 60 °C, de exemplu de ≥ 70 °C, în special la o temperatură cuprinsă într-un interval de la ≥ 60 °C, de exemplu de la ≥ 70 °C, în special până la < 100 °C. În acest caz, la o astfel de temperatură se pot amesteca (numai) precursorul de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile și apa. O temperatură de ≥ 60 °C, de exemplu de ≥ 70 °C, poate accelera în mod avantajos reacția de hidroliză. Prin limitarea temperaturii la sub 100 °C, se pot evita în mod avantajos reacțiile de condensare premature.

În timpul hidrolizei, grupările hidrolizabile ale respectivului cel puțin unui precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric pot fi hidrolizate în parte sau parțial sau complet, de exemplu complet, cu formarea de grupări hidroxil în locul grupărilor hidrolizabile pe atomul de siliciu al respectivului cel puțin unui precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile, în care cel puțin un alcool este, de asemenea, format în cazul grupărilor alcoxi ca grupări hidrolizabile. Formarea grupărilor hidroxil poate determina în mod avantajos ca silanolul oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimerul de silsesquioxan, de exemplu prepolimerul de polisilsesquioxan, care se formează în cadrul procedurii, să se dizolve în respectivul cel puțin un alcool care se formează în cazul grupărilor alcoxi ca grupări hidrolizabile, ceea ce poate fi observat prin trecerea de la un sistem bifazic la un sistem monofazic și permite, de asemenea, în mod avantajos, utilizarea directă a silanolului oligomeric și/sau polimeric sub formă de soluție alcoolică formată în compoziția compozită.

Hidroliza, în special cea de a doua hidroliză, poate fi efectuată, de exemplu, într-un sistem închis sau, opțional, într-un sistem închis cu o ieșire pentru suprapresiune. În măsura în care temperatura selectată este peste punctul de fierbere al unui alcool care se formează, sistemul poate fi în special un sistem închis, rezistent la presiune și/sau conceput ca autoclavă. După finalizarea hidrolizei, în special a celei de a doua hidrolize, și, de exemplu, înainte de începerea unei condensări, în special unei a doua condensări, explicată ulterior, de exemplu în cadrul unei întăriri a compoziției compozite, este preferabil să nu se mai adauge apă.

Hidroliza, în special cea de a doua hidroliză, poate avea loc pentru o perioadă de timp specifică. Această perioadă de timp specifică poate depinde în special de temperatura selectată. De exemplu, această perioadă de timp specifică poate fi cuprinsă în intervalul de la 10 până la 30 de ore. La o temperatură de 70 °C, hidroliza, în special cea de a doua hidroliză, poate fi efectuată timp de cel puțin 10 ore, de exemplu până la 30 de ore, de exemplu timp de aproximativ 24 de ore. La temperaturi mai ridicate, perioada de timp specifică poate fi scurtată opțional, în funcție de temperatura aplicată.

Hidroliza, în special cea de a doua hidroliză, poate fi efectuată în special numai în prezența respectivului cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile și a apei. Astfel, aceasta poate fi efectuată în mod avantajos fără adăugarea unui catalizator sau fără catalizator și/sau fără adăugarea unui solvent organic (suplimentar) și/sau fără adăugarea unei baze/soluții alcaline și/sau fără adăugarea altor substanțe.

Prin intermediul hidrolizei, în special al celei de a doua hidrolize – în special în cazul în care grupările hidrolizabile sunt grupări alcoxi – se poate obține, de exemplu, o compoziție de silanol oligomerică și/sau polimerică cu un conținut de alcool scăzut până la mediu-mare, care poate fi utilizată în mod avantajos atât pentru a furniza respectivul cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, de exemplu prepolimer de polisilsesquioxan, în compoziția compozită conform invenției și/sau ca aditiv la compoziția compozită, precum și ca atare ca masă de turnare pentru aplicarea pe un material în special metalic și/sau ceramic și/sau cu cel puțin un material de umplutură, în special ceramic și/sau metalic. De exemplu, compoziția de silanol oligomerică și/sau polimerică poate fi utilizată ca atare ca o masă de turnare pentru acoperirea și/sau încapsularea unui material, în special a unui material metalic și/sau ceramic, și/sau a cel puțin unui material de umplutură, în special a unui material de umplutură ceramic și/sau metalic. De exemplu, o compoziție de silanol oligomerică și/sau polimerică produsă în acest mod, raportat la greutatea totală a compoziției de silanol, poate cuprinde

de la $\geq 50\%$ în greutate până la $\leq 95\%$ în greutate, în special de la $\geq 60\%$ în greutate până la $\leq 95\%$ în greutate, din cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, de exemplu prepolimer de polisilsesquioxan, și

de la $\geq 5\%$ în greutate până la $\leq 50\%$ în greutate, în special de la $\geq 5\%$ în greutate până la $\leq 40\%$ în greutate, din cel puțin un alcool, de exemplu, în special în total, de metanol și/sau etanol și/sau propanol, de exemplu izopropanol și/sau n-propanol, și/sau butanol, de exemplu terț-butanol, sec-butanol și/sau izobutanol și/sau n-butanol.

Utilizând cantitatea (x) de apă menționată în contextul hidrolizei, în special al primei hidrolize și al condensării, respectivul cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, de exemplu prepolimer de polisilsesquioxan, poate fi preparat, de exemplu prin intermediul hidrolizei, în special al celei de a doua hidrolize, conform următorului exemplu de realizare.

Într-un alt exemplu de realizare, în special pe baza $(3-2x)/2 \leq y \leq 3-2x$, respectivul cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, de exemplu prepolimer de polisilsesquioxan, raportat la suma tuturor atomilor de siliciu, are în medie de la $> 0,00$ până la $< 1,50$, de exemplu $> 0,00$, în special $\geq 0,10$, de exemplu $\geq 0,16$ sau $\geq 0,20$ sau $\geq 0,30$, până la $< 1,50$, în special $\leq 1,40$, de exemplu $\leq 1,26$, de

exemplu $\leq 1,20$, grupări hidroxil și/sau grupări hidrolizabile, de exemplu grupări alcoxi și/sau atomi de halogen, de exemplu atomi de clor, de exemplu grupări alcoxi, în special în total, pe atom de siliciu. De exemplu, respectivul cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, de exemplu prepolimer de polisilsesquioxan, raportat la suma tuturor atomilor de siliciu, are în medie de la $\geq 0,10$ până la $\leq 1,40$, de exemplu de la $\geq 0,16$ până la $\leq 1,26$, de exemplu de la $\geq 0,20$, până la $\leq 1,20$, grupări hidroxil și/sau grupări hidrolizabile, de exemplu grupări alcoxi și/sau atomi de halogen, de exemplu atomi de clor, de exemplu grupări alcoxi, în special în total, per atom de siliciu. În acest caz, cel mult jumătate, de exemplu mai puțin de jumătate, eventual niciuna, pot fi grupări hidrolizabile, de exemplu grupări alcoxi și/sau atomi de halogen, de exemplu atomi de clor, de exemplu grupări alcoxi, în special grupări etoxi, iar cel puțin jumătate, de exemplu mai mult de jumătate, eventual toate, pot fi grupări hidroxi. Cu alte cuvinte, respectivul cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan poate avea în acest caz, raportat la suma tuturor atomilor de siliciu, în medie de la $\geq 0,00$ până la $\leq 0,70$, de exemplu de la $\geq 0,00$ până la $\leq 0,60$, grupări hidrolizabile, de exemplu grupări alcoxi și/sau atomi de halogen, de exemplu atomi de clor, de exemplu grupări alcoxi, în special grupări etoxi, per atom de siliciu.

Într-o variantă de realizare a acestui exemplu de realizare, în special pe baza $y = 3-2x$, respectivul cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan are, raportat la suma tuturor atomilor de siliciu, în medie de la $> 0,00$ până la $< 1,50$, de exemplu $> 0,00$, în special $\geq 0,10$, de exemplu $\geq 0,16$ sau $\geq 0,20$ sau $\geq 0,30$, până la $< 1,50$, în special $\leq 1,40$, de exemplu $\leq 1,26$, de exemplu $\leq 1,20$, grupări hidroxil per atom de siliciu. De exemplu, respectivul cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan poate avea, raportat la suma tuturor atomilor de siliciu, în medie de la $\geq 0,10$ până la $\leq 1,40$, de exemplu de la $\geq 0,16$ până la $\leq 1,26$, de exemplu de la $\geq 0,20$, până la $\leq 1,20$, grupări hidroxil per atom de siliciu. În special, respectivul cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan poate fi în special în esență lipsit de grupări hidrolizabile, de exemplu, grupări alcoxi și/sau atomi de halogen, de exemplu, atomi de clor, de exemplu, grupări alcoxi, în special grupări etoxi, per atom de siliciu.

După cum s-a explicat deja, acest interval poate fi subdivizat în două subintervale, și anume un subinterval cu $y = 3-2x$ și $x \leq 1,10$ și un subinterval cu $y = 3-2x$ și $x > 1,10$, de exemplu pentru a se concentra fie pe un optim în ceea ce privește fluiditatea ($y = 3-2x$ și $x \leq 1,10$), fie pe un optim în ceea ce privește contracția redusă la întărire și/sau uscarea și/sau întărirea accelerată și/sau potențialul de coroziune redus ($y = 3-2x$ și $x > 1,10$).

În cadrul unei variante de realizare speciale ($y = 3-2x$ și $x \leq 1,10$) a acestui exemplu de realizare, respectivul cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de

silsesquioxan, raportat la suma tuturor atomilor de siliciu, are în medie de la $\geq 0,80$ până la $\leq 1,40$, de exemplu $\leq 1,26$, în special $\leq 1,20$, grupări hidroxil per atom de siliciu.

Într-o altă variantă de realizare specială ($y = 3-2x$ și $x > 1,10$) a acestui exemplu de realizare, respectivul cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan are, raportat la suma tuturor atomilor de siliciu, în medie de la $> 0,00$ până la $< 0,80$, de exemplu $> 0,00$, în special $\geq 0,10$, de exemplu $\geq 0,16$ sau $\geq 0,20$ sau $\geq 0,30$, până la $< 0,80$, în special $\leq 0,76$, de exemplu $\leq 0,74$ sau $\leq 0,72$, de exemplu $\leq 0,70$, grupări hidroxil per atom de siliciu.

Într-o altă variantă de realizare specială, suplimentară sau alternativă, a acestui exemplu de realizare, respectivul cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan conține sau este cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, de exemplu prepolimer de polisilsesquioxan – care conține opțional grupări hidrolizabile, de exemplu grupări alcoxi și/sau atomi de halogen, de exemplu atomi de clor, de exemplu grupări alcoxi, în special grupări etoxi – care, raportat la suma tuturor atomilor de siliciu, se bazează în special în medie pe formula chimică:

$[\text{RSi}(\text{OH})_y(\text{X})_{3-2x-y}(\text{O})_{2x/2}]_n$, de exemplu

$[\text{RSi}(\text{OH})_y(\text{OR}')_{3-2x-y}(\text{O})_{2x/2}]_n$, de exemplu

$[\text{RSi}(\text{OH})_y(\text{OEt})_{3-2x-y}(\text{O})_{2x/2}]_n$.

În acest caz, R, X, n și R' pot fi concepuți în special după cum s-a explicat mai sus. În special, R poate reprezenta o grupare alchil, de exemplu o grupare metil, etil sau propil, de exemplu o grupare metil. În acest caz, respectivul cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, de exemplu prepolimer de polisilsesquioxan, poate cuprinde sau poate fi în special cel puțin un alchil-silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de alchil-silsesquioxan, de exemplu, prepolimer de alchil-polisilsesquioxan, de exemplu, metil-, etil- și/sau propil-silanol și/sau prepolimer de metil-, etil- și/sau propil-silsesquioxan, de exemplu, prepolimer de metil-, etil- și/sau propil-polisilsesquioxan, de exemplu metil-silanol și/sau prepolimer de metil-silsesquioxan, de exemplu prepolimer metil-polisilsesquioxan, și/sau poate fi produs prin hidroliza cel puțin unui precursor de alchil-silanol, în special a unui precursor de metil-, etil- și/sau propil-silanol care conține grupări hidrolizabile.

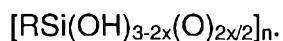
y poate fi, în special, $\leq 3-2x$, adică stoichiometric sau substoichiometric față de grupările hidrolizabile. În special, $(3-2x)/2 \leq y \leq 3-2x$, adică mai mare sau egal cu substoichiometric până la stoichiometric față de grupările hidrolizabile.

De exemplu, $0,00 < x < 1,50$, de exemplu $0,80 \leq x < 1,50$, de exemplu $0,80 \leq$ sau $0,87 \leq$, în special $0,90 \leq x < 1,50$, în special $\leq 1,45$, de exemplu $\leq 1,42$ sau $\leq 1,40$ sau $\leq 1,35$.

Într-o variantă de realizare specială a acestuia, $0,80 \leq x \leq 1,10$, de exemplu $0,87 \leq x \leq 1,10$, în special $0,90 \leq x \leq 1,10$.

Într-o altă variantă de realizare specială a acestuia, $1,10 < x < 1,50$, de exemplu $1,12 \leq$, de exemplu $1,13 \leq$ sau $1,14 \leq$, de exemplu $1,15 \leq$, $x < 1,50$, în special $\leq 1,45$, de exemplu $\leq 1,42$ sau $\leq 1,40$ sau $\leq 1,35$.

În cadrul unei alte variante de realizare speciale a acestui exemplu de realizare, în special pe baza $y = 3-2x$, respectivul cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, de exemplu prepolimer de polisilsesquioxan, cuprinde sau este cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, de exemplu, care, raportat la suma tuturor atomilor de siliciu, se bazează în medie pe următoarea formulă chimică generală:

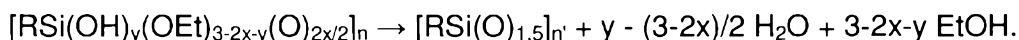
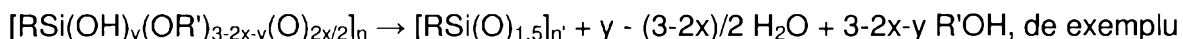
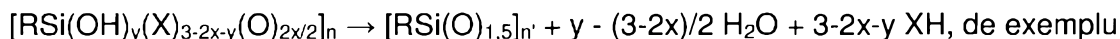


Acest lucru s-a dovedit a fi deosebit de avantajos, deoarece grupările hidroxil pot avea o reactivitate de condensare mai mare decât grupările hidrolizabile. În special, R și n pot fi proiectate după cum s-a explicat mai sus. În acest caz, respectivul cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, de exemplu prepolimer de polisilsesquioxan, poate fi în special lipsit de grupări hidrolizabile și/sau de grupări alcoxi și/sau de atomi de halogen și/sau de grupări etoxi.

Într-o altă variantă de realizare specială a acestui exemplu de realizare, în special pe baza $y = (3-2x)/2$, respectivul cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, de exemplu prepolimer de silsesquioxan, cuprinde sau este cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, de exemplu prepolimer de polisilsesquioxan, care, raportat la suma tuturor atomilor de siliciu, se bazează în medie, de exemplu, pe următoarea formulă chimică generală:

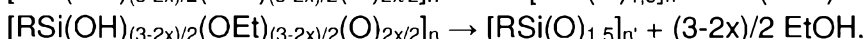
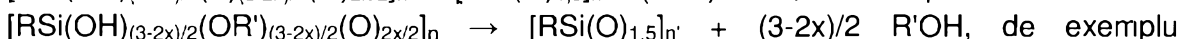
$[\text{RSi}(\text{OH})_{(3-2x)/2}(\text{X})_{(3-2x)/2}(\text{O})_{2x/2}]_n$, de exemplu $[\text{RSi}(\text{OH})_{(3-2x)/2}(\text{OR}')_{(3-2x)/2}(\text{O})_{2x/2}]_n$, de exemplu $[\text{RSi}(\text{OH})_{(3-2x)/2}(\text{OEt})_{(3-2x)/2}(\text{O})_{2x/2}]_n$. Aceasta este o modalitate avantajoasă de a reduce și mai mult cantitatea de apă care se formează în timpul întăririi. În acest caz, R, X, n, R' și x pot fi concepute în special așa cum s-a explicat mai sus. În acest caz, respectivul cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, de exemplu prepolimer de silsesquioxan, poate avea încă o proporție mică de grupări hidrolizabile, de exemplu grupări alcoxi și/sau atomi de halogen, de exemplu atomi de clor, de exemplu grupări alcoxi, în special grupări etoxi.

Respectivul cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, de exemplu prepolimer de silsesquioxan, se poate condensa în cadrul unei condensări, în special unei a doua condensări, de exemplu la întărirea compoziției compozite pentru formarea compozitului, de exemplu în cadrul procedurii conform invenției pentru producerea unui compozit și/sau a unui silsesquioxan, în cel puțin un silsesquioxan, de exemplu polisilsesquioxan. Acesta, în raport cu suma tuturor atomilor de siliciu, se poate baza în medie, de exemplu, pe următoarea ecuație de reacție:



În acest caz, R, X, n, R', R', x și y pot fi în special concepute așa cum s-a explicat mai sus, n' poate reprezenta în special numărul de unități repetitive și în special poate fi mai mare decât n.

Prin $(3-2x)/2 \leq y$, conținutul de apă al compoziției compozite și cantitatea de apă produsă în timpul întăririi compoziției compozite pentru a forma compozitul pot fi în mod avantajos reduse în continuare, minimizând astfel în continuare potențialul de coroziune și/sau accelerând în continuare întărirea. În cazul în care $y = (3-2x)/2$, condensarea, în special a doua condensare, a respectivului cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, de exemplu prepolimer de polisilsesquioxan, raportat la suma tuturor atomilor de siliciu, se poate baza în medie, de exemplu, pe următoarea ecuație de reacție:



Prin $y = 3-2x$, condensarea, în special cea de a doua condensare, poate fi efectuată în mod avantajos într-un mod deosebit de simplu și fiabil, de exemplu într-un sistem deschis. În cazul în care $y = 3-2x$, condensarea, în special a doua condensare, a respectivului cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, de exemplu prepolimer de polisilsesquioxan, raportat la suma tuturor atomilor de siliciu, se poate baza în medie, de exemplu, pe următoarea ecuație de reacție:



În timpul condensării, în special al celei de a doua condensări, sau în timpul întăririi compoziției compozite pentru a forma compozitul, de exemplu în cadrul procedurii conform invenției pentru producerea unui compozit și/sau a unui silsesquioxan, se poate forma în special cel puțin un alchil-silsesquioxan, de exemplu alchil-

polisilsesquioxan, în special cu formula chimică generală: $[\text{RSi}(\text{O})_{1,5}]_n$, în care R reprezintă o grupare alchil. De exemplu, în acest caz se poate forma cel puțin un metil-, etil- și/sau propil-silsesquioxan, de exemplu metil-, etil- și/sau propil-polisilsesquioxan, în special cu formula chimică generală: $[\text{RSi}(\text{O})_{1,5}]_n$, în care R reprezintă o grupare metil, etil și/sau propil. De exemplu, se poate forma un metil-silsesquioxan, de exemplu, un metil-polisilsesquioxan, în special cu formula chimică generală: $[\text{MeSi}(\text{O})_{1,5}]_n$.

Condensarea, în special a doua condensare, sau întărirea compoziției compozite pentru a forma compozitul, de exemplu în cadrul procedurii de producere conform invenției pentru producerea unui compozit și/sau a unui silsesquioxan, poate fi efectuată, de exemplu, la o temperatură de $\geq 100^\circ\text{C}$, în special de $\geq 110^\circ\text{C}$, de exemplu de $\geq 120^\circ\text{C}$, de exemplu de $\geq 130^\circ\text{C}$, de exemplu până la $\leq 250^\circ\text{C}$, în special până la $\leq 220^\circ\text{C}$, de exemplu până la $\leq 200^\circ\text{C}$, de exemplu până la $\leq 180^\circ\text{C}$, de exemplu până la $\leq 170^\circ\text{C}$. În special, condensarea, în special a doua condensare, sau întărirea compoziției compozite pentru a forma compozitul poate fi efectuată la o temperatură cuprinsă între $\geq 100^\circ\text{C}$ și $\leq 220^\circ\text{C}$, de exemplu, între $\geq 110^\circ\text{C}$ și $\leq 200^\circ\text{C}$, de exemplu, între $\geq 120^\circ\text{C}$ și $\leq 180^\circ\text{C}$, de exemplu, între $\geq 130^\circ\text{C}$ și $\leq 170^\circ\text{C}$, de exemplu, la aproximativ 150°C . Acest lucru s-a dovedit a fi avantajos pentru condensarea, în special a doua condensare, sau pentru întărirea compoziției compozite pentru a forma compozitul.

Condensarea, în special a doua condensare, sau întărirea compoziției compozite pentru a forma compozitul poate fi efectuată, de exemplu, într-un sistem deschis. Un sistem deschis poate simplifica în mod avantajos controlul procesului.

Condensarea, în special a doua condensare, sau întărirea compoziției compozite pentru a forma compozitul poate avea loc în special pentru o perioadă de timp specifică. Această perioadă de timp specifică poate depinde în special de temperatura selectată. De exemplu, această perioadă de timp specifică poate fi cuprinsă între 0,5 și 16 ore, în special până la 10 ore. La o temperatură de 150°C , condensarea, în special a doua condensare, sau întărirea compoziției compozite pentru a forma compozitul poate fi efectuată, de exemplu, timp de cel puțin o jumătate de oră, de preferință cel puțin 5 ore, în special până la 16 ore, de exemplu până la 10 ore, de exemplu timp de aproximativ 5 ore. La temperaturi mai ridicate, perioada de timp specifică poate fi scurtată opțional în funcție de temperatura aplicată.

Condensarea, în special a doua condensare, sau întărirea compoziției compozite pentru a forma compozitul poate fi efectuată în mod avantajos, de asemenea, fără adăugarea unui catalizator sau fără catalizator și/sau fără adăugarea unui solvent organic (suplimentar) și/sau fără adăugarea unei baze/substanțe alcaline și/sau fără adăugarea altor substanțe.

Într-un alt exemplu de realizare, respectivul cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, de exemplu prepolimer de

polisilsesquioxan, este un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, de exemplu prepolimer de polisilsesquioxan, produs printr-un procedeu de producere conform invenției și/sau un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan conform invenției, de exemplu prepolimer de polisilsesquioxan.

Într-un alt exemplu de realizare, alternativ sau suplimentar, respectivul cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile este un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile produs printr-un procedeu de producere conform invenției și/sau un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile conform invenției.

Într-un alt exemplu de realizare, alternativ sau suplimentar, respectivul cel puțin un silanol care conține grupări hidrolizabile este un silanol care conține grupări hidrolizabile produs printr-un procedeu de producere conform invenției și/sau un silanol care conține grupări hidrolizabile conform invenției.

Într-un alt exemplu de realizare, alternativ sau suplimentar, compoziția compozită este produsă printr-un procedeu conform invenției.

În cazul utilizării directe și unice a respectivului cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care cuprinde grupări hidrolizabile în compoziția compozită, compoziția compozită poate conține opțional o anumită cantitate mică de apă, de exemplu, care poate fi stoichiometrică până la semistoichiometrică, raportat la cantitatea de grupări hidrolizabile ale respectivului cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care cuprinde grupări hidrolizabile. Aceasta poate fi furnizată parțial sub formă de umiditate (reziduală) în respectivul cel puțin un material de umplutură și/sau în alte componente ale compoziției compozite și/sau sub formă de umiditate atmosferică.

Pentru a reduce, în special pentru a minimiza contracția în timpul întăririi compoziției compozite la utilizarea directă a respectivului cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile în compoziția compozită, poate fi deosebit de avantajos să se utilizeze în compoziția compozită respectivul cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile în combinație cu cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, de exemplu prepolimer de polisilsesquioxan, și/sau cu cel puțin un silanol care conține grupări hidrolizabile, în special cu cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, de exemplu prepolimer de polisilsesquioxan. Acest lucru se poate face în special în așa fel încât suma cantității grupărilor hidroxil ale respectivului cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, de exemplu prepolimer de polisilsesquioxan, și/sau ale respectivului cel puțin un silanol care conține grupări hidrolizabile, în special ale

respectivului cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, de exemplu, prepolimer de polisilsesquioxan, este mai mare sau egală cu suma cantității de grupări hidrolizabile ale respectivului cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile și/sau ale respectivului cel puțin un silanol care conține grupări hidrolizabile în compoziția compozită. Astfel, se poate obține în mod avantajos o condensare completă a grupărilor hidrolizabile ale respectivului cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric, în special și într-o compoziție compozită cel puțin substanțial lipsită de apă, de exemplu cu un conținut de apă de $< 0,1\%$ în greutate, de exemplu $< 0,01\%$ în greutate, raportat la greutatea totală a compoziției compozite.

În contextul invenției, un conținut de apă cât mai mic posibil s-a dovedit a fi deosebit de avantajos. Pe de o parte, acest lucru se datorează faptului că un conținut de apă cât mai mic posibil al compoziției compozite minimizează în mod avantajos contracția acesteia în timpul întăririi, iar uscarea și întărirea acesteia se pot realiza mai rapid și cu o mai mare economie de energie. Pe de altă parte, timpul de acțiune a apei, în care sunt în contact substraturile care urmează să fie echipate cu aceasta, de exemplu componente electronice și/sau electrice, de exemplu componente electronice de putere, care pot fi sensibile la apă, poate fi astfel redus la minimum, iar substratul care urmează să fie echipat cu aceasta poate fi protejat și/sau poate fi evitată coroziunea.

În cazul în care se utilizează cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau un prepolimer de silsesquioxan, de exemplu prepolimer de polisilsesquioxan, și/sau cel puțin un silanol care conține grupări hidrolizabile, compoziția compozită poate fi în mod avantajos cel puțin substanțial anhidră.

Într-o variantă de realizare specială, compoziția compozită are, prin urmare, doar $< 0,1\%$ în greutate, de exemplu $< 0,01\%$ în greutate, de apă raportat la greutatea totală a compoziției compozite. În acest fel, contracția în timpul întăririi compoziției compozite poate fi în mod avantajos redusă în continuare, în special minimizată, iar uscarea și întărirea acesteia pot fi realizate mai rapid și într-un mod mai economic din punct de vedere energetic și/sau potențialul de coroziune al acesteia poate fi redus.

Deoarece silanolii oligomerici și/sau polimerici și/sau prepolimerii de silsesquioxan, de exemplu prepolimerii de polisilsesquioxan, se pot condensa complet chiar și în absența apei și a altor compuși și sunt, de asemenea, deja oligomerizați și/sau polimerizați, în special înainte de a fi adăugați la compoziția compozită, prin care cantitatea de apă care se formează în timpul întăririi compoziției compozite și, prin urmare, și contracția și/sau potențialul de coroziune pot fi reduse semnificativ, în special minimize, și/sau uscarea și/sau întărirea pot fi, de asemenea, accelerate semnificativ și eficientizate din punct de vedere energetic, într-o variantă de realizare specială, compoziția compozită cuprinde (numai) cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de

silsesquioxan, de exemplu prepolimer de polisilsesquioxan, în special cel puțin un silanol polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, de exemplu prepolimer de polisilsesquioxan.

Respectivul cel puțin un material de umplutură poate fi în principiu un (singur) material de umplutură sau o combinație de două sau mai multe materiale de umplutură. După cum s-a explicat deja, respectivul cel puțin un material de umplutură poate avea în special o suprafață care cuprinde grupări OH. Materialele de umplutură ceramice și/sau metalice au, în general, cel puțin o mică proporție de grupări OH pe suprafața lor. În special, printr-un material de umplutură ceramic se poate înțelege un material de umplutură anorganic nemetalic. După cum s-a explicat deja, acesta poate fi cazul, de exemplu, cu materiale de umplutură ceramice, de exemplu oxidice și/sau silicatic, ca urmare a unei compoziții cu conținut de oxigen a materialului de umplutură ca atare, de exemplu cu oxid de aluminiu, dioxid de siliciu, etc. În cazul altor materiale de umplutură ceramice, de exemplu al materialelor de umplutură nitridice, și/sau în cazul materialelor de umplutură metalice, de exemplu pe bază de cupru, argint, aur, nichel, aluminiu, fier etc., suprafața poate avea, de asemenea, grupări OH. Aceasta se poate baza, de exemplu, pe un înveliș de oxid care se formează în mod nativ la contactul cu aerul, care se poate forma, de exemplu, prin reacție cu umiditatea aerului și/sau prin tratament ținut asistat termic cu oxigen și apă.

Într-un alt exemplu de realizare, respectivul cel puțin un material de umplutură cuprinde sau este cel puțin un material de umplutură ceramic și/sau metalic. Pentru anumite aplicații în care proprietățile materialelor de umplutură metalice sunt avantajoase, de exemplu, pentru a produce un compozit conductor electric și/sau activ catalitic și, opțional, conductor termic, respectivul cel puțin un material de umplutură poate cuprinde sau poate fi, de exemplu, cel puțin un material de umplutură metalic. Pentru alte aplicații în care proprietățile materialelor de umplutură ceramice sunt avantajoase, de exemplu, pentru a produce un compozit izolator electric și/sau conductor termic, respectivul cel puțin un material de umplutură poate cuprinde sau poate fi, în special, cel puțin un material de umplutură ceramic. Datorită proprietăților lor de izolare electrică, materialele de umplutură ceramice s-au dovedit a fi deosebit de avantajoase pentru aplicarea compoziției compozite pe componente electrice și/sau electronice, de exemplu pe componente electronice de putere.

Într-un alt exemplu de realizare, respectivul cel puțin un material de umplutură cuprinde sau este cel puțin un material de umplutură ceramic.

Într-un alt exemplu de realizare, respectivul cel puțin un material de umplutură cuprinde cel puțin un material de umplutură oxidic și/sau nitric și/sau carbodic și/sau silicatic. În special, respectivul cel puțin un material de umplutură poate fi cel puțin un material de umplutură oxidic și/sau nitridice și/sau carbodic și/sau silicatic. Materialele de umplutură

oxidice și/sau nitridice și/sau carbidice și/sau silicatice pot fi în mod avantajos atât conductoare termic, cât și izolatoare electric și, de asemenea, pot avea coeficienți de dilatare termică favorabili. Prin urmare, materialele de umplură oxidice și/sau nitridice și/sau carbidice și/sau silicatice pot fi utilizate în mod deosebit de avantajos pentru aplicarea compoziției compozite pe componente electronice și/sau electrice. În special, materialele de umplură oxidice și/sau nitritice și/sau carbidice și/sau silicatice pot asigura o izolație electrică (izolație de înaltă tensiune, rigiditate dielectrică) chiar și la tensiuni ridicate și la distanțe mici între potențiale electrice diferite. Prin urmare, materialele de umplură oxidice și/sau nitritice și/sau carbidice și/sau silicatice pot fi utilizate în mod deosebit de avantajos pentru aplicarea compoziției compozite pe componente electronice de putere.

În special, respectivul cel puțin un material de umplură pentru aplicarea compoziției compozite pe componentele electronice și/sau electrice, în special pe componentele electronice de putere, poate fi fără ioni alcalini și fără ioni de halogenuri. Acest lucru poate îmbunătăți în mod avantajos și mai mult izolarea electrică și durata de viață a componentelor electrice și/sau electronice.

Într-o variantă de realizare, respectivul cel puțin un material de umplură cuprinde sau este cel puțin un material de umplură oxidic și/sau silicatic. În mod avantajos, materialele de umplură oxidice și/sau silicatice au în mod avantajos o proporție deosebit de mare de grupări OH datorită compoziției care conține oxigen a materialului de umplură ca atare. Astfel, în mod avantajos, se poate obține un grad deosebit de ridicat de legare a respectivului cel puțin un material de umplură în compozit, ceea ce permite, la rândul său, obținerea unei stabilități mecanice și/sau a unei conductivități termice ridicate a compozitului.

Într-o altă variantă de realizare, respectivul cel puțin un material de umplură cuprinde sau este oxid de aluminiu (Al_2O_3) și/sau dioxid de siliciu (SiO_2) și/sau oxid de magneziu (MgO) și/sau oxid de zinc (ZnO) și/sau oxid de zirconiu (ZrO_2) și/sau dioxid de titan (TiO_2) și/sau forsterit (Mg_2SiO_4) și/sau nitrură de bor (BN) și/sau nitrură de aluminiu (AlN) și/sau nitrură de siliciu (Si_3N_4). Aceste materiale de umplură s-au dovedit a fi deosebit de avantajoase pentru aplicarea compoziției compozite pe componente electronice și/sau electrice, în special pe componente electronice de putere, având în vedere conductivitatea lor termică ridicată, capacitatea lor de izolare electrică ridicată, care este adecvată în special pentru izolarea de înaltă tensiune, și coeficienții lor de dilatare termică.

În special, respectivul cel puțin un material de umplură poate cuprinde sau poate fi oxid de aluminiu și/sau dioxid de siliciu și/sau oxid de magneziu și/sau oxid de zirconiu și/sau forsterit. În acest fel, se poate obține în mod avantajos un grad deosebit de ridicat de legare a respectivului cel puțin un material de umplură în compozit, ceea ce, la

rândul său, poate duce la o stabilitate mecanică și/sau o conductivitate termică ridicată a compozitului.

Într-o variantă de realizare specială, respectivul cel puțin un material de umplutură cuprinde sau este oxid de aluminiu. De exemplu, respectivul cel puțin un material de umplutură poate cuprinde sau poate fi oxid de aluminiu, de exemplu oxid de aluminiu fără ioni alcalini și fără ioni de halogenuri, de exemplu oxid de aluminiu de înaltă puritate. Oxidul de aluminiu are în mod avantajos o conductivitate termică ridicată, o capacitate de izolare electrică ridicată, în special care este adecvată și pentru izolarea de înaltă tensiune, și un coeficient de dilatare termică adecvat pentru electronică și/sau electricitate, în special pentru electronica de putere, precum și o proporție ridicată de grupări OH pe suprafață pentru a obține un grad ridicat de legare și este, de asemenea, în mod avantajos, relativ rentabil.

Respectivul cel puțin un material de umplutură poate avea, de exemplu, o valoare D50 (sau o dimensiune mediană a particulei) cuprinsă între $\geq 0,1 \mu\text{m}$ și $\leq 110 \mu\text{m}$ și/sau un interval de dimensiuni ale particulei, în special între cea mai mică și cea mai mare particulă, cuprins între $\geq 0,05 \mu\text{m}$ și $\leq 200 \mu\text{m}$ și/sau o dimensiune maximă a particulei de $\leq 200 \mu\text{m}$.

Într-un alt exemplu de realizare, respectivul cel puțin un material de umplutură cuprinde cel puțin un material de umplutură grosier și cel puțin un material de umplutură fin. Respectivul cel puțin un material de umplutură fin poate fi utilizat în mod avantajos pentru a umple golurile dintre particulele respectivului cel puțin un material de umplutură grosier. În acest fel, se poate obține în mod avantajos un grad de umplere deosebit de ridicat, îmbunătățind astfel în continuare proprietățile compozitului format din compoziția compozită, cum ar fi stabilitatea mecanică și/sau coeficientul de dilatare termică și/sau conductivitatea termică și/sau capacitatea de izolare electrică, și minimizând în continuare contracția în timpul întăririi compoziției compozite pentru a forma compozitul.

Într-o variantă de realizare specială a acestui exemplu de realizare, respectivul cel puțin un material de umplutură grosier are un interval de dimensiuni ale particulelor, în special între cea mai mică și cea mai mare particulă, într-un interval de la $\geq 1 \mu\text{m}$ la $\leq 200 \mu\text{m}$ și/sau o valoare d50 (sau mediana dimensiunilor particulelor) într-un interval de la $\geq 5 \mu\text{m}$ la $\leq 110 \mu\text{m}$, de exemplu într-un interval de la $\geq 10 \mu\text{m}$ la $\leq 60 \mu\text{m}$, opțional într-un interval de la $\geq 10 \mu\text{m}$ la $\leq 40 \mu\text{m}$.

Într-o altă variantă de realizare specială, alternativă sau suplimentară, în special suplimentară, a acestui exemplu de realizare, respectivul cel puțin un material de umplutură fin are un interval de dimensiuni ale particulelor, în special între cea mai mică și cea mai mare particulă, într-un interval de la $\geq 0,05 \mu\text{m}$ la $\leq 1 \mu\text{m}$ și/sau o valoare D50 (sau mediana dimensiunilor particulelor) într-un interval de la $\geq 0,1 \mu\text{m}$ la $\leq 0,9 \mu\text{m}$, de exemplu într-un interval de la $\geq 0,1 \mu\text{m}$ la $\leq 0,2 \mu\text{m}$. Acest lucru s-a dovedit a fi

deosebit de avantajos pentru obținerea unui grad ridicat de umplere și pentru îmbunătățirea proprietăților compozitului format din compoziția compozită, cum ar fi stabilitatea mecanică și/sau coeficientul de dilatare termică și/sau conductivitatea termică și/sau capacitatea de izolare electrică, precum și pentru reducerea la minimum a contracției la întărirea compoziției compozite pentru a forma compozitul.

Într-un alt exemplu de realizare, compoziția compozită cuprinde, raportat la greutatea totală a compoziției compozite, de la $\geq 60\%$ în greutate până la $\leq 90\%$ în greutate din respectivul cel puțin un material de umplură grosier și de la $\geq 0\%$ în greutate până la $\leq 8\%$ în greutate din respectivul cel puțin un material de umplură fin. Acest lucru s-a dovedit a fi deosebit de avantajos pentru obținerea unui grad ridicat de umplere și pentru îmbunătățirea proprietăților compozitului format din compoziția compozită, cum ar fi stabilitatea mecanică și/sau coeficientul de dilatare termică și/sau conductivitatea termică și/sau capacitatea de izolare electrică, precum și pentru reducerea la minimum a contracției în timpul întăririi compoziției compozite pentru a forma compozitul. O combinație cu exemplele de realizare explicate mai sus poate optimiza în mod avantajos și mai mult compactitatea și, prin urmare, gradul de umplere și avantajele care pot fi obținute prin intermediul acestuia.

În plus, compoziția compozită poate cuprinde, de exemplu, cel puțin un solvent organic și/sau cel puțin un agent de umectare și/sau cel puțin un agent antispumant și/sau cel puțin o rășină siliconică.

Prezența și/sau adăugarea cel puțin unui solvent organic poate avea un efect avantajos asupra prelucrării compoziției compozite. Respectivul cel puțin un solvent organic poate fi utilizat în mod avantajos pentru a ajusta proprietățile de curgere ale compoziției compozite, de exemplu pentru a fi utilizat ca masă de încapsulare pentru componente electronice și/sau electrice. În cazul unei adăugări a respectivului cel puțin un silanol la compoziția compozită sub forma unei compoziții de silanol produse conform invenției, respectivul cel puțin un solvent organic poate cuprinde sau poate fi cel puțin un alcool, în special format în timpul producerii.

Într-o variantă de realizare, respectivul cel puțin un solvent organic cuprinde sau este cel puțin un alcool. În special, respectivul cel puțin un solvent organic poate să cuprindă sau să fie cel puțin un alcool, în special format în timpul producerii respectivului cel puțin un silanol. Astfel, în mod avantajos, în cadrul producerii se poate renunța în plus la o îndepărtare a respectivului cel puțin un alcool care se formează, simplificându-se astfel și procedeul de producere. De exemplu, respectivul cel puțin un alcool poate cuprinde sau poate fi etanol și/sau metanol și/sau propanol, de exemplu, izopropanol și/sau n-propanol, și/sau butanol, de exemplu, terț-butanol, sec-butanol și/sau izobutanol și/sau n-butanol. Acești alcooli pot avea în mod avantajos o vâscozitate scăzută și pot fi deosebit de avantajoși pentru a forma compoziții compozite cu o

vâscozitate scăzută, în special și la niveluri de umplere ridicate, de exemplu de peste 60% în greutate și în special chiar de peste 90% în greutate. În principiu, respectivul cel puțin un alcool din compoziția compozită poate cuprinde metanol și/sau grupările hidrolizabile pot cuprinde sau pot fi grupări metoxi. Cu toate acestea, etanolul și/sau propanolul, de exemplu, izopropanolul și/sau n-propanolul, și/sau butanolul, de exemplu, terț-butanolul și/sau sec-butanolul și/sau izo-butanolul și/sau n-butanolul, prezintă în raport cu metanolul avantajele unei toxicități mai scăzute și ale unui punct de fierbere mai ridicat, ceea ce s-a dovedit a fi avantajos, în special în ceea ce privește prelucrarea și manipularea compoziției compozite. De exemplu, respectivul cel puțin un alcool poate, prin urmare, să cuprindă sau să fie etanol și/sau propanol, de exemplu, izo-propanol și/sau n-propanol, și/sau butanol, de exemplu, terț-butanol, sec-butanol și/sau izo-butanol și/sau n-butanol, de exemplu, etanol și/sau propanol, de exemplu, izo-propanol și/sau n-propanol. Etanolul s-a dovedit a fi deosebit de avantajos, deoarece are o toxicitate scăzută, este rentabil și, de asemenea, formează un azeotrop cu apa, ceea ce face posibilă eliminarea chiar și a unor cantități mici de apă în timpul uscării compoziției compozite într-un mod simplu și eficient din punct de vedere energetic. În special, respectivul cel puțin un alcool poate, prin urmare, să cuprindă sau să fie etanol.

Într-o altă variantă de realizare, suplimentară sau alternativă, respectivul cel puțin un solvent organic cuprinde cel puțin un alt solvent organic, în special nealcoolice, de exemplu, cu un punct de fierbere scăzut, de exemplu, acetat de etil. Prin adăugarea acestuia în compoziția compozită, de exemplu, proprietățile de curgere a suspensiei din compoziția compozită pot fi ajustate, de exemplu îmbunătățite în continuare. Acest lucru poate fi avantajos în special în cazul unui grad ridicat de oligomerizare și/sau polimerizare a respectivului cel puțin un silanol și/sau precursor de silanol. În mod avantajos, acetatul de etil poate avea un comportament de evaporare mai rapid decât etanolul și, în acest fel, poate accelera și mai mult întărirea compoziției compozite.

De exemplu, compoziția compozită poate cuprinde, raportat la greutatea totală a compoziției compozite, de la $\geq 1\%$ în greutate până la $\leq 25\%$ în greutate, de exemplu de la $\geq 2\%$ în greutate până la $\leq 20\%$ în greutate, din respectivul cel puțin un solvent organic, în special din respectivul cel puțin un alcool și/sau din respectivul cel puțin un alt solvent organic, în special nealcoolice, în special în total. Se pot obține astfel proprietăți avantajoase de curgere a suspensiei.

Printr-un agent de umectare se poate înțelege în special un aditiv care poate contribui la o mai bună umectare a compoziției compozite pe un substrat metalic și/sau ceramic și a componentelor lichide ale compoziției compozite pe suprafețele materialului de umplură. Respectivul cel puțin un agent de umectare poate, de exemplu, să cuprindă și/sau să fie pe bază de și/sau să fie cel puțin un eter policarboxilat. Respectivul cel puțin un agent de umectare poate îmbunătăți în mod avantajos umectarea respectivului

cel puțin un material de umplutură și, de asemenea, a materialelor, de exemplu a unui substrat, care urmează să fie, de exemplu, acoperit cu compoziția compozită.

Respectivul cel puțin un agent antispumant poate facilita în mod avantajos spargerea bulelor care se ridică în timpul întăririi, împiedicând astfel, de exemplu, formarea de goluri sau pori.

Prin adăugarea cel puțin unei rășini polisiloxanice, se pot ajusta în mod avantajos și alte proprietăți ale compoziției compozite și/sau ale compozitului format din aceasta, de exemplu modulul de elasticitate și/sau dilatarea termică.

În măsura în care respectivul cel puțin un solvent organic și/sau respectivul cel puțin un agent de umectare și/sau respectivul cel puțin un agent antispumant și/sau respectiva cel puțin o rășină polisiloxanică conțin apă sau sunt adăugate la compoziția compozită sub formă de soluție/suspensie/dispersie apoasă, este avantajos să se asigure că conținutul total de apă al compoziției compozite rămâne scăzut, în special cel puțin sub 10% în greutate, de preferință cel puțin sub 3% în greutate, deosebit de preferabil în jur de 0% în greutate. În special, respectivul cel puțin un solvent organic și/sau respectivul cel puțin un agent de umectare și/sau respectivul cel puțin un agent antispumant și/sau respectiva cel puțin o rășină siliconică pot avea, prin urmare, un conținut scăzut de apă, de preferință pot fi anhidre.

De exemplu, raportat la greutatea totală a compoziției compozite, compoziția compozită poate conține (în plus)

de la $\geq 0\%$ în greutate până la $\leq 2,5\%$ în greutate din respectivul cel puțin un agent de umectare, și/sau

de la $\geq 0\%$ în greutate până la $\leq 0,2\%$ în greutate din respectivul cel puțin un agent antispumant, și/sau

de la $\geq 0\%$ în greutate până la $\leq 10\%$ în greutate din respectiva cel puțin o rășină polisiloxanică sau rășină siliconică, în special reticulabilă.

De asemenea, compoziția compozită poate fi, de exemplu, în special substanțial lipsită de silantrioli.

În ceea ce privește alte caracteristici tehnice și avantaje ale compoziției compozite conform invenției, se face trimitere în mod explicit la explicațiile în legătură cu celelalte obiecte conform invenției și la exemplele de realizare.

Un alt obiect al invenției este un procedeu de producere pentru producerea unui silanol care conține grupări hidrolizabile, în care cel puțin un silan având trei grupări hidrolizabile, raportat la cantitatea grupărilor hidrolizabile ale respectivului cel puțin un silan având trei grupări hidrolizabile, este hidrolizat în parte sau parțial cu o cantitate de apă substoichiometrică, de exemplu, semistoichiometrică sau mai mică decât

semistoichiometrică, în special mai mică decât semistoichiometrică, de exemplu până la pe sfert stoichiometrică, într-o hidroliză, în special o primă hidroliză, pentru a forma (respectivul) cel puțin un silanol, în special monomeric, care conține grupări hidrolizabile. În special, respectivul cel puțin un silan având trei grupări hidrolizabile, raportat la cantitatea grupărilor hidrolizabile ale respectivului cel puțin un silan având trei grupări hidrolizabile, poate fi hidrolizat în parte sau parțial cu o cantitate de apă mai mică decât semistoichiometrică, de exemplu până la pe sfert stoichiometrică, într-o hidroliză, în special o primă hidroliză, pentru a forma (respectivul) cel puțin un silanol, în special monomeric, care conține grupări hidrolizabile.

În mod avantajos, se poate obține astfel un silanol, în special anhidru, care conține grupări hidrolizabile, în special hidrolizat în parte sau parțial, de exemplu monomeric. Astfel, în mod avantajos, conținutul de apă al compoziției compozite poate fi redus la minimum și/sau, în special, cantitatea de apă care se separă în timpul întăririi compoziției compozite poate fi redusă, ceea ce, la rândul său, minimizează în mod avantajos contracția compozitului în timpul întăririi și/sau accelerează uscarea și/sau întărirea și/sau previne coroziunea.

Procedeu de producere pentru producerea unui silanol care conține grupări hidrolizabile poate fi utilizat în special pentru producerea unui silanol conform invenției și/sau ca o componentă, de exemplu etapă de procedeu, a unui procedeu de producere conform invenției pentru producerea unui precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile și/sau pentru producerea unui precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile conform invenției și/sau ca o componentă, de exemplu etapă de procedeu, a unui procedeu de producere conform invenției pentru producerea unui silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, de exemplu prepolimer de polisilsesquioxan, și/sau pentru producerea unui silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan conform invenției, de exemplu prepolimer de polisilsesquioxan, în special pentru o compoziție compozită conform invenției.

Într-un exemplu de realizare, hidroliza, în special prima hidroliză, se efectuează la o temperatură de ≥ 60 °C, de exemplu de ≥ 70 °C, în special la o temperatură cuprinsă într-un interval de la ≥ 60 °C, de exemplu ≥ 70 °C, în special până la ≤ 100 °C. În acest caz, reactanții pot fi amestecați la o astfel de temperatură. O temperatură de ≥ 60 °C, de exemplu de ≥ 70 °C, poate accelera în mod avantajos reacția de hidroliză. Prin limitarea temperaturii la mai puțin de 100 °C se pot evita în mod avantajos reacțiile de condensare premature.

Într-un alt exemplu de realizare, hidroliza, în special prima hidroliză, se efectuează într-un sistem închis. Acest lucru poate asigura în mod avantajos că apa necesară pentru reacție (până la transformarea acesteia) rămâne în amestec. Dacă este necesar,

sistemul închis poate fi rezistent la presiune și/sau poate fi conceput ca o autoclavă. După finalizarea hidrolizei, în special a primei hidrolize și, de exemplu, înainte de începerea unei hidrolize explicate ulterior, în special a celei de a doua hidrolize, este preferabil să nu se mai adauge apă.

Hidroliza, în special prima hidroliză, poate avea loc în special pentru o anumită perioadă de timp. De exemplu, hidroliza, în special prima hidroliză, poate avea loc timp de cel puțin o jumătate de oră, de exemplu timp de cel puțin o oră, de exemplu pentru o anumită perioadă de timp cuprinsă între 0,5 și 4 ore.

Hidroliza, în special prima hidroliză, poate fi efectuată în special numai în prezența respectivului cel puțin un silan având trei grupări hidrolizabile și a apei. Prin urmare, aceasta poate fi efectuată în special fără adăugarea unui catalizator sau fără catalizator și/sau fără adăugarea unui solvent organic și/sau fără adăugarea de baze/soluții alcaline și/sau fără adăugarea de alte substanțe.

Grupările hidrolizabile pot cuprinde sau pot fi, de exemplu, grupări alcoxi și/sau atomi de halogen, de exemplu, atomi de clor. În acest caz, respectivul cel puțin un silan având trei grupări hidrolizabile poate să cuprindă sau să fie, de exemplu, cel puțin un trialcoxisilan și/sau cel puțin un trihalogensilan, de exemplu cel puțin un triclorsilan și/sau poate să fie hidrolizat cel puțin în parte sau parțial cu o cantitate de apă substoichiometrică, de exemplu semistoichiometrică sau mai mică decât semistoichiometrică, în special mai mică decât semistoichiometrică, de exemplu până la pe sfert stoichiometrică, raportat la cantitatea grupărilor alcoxi și/sau a atomilor de halogen, de exemplu a atomilor de clor, din respectivul cel puțin un trialcoxisilan și/sau trihalogensilan, de exemplu triclorsilan, în cel puțin un silanol, în special monomeric, care conține grupări alcoxi și/sau atomi de halogen, de exemplu atomi de clor.

Într-un exemplu de realizare, grupările hidrolizabile cuprind sau sunt grupări alcoxi, de exemplu grupări etoxi și/sau grupări metoxi și/sau grupări propoxi și/sau grupări butoxi, de exemplu grupări etoxi, și/sau respectivul cel puțin un silan având trei grupări hidrolizabile cuprinde sau este cel puțin un trialcoxisilan, de exemplu, trietoxisilan și/sau trimetoxisilan și/sau tripropoxisilan și/sau tributoxisilan, de exemplu trietoxisilan, și/sau este hidrolizat în parte sau parțial cu o cantitate de apă substoichiometrică, de exemplu semistoichiometrică sau mai mică decât semistoichiometrică, în special mai mică decât semistoichiometrică, de exemplu până la pe sfert stoichiometrică, raportat la cantitatea grupărilor alcoxi, de exemplu a grupărilor etoxi și/sau a grupărilor metoxi și/sau a grupărilor propoxi și/sau a grupărilor butoxi, de exemplu a grupărilor etoxi din respectivul cel puțin un trialcoxisilan, de exemplu trietoxisilan, în cel puțin un silanol, în special monomeric, care conține grupări alcoxi, de exemplu grupări etoxi și/sau grupări metoxi și/sau grupări propoxi și/sau grupări butoxi, de exemplu grupări etoxi.

Prin intermediul hidrolizei, în special al primei hidrolize – în special dacă grupările hidrolizabile sunt grupări alcoxi – se poate produce o compoziție de silanol cu un conținut ridicat de alcool, care poate fi utilizată în mod avantajos atât pentru a furniza în compoziția compozită conform invenției și/sau ca adaos la compoziția compozită respectivul cel puțin un silanol care conține grupări hidrolizabile, în special grupări alcoxi, dar care poate fi utilizată și ca atare ca masă de turnare pentru aplicarea pe un material, în special metalic și/sau ceramic, și/sau împreună cu cel puțin un material de umplură, în special ceramic și/sau metalic. De exemplu, compoziția de silanol ca atare poate fi utilizată ca masă de turnare pentru acoperirea și/sau încapsularea unui material, în special metalic și/sau ceramic, și/sau a cel puțin unui material de umplură, în special ceramic și/sau metalic. De exemplu, o compoziție de silanol produsă în acest mod poate să cuprindă, raportat la greutatea totală a compoziției de silanol,

de la $\geq 30\%$ în greutate până la $\leq 70\%$ în greutate din cel puțin un silanol care conține grupări hidrolizabile, în special grupări alcoxi, de exemplu grupări etoxi, și

de la $\geq 30\%$ în greutate până la $\leq 70\%$ în greutate din cel puțin un alcool, de exemplu, în special în total, de metanol și/sau etanol și/sau propanol, de exemplu izopropanol și/sau n-propanol, și/sau butanol, de exemplu terț-butanol, sec-butanol și/sau izobutanol și/sau n-butanol, de exemplu etanol.

Respectivul cel puțin un silan având trei grupări hidrolizabile și/sau respectivul cel puțin un silanol care conține grupări hidrolizabile poate, de exemplu, să cuprindă și un reziduu organic, în special pe atom de siliciu, sau poate fi pur și simplu substituit cu un reziduu organic. Reziduu organic poate avea, de exemplu, o lungime a lanțului de ≥ 1 atom sau ≥ 2 atomi sau ≥ 3 atomi sau ≥ 4 sau ≥ 5 sau ≥ 6 atomi sau ≥ 7 atomi. De exemplu, reziduu organic poate cuprinde sau poate fi o grupare alchil, de exemplu o grupare metil, etil sau propil, și/sau o grupare aril, de exemplu o grupare fenil, și/sau un lanț alchilenic, de exemplu un lanț metilenic, etilenic sau propilenic, și/sau o grupare arilenă, de exemplu o grupare fenilen, și/sau cel puțin o grupare funcțională, de exemplu o grupare epoxi și/sau o grupare amino și/sau o grupare mercapto și/sau o grupare vinil.

Într-o variantă de realizare specială, reziduu organic este o grupare alchil, de exemplu o grupare metil, etil sau propil, în special o grupare metil, și/sau respectivul cel puțin un silan având trei grupări hidrolizabile cuprinde sau este cel puțin un alchil-silan, de exemplu cel puțin un metil-, etil- și/sau propil-silan, în special cel puțin un metil-silan, având trei grupări hidrolizabile și/sau respectivul cel puțin un silanol care conține grupări hidrolizabile cuprinde sau este cel puțin un alchil-silanol care conține grupări hidrolizabile, de exemplu metil-, etil- și/sau propil-silanol, în special metil-silanol.

Compozițiile compozite care cuprind alchil-silanoli, de exemplu metil-, etil- sau propil-silanoli, în special metil-silanoli, pot fi utilizate în mod avantajos pentru a forma

compozite care au proprietăți hidrofobe și o absorbție scăzută de apă asociată, care rezistă la temperaturi de până la 300 °C și au o rezistență de aderență pe cupru de aproximativ 8 MPa și/sau care au în special, de asemenea, o conductivitate termică de aproximativ și peste 5 W/(m·K), un coeficient de dilatare termică de 6 - 10 ppm/K, o rezistență foarte bună de izolare, în special la umiditate, și/sau care nu pot prezenta o migrare a ionilor de argint între conductoarele de argint. Cu materiale de umplutură albe se pot forma în mod avantajos compozite albe, de exemplu albe ca zăpada, care pot rămâne stabile din punct de vedere al culorii chiar și în condiții de solicitare termică la temperaturi de până la 300 °C.

De exemplu, respectivul cel puțin un silan având trei grupări hidrolizabile poate fi cel puțin un alchil-trialcxisilan, de exemplu cel puțin un metil-, etil- și/sau propil-trialcxisilan, de exemplu cel puțin un metil-trialcxisilan, în special cel puțin un alchil-trietoxisilan, de exemplu cel puțin un metil-, etil- și/sau propil-trietoxisilan, de exemplu cel puțin un metil-trietoxisilan, și/sau respectivul cel puțin un silanol care conține grupări hidrolizabile cuprinde sau este cel puțin un alchil-alcoxisilanol, de exemplu cel puțin un metil-, etil- și/sau propil-alcoxisilanol, de exemplu cel puțin un metil-alcoxisilanol, în special cel puțin un alchil-etoxisilanol, de exemplu cel puțin un metil-, etil- și/sau propil-etoxisilanol, de exemplu cel puțin un metil-etoxisilanol.

Într-un exemplu de realizare special, apa este utilizată în hidroliză, în special prima hidroliză, într-o cantitate care se află într-un raport de $< 1,50$ la cantitatea de substanță a respectivului cel puțin un silan având trei grupări hidrolizabile, în special într-un raport într-un interval de la $> 0,00$ până la $< 1,50$, de exemplu într-un interval de la $\geq 0,80$ până la $< 1,50$, de exemplu într-un interval de la $\geq 0,80$ sau $\geq 0,87$, în special $\geq 0,90$, până la $< 1,50$, în special $\leq 1,45$, de exemplu $\leq 1,42$ sau $\leq 1,40$ sau $\leq 1,35$. Un astfel de raport între cantități poate fi utilizat în mod avantajos pentru a realiza compoziții compozite cu un conținut redus de apă și/sau o cantitate redusă de apă care se formează în timpul întăririi și, prin urmare, o contracție redusă și/sau un timp de procesare redus în timpul întăririi și/sau proprietăți de curgere avantajoase, de exemplu în timpul aplicării, în special înainte de întărire.

După cum s-a explicat deja, acest interval poate fi împărțit în două subintervale, și anume într-un subinterval cu $x \leq 1,10$ și un subinterval cu $x > 1,10$, de exemplu, pentru a se concentra fie pe un optim în ceea ce privește fluiditatea ($x \leq 1,10$), fie pe un optim în ceea ce privește contracția redusă la întărire și/sau uscarea și/sau întărirea accelerată și/sau potențialul redus de coroziune ($x > 1,10$).

Într-o variantă de realizare specială ($x \leq 1,10$), apa este utilizată în hidroliză, în special prima hidroliză, într-o cantitate care se află într-un raport cu cantitatea respectivului cel puțin un silan cu trei grupări hidrolizabile cuprinsă într-un interval de la $\geq 0,80$ la $\leq 1,10$,

de exemplu într-un interval de la $\geq 0,87$ la $\leq 1,10$, de exemplu într-un interval de la $\geq 0,90$ la $\leq 1,10$.

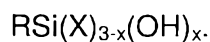
Într-o altă variantă de realizare specială ($x > 1,10$), apa este utilizată în hidroliză, în special prima hidroliză, într-o cantitate care este în raport cu cantitatea respectivului cel puțin un silan până trei grupări hidrolizabile cuprinsă într-un interval de la $> 1,10$ la $< 1,50$, de exemplu într-un interval de la $\geq 1,12$, de exemplu $\geq 1,13$ sau $\geq 1,14$, de exemplu $\geq 1,15$, până la $< 1,50$, în special $\leq 1,45$, de exemplu $\leq 1,42$ sau $\leq 1,40$ sau $\leq 1,35$. De exemplu, apa poate fi utilizată în hidroliză, în special prima hidroliză, într-o cantitate care se află într-un raport cu cantitatea respectivului cel puțin un silan până trei grupări hidrolizabile cuprinsă într-un interval de la $\geq 1,12$, de exemplu $\geq 1,13$ sau $\geq 1,14$, de exemplu $\geq 1,15$, până la $\leq 1,45$, de exemplu $\leq 1,40$ sau $\leq 1,35$.

Acest procedeu de producere poate fi utilizat în mod avantajos pentru a produce un silanol, în special monomeric, care conține grupări hidrolizabile și/sau o compoziție de silanol care conține în special un silanol, în special monomeric, care conține grupări hidrolizabile.

În ceea ce privește alte caracteristici tehnice și avantaje ale procedurii de producere conform invenției pentru producerea unui silanol care conține grupări hidrolizabile, în special a unui silanol monomeric, se face trimitere în mod explicit la explicațiile referitoare la compoziția compozită conform invenției și la celelalte obiecte conform invenției, precum și la exemplele de realizare.

Alte obiecte ale invenției sunt un silanol, în special monomeric, care conține grupări hidrolizabile și/sau o compoziție de silanol care conține cel puțin un silanol, în special monomeric, care conține grupări hidrolizabile. Silanolul, în special monomeric, care conține grupări hidrolizabile și/sau compoziția de silanol care conține cel puțin un silanol, în special monomeric, care conține grupări hidrolizabile, pot fi concepute sau utilizate, de exemplu, pentru o compoziție compozită conform invenției și/sau pentru producerea conform invenției a unui precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări alcoxi și/sau pentru producerea conform invenției a unui silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau a unui prepolimer de silsesquioxan, de exemplu a unui prepolimer de polisilsesquioxan, și/sau pentru formarea unui silsesquioxan, în special a unui polisilsesquioxan și/sau pot fi produse prin intermediul unui procedeu de producere conform invenției pentru producerea unui silanol, în special monomeric, care conține grupări hidrolizabile.

Într-un exemplu de realizare, silanolul, în special monomeric, care conține grupări hidrolizabile se bazează în medie, raportat la suma tuturor atomilor de siliciu, în special pe următoarea formulă chimică generală:



De exemplu, R poate reprezenta un reziduu organic, de exemplu cu o lungime a lanțului de ≥ 1 atom sau ≥ 2 atomi sau ≥ 3 atomi sau ≥ 4 sau ≥ 5 sau ≥ 6 atomi sau ≥ 7 atomi. De exemplu, R poate să cuprindă sau să fie o grupare alchil, de exemplu o grupare metil, etil sau propil, și/sau un lanț alchilenic, de exemplu un lanț metilenic, etilenic sau propilenic, și/sau o grupare aril, de exemplu o grupare fenil, și/sau o grupare arilenă, de exemplu o grupare fenilen, și/sau cel puțin o grupare funcțională, de exemplu o grupare epoxi și/sau o grupare amino și/sau o grupare mercapto și/sau o grupare vinil.

Într-o variantă de realizare, R reprezintă o grupare alchil. De exemplu, R poate reprezenta o grupare metil, etil sau propil.

Într-o variantă de realizare specială, R reprezintă o grupare metil.

Alchil-silanii, cum ar fi metil-, etil- sau propil-silanii, pot fi relativ ușor de obținut și/sau rentabili. În plus, compozițiile compozite care cuprind alchil-silanoli, de exemplu, metil-, etil- sau propil-silanoli, în special metil-silanoli, pot fi utilizate în mod avantajos pentru a forma compozite care au proprietăți hidrofobe și o absorbție scăzută de apă asociată, care rezistă la temperaturi de până la 300 °C și care au o rezistență de aderență pe cupru de aproximativ 8 MPa și/sau au în special, de asemenea, o conductivitate termică de aproximativ și peste 5 W/(m·K), un coeficient de dilatare termică de 6 - 10 ppm/K, o rezistență foarte bună de izolare, în special la umiditate, și/sau care nu pot prezenta migrare a ionilor de argint între conductoarele de argint. Cu materiale de umplutură albe, se pot forma în mod avantajos materiale compozite albe, de exemplu albe ca zăpada, care pot rămâne stabile din punct de vedere al culorii chiar și în condiții de solcitare termică la temperaturi de până la 300 °C.

În special, X poate reprezenta o grupare hidrolizabilă, de exemplu o grupare alcoxi (OR') și/sau un atom de halogen, de exemplu un atom de clor (Cl).

Într-o altă variantă de realizare, X reprezintă o grupare alcoxi (OR'). De exemplu, X poate reprezenta o grupare etoxi sau o grupare metoxi sau o grupare propoxi sau o grupare butoxi. În timpul hidrolizei alcoxi-silanilor și/sau a alcoxi-silanolului se poate forma în mod avantajos cel puțin un alcool, ceea ce poate avea un efect avantajos asupra controlului procesului și/sau manipulării.

Într-o variantă de realizare specială, X reprezintă o grupare etoxi. În timpul hidrolizei alcoxi-silanilor și/sau a alcoxi-silanolului se poate forma în mod avantajos etanol, ceea ce poate avea un efect deosebit de avantajos asupra controlului procesului și/sau manipulării.

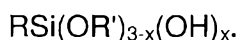
În acest caz, x poate fi în special $0 < x < 1,50$. În acest fel, se poate obține în mod avantajos o contracție redusă la întărire și/sau o uscare și/sau o întărire accelerată și/sau un potențial de coroziune redus, precum și o fluiditate adecvată.

Într-o altă variantă de realizare, $0,80 \leq x < 1,50$. De exemplu, $0,80 \leq$ sau $0,87 \leq$, în special $0,90 \leq x < 1,50$, în special $\leq 1,45$, de exemplu $\leq 1,42$ sau $\leq 1,40$ sau $\leq 1,35$. De exemplu, $0,90 \leq x \leq 1,45$, de exemplu $\leq 1,42$ sau $\leq 1,40$ sau $\leq 1,35$.

Într-o variantă de realizare specială, $0,80 \leq x \leq 1,10$, de exemplu $0,87 \leq x \leq 1,10$, în special $0,90 \leq x \leq 1,10$. În acest mod, se poate optimiza în mod avantajos fluiditatea și, în același timp, se poate obține o contracție redusă la întărire și/sau o uscare și/sau o întărire accelerată și/sau un potențial de coroziune redus.

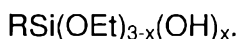
Într-o altă variantă de realizare specială, $1,10 < x < 1,50$, de exemplu $1,12 \leq$, de exemplu $1,13 \leq$ sau $1,14 \leq$, de exemplu $1,15 \leq x < 1,50$, în special $\leq 1,45$, de exemplu $\leq 1,42$ sau $\leq 1,40$ sau $\leq 1,35$, de exemplu $1,15 \leq x < 1,50$, în special $\leq 1,45$, de exemplu $\leq 1,42$ sau $\leq 1,40$ sau $\leq 1,35$. În acest fel, se poate obține în mod avantajos o reducere și mai mare a contracției la întărire și/sau o uscare și/sau întărire chiar mai accelerată și/sau un potențial de coroziune chiar mai redus.

Într-o variantă de realizare specială a acestui exemplu de realizare, silanolul care conține grupări hidrolizabile, raportat la suma tuturor atomilor de siliciu, se bazează în special în medie pe formula chimică:



R' poate reprezenta, de exemplu, o grupare alchil, de exemplu o grupare metil sau o grupare etil sau o grupare propil sau o grupare butil, în special o grupare etil.

Într-o variantă de realizare chiar mai specială a acestui exemplu de realizare, silanolul care conține grupări hidrolizabile, raportat la suma tuturor atomilor de siliciu, se bazează în medie pe formula chimică:



Compoziția de silanol care conține cel puțin un silanol, în special monomeric, care conține grupări hidrolizabile, poate fi utilizată în mod avantajos atât pentru furnizarea respectivului cel puțin un silanol care conține grupări hidrolizabile în compoziția compozită conform invenției și/sau ca adaos la compoziția compozită, cât și ca atare sub formă de masă de turnare pentru aplicarea pe un material, în special metalic și/sau ceramic, și/sau împreună cu cel puțin un material de umplură, în special ceramic și/sau metalic. De exemplu, compoziția de silanol ca atare poate fi utilizată ca o masă de turnare pentru acoperirea și/sau încapsularea unui material, în special metalic și/sau ceramic, și/sau a cel puțin unui material de umplură, în special ceramic și/sau metalic. De exemplu, o astfel de compoziție de silanol, raportat la greutatea totală a compoziției de silanol, poate cuprinde

de la $\geq 30\%$ în greutate până la $\leq 70\%$ în greutate din cel puțin un silanol care conține grupări hidrolizabile, în special grupări alcoxi, de exemplu grupări etoxi, și

de la $\geq 30\%$ în greutate până la $\leq 70\%$ în greutate din cel puțin un alcool, de exemplu, în special în total, de metanol și/sau etanol și/sau propanol, de exemplu izo-propanol și/sau n-propanol, și/sau butanol, de exemplu terț-butanol, sec-butanol și/sau izo-butanol și/sau n-butanol, de exemplu etanol.

În ceea ce privește alte caracteristici tehnice și avantaje ale silanolului conform invenției, în special monomeric, care conține grupări hidrolizabile, și/sau ale compoziției de silanol care cuprinde cel puțin un silanol care conține grupări hidrolizabile, se face trimitere în mod explicit la explicațiile referitoare la compoziția compozită conform invenției și la celelalte obiecte conform invenției, precum și la exemplele de realizare.

Un alt obiect al invenției este un procedeu de producere pentru producerea unui precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile, în care cel puțin un silanol care conține grupări hidrolizabile și care este produs printr-un procedeu de producere conform invenției pentru producerea unui silanol care conține grupări hidrolizabile și/sau cel puțin un silanol conform invenției care conține grupări hidrolizabile este condensat în parte sau parțial în cadrul unei condensări, în special al primei condensări, în (respectivul) cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile și/sau în care cel puțin un silan având trei grupări hidrolizabile este hidrolizat în parte sau parțial și condensat în cadrul unei hidrolize, în special al primei hidrolize și al unei condensări combinate în (respectivul) cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile, cu o cantitate de apă substoichiometrică, în special semistoichiometrică sau mai mică decât semistoichiometrică, în special mai mică decât semistoichiometrică, de exemplu până la pe sfert stoichiometrică, raportat la cantitatea grupărilor hidrolizabile ale respectivului cel puțin un silan având trei grupări hidrolizabile.

În procedeul de producere conform invenției pentru producerea unui precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile, respectivul cel puțin un silan având trei grupări hidrolizabile poate fi hidrolizat în parte sau parțial sau poate fi hidrolizat în parte sau parțial și condensat în cadrul hidrolizei, în special al primei hidrolize, și al condensării combinate, în special cu o cantitate de apă mai mică decât semistoichiometrică, în special până la pe sfert stoichiometrică, raportat la cantitatea grupărilor hidrolizabile ale respectivului cel puțin un silan având trei grupări hidrolizabile.

Astfel, se poate produce în mod avantajos un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile, ceea ce face posibilă reducerea conținutului de apă al compoziției compozite și/sau, în special, reducerea cantității de apă care se separă în timpul întăririi compoziției compozite, ceea ce, la rândul său, minimizează în mod avantajos contracția compozitului în timpul întăririi și/sau accelerează uscarea și/sau întărirea.

Procedeul de producere pentru producerea unui precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile poate fi conceput în special pentru producerea unui precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric conform invenției, care conține grupări hidrolizabile, și/sau ca o componentă, de exemplu, etapă de procedeu, a unui procedeu de producere conform invenției pentru producerea unui silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, de exemplu prepolimer de polisilsesquioxan, în special pentru o compoziție compozită conform invenției.

Într-un exemplu de realizare, condensarea, în special prima condensare și/sau hidroliza, în special prima hidroliză și condensarea combinate, se efectuează la o temperatură de ≥ 100 °C, în special de ≥ 110 °C, de exemplu de ≥ 120 °C, de exemplu de ≥ 130 °C, de exemplu până la ≤ 250 °C, în special până la ≤ 220 °C, de exemplu până la ≤ 200 °C, de exemplu până la ≤ 180 °C, de exemplu până la ≤ 170 °C. În special, condensarea, în special prima condensare și/sau hidroliza, în special prima hidroliză și condensarea combinate, pot fi efectuate la o temperatură cuprinsă într-un interval de la ≥ 100 °C până la ≤ 220 °C, de exemplu de la ≥ 110 °C până la ≤ 200 °C, de exemplu de la ≥ 120 °C până la ≤ 180 °C, de exemplu de la ≥ 130 °C până la ≤ 170 °C, de exemplu de aproximativ 150 °C. Acest lucru s-a dovedit a fi avantajos în contextul invenției.

Într-un alt exemplu de realizare, condensarea, în special prima condensare și/sau hidroliza, în special prima hidroliză și condensarea combinate, se efectuează într-un sistem închis, în special într-un sistem închis echipat cu o ieșire de suprapresiune sau, dacă este cazul, într-o autoclavă. În acest fel, se poate obține în mod avantajos ca apa formată in situ să rămână în esență în sistem. Produsele de reacție volatile care se formează treptat în timpul reacției și care acumulează suprapresiune, de exemplu alcoolul, pot scăpa treptat din sistem prin ieșirea de suprapresiune în cazul unui sistem echipat cu o ieșire de suprapresiune.

Condensarea, în special prima condensare sau hidroliza, în special prima hidroliză, și condensarea combinate, pot avea loc pentru o anumită perioadă de timp. De exemplu, condensarea, în special prima condensare sau hidroliza, în special prima hidroliză, și condensarea combinate, pot avea loc timp de cel puțin o jumătate de oră, de exemplu până la 10 ore, de exemplu pentru o anumită perioadă de timp cuprinsă între 0,5 și 10 ore, de exemplu timp de aproximativ 4 ore.

În mod avantajos, condensarea, în special prima condensare sau hidroliza, în special prima hidroliză, și condensarea combinate, pot fi efectuate numai în prezența respectivului cel puțin un silanol care conține grupări hidrolizabile și/sau a respectivului cel puțin un silan având trei grupări hidrolizabile și a apei. Astfel, aceasta se poate realiza în mod avantajos fără adăugarea unui catalizator sau fără catalizator și/sau fără

adăugarea unui solvent organic (suplimentar) și/sau fără adăugarea de baze/soluții alcaline și/sau fără adăugarea de alte substanțe.

Grupările hidrolizabile pot cuprinde sau pot fi, de exemplu, grupări alcoxi și/sau atomi de halogen, de exemplu, atomi de clor. Respectivul cel puțin un silanol care conține grupări hidrolizabile poate cuprinde sau poate fi cel puțin un silanol, în special monomeric, care conține grupări alcoxi și/sau atomi de halogen, de exemplu, atomi de clor, și/sau respectivul cel puțin un silan având trei grupări hidrolizabile poate cuprinde sau poate fi, de exemplu, cel puțin un trialcxisilan și/sau cel puțin un trihalogensilan, de exemplu, cel puțin un triclorsilan, și/sau poate fi hidrolizat și condensat în parte sau parțial într-un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări alcoxi și/sau atomi de halogen, de exemplu atomi de clor, cu o cantitate de apă substoichiometrică, de exemplu semistoichiometrică sau mai mică decât semistoichiometrică, în special mai mică decât semistoichiometrică, de exemplu până la pe sfert stoichiometrică, raportat la cantitatea grupărilor alcoxi și/sau a atomilor de halogen, de exemplu a atomilor de clor, din respectivul cel puțin un trialcxisilan și/sau trihalogensilan, de exemplu triclorsilan.

În cadrul unui exemplu de realizare, grupările hidrolizabile cuprind sau sunt grupări alcoxi, de exemplu grupări etoxi și/sau grupări metoxi și/sau grupări propoxi și/sau grupări butoxi, de exemplu grupări etoxi, și/sau respectivul cel puțin un silanol care conține grupări hidrolizabile cuprinde sau este cel puțin un silanol care conține grupări alcoxi, de exemplu grupări etoxi și/sau grupări metoxi și/sau grupări propoxi și/sau grupări butoxi, de exemplu grupări etoxi, și/sau respectivul cel puțin un silan având trei grupări hidrolizabile cuprinde sau este cel puțin unul trialcxisilan, de exemplu trietoxisilan și/sau trimetoxisilan și/sau tripropoxisilan și/sau tributoxisilan, de exemplu cel puțin un trietoxisilan, și/sau este hidrolizat și condensat în parte sau parțial în cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric, care conține grupări alcoxi, de exemplu grupări etoxi și/sau grupări metoxi și/sau grupări propoxi și/sau grupări butoxi, de exemplu grupări etoxi, cu o cantitate de apă substoichiometrică, de exemplu semistoichiometrică sau mai mică decât semistoichiometrică, în special mai mică decât semistoichiometrică, de exemplu până la pe sfert stoichiometrică, raportat la cantitatea grupărilor alcoxi, de exemplu a grupărilor etoxi și/sau a grupărilor metoxi și/sau a grupărilor propoxi și/sau a grupărilor butoxi, de exemplu a grupărilor etoxi din respectivul cel puțin un trialcxisilan, de exemplu trietoxisilan și/sau trimetoxisilan și/sau tripropoxisilan și/sau tributoxisilan, de exemplu trietoxisilan.

Într-o altă variantă de realizare, subprodusele formate în timpul condensării, în special după ce a trecut perioada de timp specificată, în special alcoolul și/sau halogenura de hidrogen, de exemplu etanolul, sunt îndepărtate, de exemplu printr-un flux de gaz și/sau prin evaporare și/sau sub vid. Astfel, în mod avantajos, se poate obține un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile, care poate cel puțin

să nu mai conțină cantități semnificative de subproduse formate în timpul condensării, cum ar fi alcoolul și/sau halogenura de hidrogen, de exemplu etanolul, și poate fi, de exemplu, anhidru și lipsit de alcool, de exemplu lipsit de etanol și/sau lipsit de halogenură de hidrogen.

Respectivul cel puțin un silanol care conține grupări hidrolizabile și/sau respectivul cel puțin un silan având trei grupări hidrolizabile și/sau respectivul cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile poate să aibă, de exemplu, și un reziduu organic, în special pe atom de siliciu, sau să fie pur și simplu substituit cu un reziduu organic. Reziduul organic poate avea, de exemplu, o lungime a lanțului de ≥ 1 atom sau ≥ 2 atomi sau ≥ 3 atomi sau ≥ 4 sau ≥ 5 sau ≥ 6 atomi sau ≥ 7 atomi. De exemplu, reziduul organic poate cuprinde sau poate fi o grupare alchil, de exemplu o grupare metil, etil sau propil, și/sau o grupare aril, de exemplu o grupare fenil, și/sau un lanț alchilenic, de exemplu un lanț metilenic, etilenic sau propilenic, și/sau o grupare arilenă, de exemplu o grupare fenilen, și/sau cel puțin o grupare funcțională, de exemplu o grupare epoxi și/sau o grupare amino și/sau o grupare mercapto și/sau o grupare vinil.

Într-o variantă de realizare specială, reziduul organic este o grupare alchil, de exemplu o grupare metil, etil sau propil, în special o grupare metil, și/sau respectivul cel puțin un silanol care conține grupări hidrolizabile cuprinde sau este cel puțin un alchil-silanol care conține grupări hidrolizabile, de exemplu cel puțin un metil-, etil- și/sau propil-silanol, în special cel puțin un metil-silanol și/sau respectivul cel puțin un silan având trei grupări hidrolizabile cuprinde sau este cel puțin un alchil-silan, de exemplu un metil-, etil- și/sau propil-silan, în special cel puțin un metil-silan, având trei grupări hidrolizabile și/sau respectivul cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile cuprinde sau este cel puțin un precursor de alchil-silanol care conține grupări hidrolizabile, de exemplu precursor de metil-, etil- și/sau propil-silanol, în special precursor de metil-silanol. De exemplu, respectivul cel puțin un silanol care conține grupări hidrolizabile poate cuprinde sau poate fi cel puțin un alchil-alcoxisilanol, de exemplu cel puțin un metil-, etil- și/sau propil-alcoxisilanol, de exemplu cel puțin un metil-alcoxisilanol, în special cel puțin un alchil-etoxisilanol, de exemplu, cel puțin un metil-, etil- și/sau propil-etoxisilanol, de exemplu, cel puțin un metil-etoxisilanol, și/sau respectivul cel puțin un silan având trei grupări hidrolizabile poate cuprinde sau poate fi cel puțin un alchil-trialcoxisilan, de exemplu, cel puțin un metil-, etil- și/sau propil-trialcoxisilan, de exemplu, cel puțin un metil-trialcoxisilan, în special cel puțin un alchil-trietoxisilan, de exemplu, cel puțin un metil-, etil- și/sau propil-trietoxisilan, de exemplu cel puțin un metil-trietoxisilan, și/sau respectivul cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile poate cuprinde sau poate fi cel puțin un precursor de alchil-silanol care conține grupări alcoxi, de exemplu grupări etoxi, de exemplu un precursor de metil-, etil- și/sau propil-silanol, de exemplu

precursor de metil-silanoli. Alchil-silanii și -silanolii, cum ar fi metil-, etil- sau propil-silanii și -silanolii, pot fi relativ ușor de obținut și/sau rentabili. În plus, compozițiile compozite care cuprind alchil-silanoli, de exemplu metil-, etil- sau propil-silanoli, în special metil-silanoli, pot fi utilizate în mod avantajos pentru a forma compozite care au proprietăți hidrofobe și o absorbție scăzută de apă asociată, care rezistă la temperaturi de până la 300 °C și au o rezistență de aderență pe cupru de aproximativ 8 MPa și/sau care au în special, de asemenea, o conductivitate termică de aproximativ și peste 5 W/(m·K), un coeficient de dilatare termică de 6 - 10 ppm/K, o rezistență foarte bună de izolare, în special la umiditate, și/sau care nu pot prezenta migrarea ionilor de argint între conductoarele de argint. Materialele de umplutură albe pot fi utilizate în mod avantajos pentru a forma compozite albe, de exemplu, albe ca zăpada, care pot rămâne stabile din punct de vedere al culorii chiar și în condiții de solicitare termică la temperaturi de până la 300 °C.

În hidroliza, în special prima hidroliză, și condensarea combinate, se poate utiliza apă, de exemplu, într-o cantitate care se află într-un raport $< 1,50$ la cantitatea respectivului cel puțin un silan având trei grupări hidrolizabile, în special într-un raport într-un interval de la $> 0,00$ până la $< 1,50$, de exemplu într-un interval de la $\geq 0,80$ până la $< 1,50$, de exemplu într-un interval de la $\geq 0,80$ sau $\geq 0,87$, în special $\geq 0,90$, până la $< 1,50$, în special $\leq 1,45$, de exemplu $\leq 1,42$ sau $\leq 1,40$ sau $\leq 1,35$.

După cum s-a explicat deja, acest interval poate fi împărțit în două subintervale, și anume un subinterval cu $x \leq 1,10$ și un subinterval cu $x > 1,10$, de exemplu pentru a se concentra fie pe un optim în ceea ce privește fluiditatea ($x \leq 1,10$), fie pe un optim în ceea ce privește contracția redusă la întărire și/sau uscarea și/sau întărirea accelerată și/sau potențialul redus de coroziune ($x > 1,10$).

Într-o variantă de realizare specială ($x \leq 1,10$), în hidroliza, în special prima hidroliză, și condensarea combinate apa este utilizată într-o cantitate care se află într-un raport cu cantitatea respectivului cel puțin un silan având trei grupări hidrolizabile cuprinsă într-un interval de la $\geq 0,80$ până la $\leq 1,10$, de exemplu într-un interval de la $\geq 0,87$ până la $\leq 1,10$, de exemplu într-un interval de la $\geq 0,90$ până la $\leq 1,10$.

Într-o altă variantă de realizare specială ($x > 1,10$), în hidroliza, în special prima hidroliză, și condensarea combinate apa este utilizată într-o cantitate care se află într-un raport cu cantitatea respectivului cel puțin un silan având trei grupări hidrolizabile cuprinsă într-un interval de la $> 1,10$ până la $< 1,50$, de exemplu într-un interval de la $\geq 1,12$, de exemplu $\geq 1,13$ sau $\geq 1,14$, de exemplu $\geq 1,15$, până la $< 1,50$, în special $\leq 1,45$, de exemplu $\leq 1,42$ sau $\leq 1,40$ sau $\leq 1,35$. De exemplu, în hidroliză, în special în prima hidroliză, apa poate fi utilizată într-o cantitate care se află într-un raport cu cantitatea respectivului cel puțin un silan având trei grupări hidrolizabile cuprinsă într-un

interval de la $\geq 1,12$, de exemplu $\geq 1,13$ sau $\geq 1,14$, de exemplu $\geq 1,15$, până la $\leq 1,45$, de exemplu $\leq 1,40$ sau $\leq 1,35$.

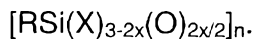
În mod avantajos, prin acest procedeu de producere se poate produce un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile și/sau o compoziție de precursor de silanol care cuprinde cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile.

În ceea ce privește alte caracteristici tehnice și avantaje ale procedurii de producere conform invenției pentru producerea unui precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile, se face trimitere în mod explicit la explicațiile în legătură cu compoziția compozită conform invenției și cu celelalte obiecte conform invenției, precum și la exemplele de realizare.

Alte obiecte ale invenției sunt, astfel, un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile și/sau o compoziție de precursor de silanol care cuprinde cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile.

Precursorul de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile și/sau compoziția de precursor de silanol care cuprinde cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile pot fi concepute sau utilizate, de exemplu, pentru o compoziție compozită conform invenției și/sau pentru producerea conform invenției a unui silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, de exemplu prepolimer de polisilsesquioxan, și/sau pentru formarea unui silsesquioxan, în special a unui polisilsesquioxan, și/sau pot fi produse printr-un procedeu de producere conform invenției pentru producerea unui precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile.

Într-un exemplu de realizare, precursorul de silanol oligomeric și/sau polimeric conținând grupări hidrolizabile, raportat la suma tuturor atomilor de siliciu, se poate baza în special în medie pe formula chimică:



În special, n poate reprezenta numărul de unități repetitive. În special, n poate fi ≥ 2 , de exemplu $n \geq 3$ sau 4 sau 5, de exemplu $n \geq 10$, opțional $n > 100$.

De exemplu, R poate reprezenta un reziduu organic, de exemplu, cu o lungime a lanțului de ≥ 1 atom sau ≥ 2 atomi sau ≥ 3 atomi sau ≥ 4 sau ≥ 5 sau ≥ 6 atomi sau ≥ 7 atomi. De exemplu, R poate să cuprindă sau să fie o grupare alchil, de exemplu o grupare metil, etil sau propil, și/sau un lanț alchilenic, de exemplu un lanț metilenic, etilenic sau propilenic, și/sau o grupare aril, de exemplu o grupare fenil, și/sau o grupare arilenă, de exemplu o grupare fenilen, și/sau cel puțin o grupare funcțională, de

exemplu o grupare epoxi și/sau o grupare amino și/sau o grupare mercapto și/sau o grupare vinil.

Într-o variantă de realizare, R reprezintă o grupare alchil. De exemplu, R poate reprezenta o grupare metil, etil sau propil.

Într-o variantă de realizare specială, R reprezintă o grupare metil.

Alchil-silanii, cum ar fi metil-, etil- sau propil-silanii, pot fi relativ ușor de obținut și/sau rentabili. În plus, compozițiile compozite care cuprind alchil-silanoli, de exemplu, metil-, etil- sau propil-silanoli, în special metil-silanoli, pot fi utilizate în mod avantajos pentru a forma compozite care au proprietăți hidrofobe și o absorbție scăzută de apă asociată, care rezistă la temperaturi de până la 300 °C și au o rezistență de aderență pe cupru de aproximativ 8 MPa și/sau care au în special, de asemenea, o conductivitate termică de aproximativ și peste 5 W/(m·K), un coeficient de dilatare termică de 6 - 10 ppm/K, o rezistență foarte bună de izolare, în special la umiditate, și/sau care nu pot prezenta migrarea ionilor de argint între conductoarele de argint. Materialele de umplură albe pot fi utilizate în mod avantajos pentru a forma compozite albe, de exemplu, albe ca zăpada, care pot rămâne stabile din punct de vedere al culorii chiar și în condiții de sollicitare termică la temperaturi de până la 300 °C.

În special, X poate reprezenta o grupare hidrolizabilă, de exemplu o grupare alcoxi (OR') și/sau un atom de halogen, de exemplu un atom de clor (Cl).

Într-o altă variantă de realizare, X reprezintă o grupare alcoxi (OR'). De exemplu, X poate reprezenta o grupare etoxi sau o grupare metoxi sau o grupare propoxi sau o grupare butoxi. În timpul hidrolizei alcoxi-silanilor și/sau a alcoxi-silanolului se poate forma în mod avantajos cel puțin un alcool, ceea ce poate avea un efect avantajos asupra controlului procesului și/sau manipulării.

Într-o variantă de realizare specială, X reprezintă o grupare etoxi. În timpul hidrolizei alcoxi-silanilor și/sau a alcoxi-silanolului se poate forma în mod avantajos etanol, ceea ce poate avea un efect deosebit de avantajos asupra controlului procesului și/sau manipulării.

În acest caz, x poate fi în special $0 < x < 1,50$. În acest fel, se poate obține în mod avantajos o contracție redusă la întărire și/sau o uscare și/sau o întărire accelerată și/sau un potențial de coroziune redus, precum și o fluiditate adecvată.

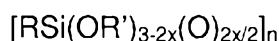
Într-o altă variantă de realizare, $0,80 \leq x < 1,50$. De exemplu, $0,80 \leq$ sau $0,87 \leq$, în special $0,90 \leq x < 1,50$, în special $\leq 1,45$, de exemplu $\leq 1,42$ sau $\leq 1,40$ sau $\leq 1,35$. De exemplu, $0,90 \leq x \leq 1,45$, de exemplu $\leq 1,42$ sau $\leq 1,40$ sau $\leq 1,35$.

Într-o variantă de realizare specială, $0,80 \leq x \leq 1,10$, de exemplu $0,87 \leq x \leq 1,10$, în special $0,90 \leq x \leq 1,10$. În acest fel, se poate optimiza în mod avantajos fluiditatea și, în

același timp, se poate obține o contracție redusă la întărire și/sau o uscare și/sau întărire accelerată și/sau un potențial de coroziune redus.

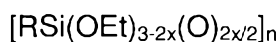
Într-o altă variantă de realizare specială, $1,10 < x < 1,50$, de exemplu $1,12 \leq$, de exemplu $1,13 \leq$ sau $1,14 \leq$, de exemplu $1,15 \leq x < 1,50$, în special $\leq 1,45$, de exemplu $\leq 1,42$ sau $\leq 1,40$ sau $\leq 1,35$, de exemplu $1,15 \leq x < 1,50$, în special $\leq 1,45$, de exemplu $\leq 1,42$ sau $\leq 1,40$ sau $\leq 1,35$. În acest fel, se poate obține în mod avantajos o reducere și mai mare a contracției la întărire și/sau o accelerare și mai mare a uscării și/sau a întăririi și/sau o reducere și mai mare a potențialului de coroziune.

Într-o variantă de realizare specială a acestui exemplu de realizare, precursorul de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile, raportat la suma tuturor atomilor de siliciu, se bazează în medie pe următoarea formulă chimică generală:



R' poate reprezenta, de exemplu, o grupare alchil, de exemplu o grupare metil sau o grupare etil sau o grupare propil sau o grupare butil, în special o grupare etil.

Într-o variantă de realizare chiar mai specială a acestui exemplu de realizare, precursorul de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile, raportat la suma tuturor atomilor de siliciu, se bazează în medie pe următoarea formulă chimică generală:



În ceea ce privește alte caracteristici tehnice și avantaje ale precursorului de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile și/sau ale compoziției de precursor de silanol conform invenției, se face trimitere în mod explicit la explicațiile în legătură cu compoziția compozită conform invenției și la celelalte obiecte conform invenției, precum și la exemplele de realizare.

Un alt obiect al invenției este un procedeu de producere pentru producerea unui silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau a unui prepolimer de silsesquioxan, de exemplu prepolimer de polisilsesquioxan, în care cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile, care este produs printr-un procedeu de producere conform invenției pentru producerea unui precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile, și/sau cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile conform invenției este hidrolizat în cadrul unei hidrolize, în special al unei a doua hidrolize, de exemplu parțial sau complet în (respectivul) cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, de exemplu prepolimer de polisilsesquioxan, cu o cantitate de apă stoichiometrică sau substoichiometrică, de exemplu până la

semistoichiometrică, raportat la cantitatea grupărilor hidrolizabile ale respectivului cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grăuri hidrolizabile.

În acest mod, se poate obține în mod avantajos un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, de exemplu prepolimer de polisilsesquioxan, în special anhidru, de exemplu hidrolizat în parte sau parțial. În acest fel, conținutul de apă al compoziției compozite poate fi în mod avantajos redus la minimum și/sau, în special, cantitatea de apă care se separă în timpul întăririi compoziției compozite poate fi, de asemenea, redusă, ceea ce, la rândul său, minimizează în mod avantajos contracția compozitului în timpul întăririi și/sau accelerează uscarea și/sau întărirea și/sau previne coroziunea.

Procedeul de producere pentru producerea unui silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan poate fi utilizat în special pentru producerea unui silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, de exemplu prepolimer de polisilsesquioxan, conform invenției și/sau pentru producerea unui silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, de exemplu prepolimer de polisilsesquioxan, în special pentru o compoziție compozită conform invenției, și/sau pentru formarea unui silsesquioxan, în special a unui polisilsesquioxan.

Într-un exemplu de realizare, hidroliza, în special a doua hidroliză, se efectuează la o temperatură de ≥ 60 °C, de exemplu de ≥ 70 °C, în special la o temperatură cuprinsă într-un interval de la ≥ 60 °C, de exemplu ≥ 70 °C, în special până la ≤ 100 °C. Reactanții pot fi amestecați la o astfel de temperatură. O temperatură de ≥ 60 °C, de exemplu de ≥ 70 °C, poate accelera în mod avantajos reacția de hidroliză. Prin limitarea temperaturii la mai puțin de 100 °C, se pot evita în mod avantajos reacțiile de condensare premature.

Într-un exemplu de realizare, hidroliza, în special cea de a doua hidroliză, se efectuează într-un sistem închis sau, opțional, într-un sistem închis cu o ieșire de suprapresiune. În măsura în care temperatura selectată este mai mare decât punctul de fierbere al unui alcool care se formează, sistemul poate fi conceput, opțional, ca un sistem închis, rezistent la presiune și/sau ca o autoclavă. După finalizarea hidrolizei, în special a celei de a doua hidrolize, și, de exemplu, înainte de începerea unei condensări, în special a celei de a doua condensări, explicată ulterior, de exemplu ca parte a unei întăriri a compoziției compozite, este preferabil să nu se mai adauge apă.

Hidroliza, în special cea de a doua hidroliză, poate avea loc pentru o perioadă de timp specifică. Această perioadă de timp specifică poate depinde în special de temperatura selectată. De exemplu, această perioadă de timp specifică poate fi cuprinsă între 10 și 30 de ore. La o temperatură de 70 °C, hidroliza, în special cea de a doua hidroliză, poate fi efectuată, de exemplu, timp de cel puțin 10 ore, de exemplu până la 30 de ore,

de exemplu timp de aproximativ 24 de ore. La temperaturi mai ridicate, perioada de timp specifică poate fi scurtată, dacă este necesar, în funcție de temperatura aplicată.

Hidroliza, în special cea de a doua hidroliză, poate fi efectuată în special numai în prezența respectivului cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile și a apei. Astfel, aceasta se poate realiza în mod avantajos fără adăugarea unui catalizator sau fără catalizator și/sau fără adăugarea unui solvent organic (suplimentar) și/sau fără adăugarea de baze/soluții alcaline și/sau fără adăugarea de alte substanțe.

Grupările hidrolizabile pot cuprinde sau pot fi, de exemplu, grupări alcoxi și/sau atomi de halogen, de exemplu, atomi de clor. În acest caz, respectivul cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile poate cuprinde sau poate fi cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări alcoxi și/sau atomi de halogen, de exemplu atomi de clor, și/sau poate fi hidrolizat cu o cantitate de apă stoichiometrică sau substoichiometrică, de exemplu până la semistoichiometrică, raportat la cantitatea grupărilor alcoxi și/sau a atomilor de halogen, de exemplu a atomilor de clor, ale respectivului cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări alcoxi și/sau atomi de halogen, de exemplu atomi de clor.

Într-un exemplu de realizare, grupările hidrolizabile cuprind sau sunt grupări alcoxi, de exemplu grupări etoxi și/sau grupări metoxi și/sau grupări propoxi și/sau grupări butoxi, în special grupări etoxi, și/sau respectivul cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile cuprinde sau este cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări alcoxi, de exemplu grupări etoxi și/sau grupări metoxi și/sau grupări propoxi și/sau grupări butoxi, în special grupări etoxi și/sau este hidrolizat cu o cantitate de apă stoichiometrică sau substoichiometrică, de exemplu până la semistoichiometrică, raportat la cantitatea grupărilor alcoxi, de exemplu a grupărilor etoxi și/sau a grupărilor metoxi și/sau a grupărilor propoxi și/sau a grupărilor butoxi, în special a grupărilor etoxi, ale respectivului cel puțin un precursor de silanol care conține grupări alcoxi, de exemplu grupări etoxi și/sau grupări metoxi și/sau grupări propoxi și/sau grupări butoxi, în special grupări etoxi,. Acest lucru s-a dovedit a fi deosebit de avantajos în contextul invenției.

Respectivul cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric având grupări hidrolizabile și/sau respectivul cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, de exemplu prepolimer de polisilsesquioxan, mai poate conține, de exemplu, în special per atom de siliciu, un reziduu organic sau pur și simplu poate fi substituit cu un reziduu organic. Reziduu organic poate avea, de exemplu, o lungime a lanțului de ≥ 1 atom sau ≥ 2 atomi sau ≥ 3 atomi sau ≥ 4 sau ≥ 5 sau ≥ 6 atomi sau ≥ 7 atomi. De exemplu, reziduu organic poate cuprinde sau poate fi o

grupare alchil, de exemplu o grupare metil, etil sau propil, și/sau o grupare aril, de exemplu o grupare fenil și/sau un lanț alchilenic, de exemplu un lanț metilenic, etilenic sau propilenic și/sau o grupare arilenă, de exemplu o grupare fenilen și/sau cel puțin o grupare funcțională, de exemplu o grupare epoxi și/sau o grupare amino și/sau o grupare mercapto și/sau o grupare vinil.

Într-o variantă de realizare specială, reziduul organic este o grupare alchil, de exemplu o grupare metil, etil sau propil, în special o grupare metil, și/sau respectivul cel puțin un precursor de silanol care conține grupări hidrolizabile cuprinde sau este cel puțin un precursor de alchil-silanol care conține grupări hidrolizabile, de exemplu un precursor de metil-, etil- și/sau propil-silanol, în special precursor de metil-silanol, și/sau respectivul cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan cuprinde sau este cel puțin un alchil-silanol oligomeric și/sau polimeric, de exemplu metil-, etil- și/sau propil-silanol, în special metil-silanol și/sau prepolimer de alchil-silsesquioxan, de exemplu prepolimer de alchil-polisilsesquioxan, de exemplu prepolimer de metil-, etil- și/sau propil-silsesquioxan, de exemplu prepolimer de metil-, etil- și/sau propil-polisilsesquioxan, în special prepolimer de metil-silsesquioxan, de exemplu prepolimer de metil-polisilsesquioxan. Alchil-silanii și -silanolii, cum ar fi metil-, etil- sau propil-silanii și -silanolii, pot fi obținuți relativ ușor și rentabil. Din compoziții compozite cuprinzând precursori de alchil-silanol, cum ar fi precursori de metil-, etil- sau propil-silanol, în special precursori de metil-silanol, pot fi formate în mod avantajos compozite care au proprietăți hidrofobe și o absorbție scăzută de apă asociată, care rezistă la temperaturi de până la 300 °C și care au o rezistență de aderență la cupru de aproximativ 8 MPa și/sau în special o conductivitate termică de aproximativ și peste 5 W/(m·K), un coeficient de dilatare termică de 6 - 10 ppm/K, o foarte bună rezistență de izolare, în special în condiții de umiditate, și/sau care nu pot prezenta migrarea ionilor de argint între conductoarele de argint. Materialele de umplutură albe pot fi utilizate în mod avantajos pentru a forma compozite albe, de exemplu albe ca zăpada, care pot rămâne stabile din punct de vedere al culorii chiar și în condiții de solicitare termică la temperaturi de până la 300 °C.

Acest procedeu de producere poate fi utilizat în mod avantajos pentru a produce un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, de exemplu prepolimer de polisilsesquioxan, și/sau o compoziție de silanol care conține cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, de exemplu, prepolimer de polisilsesquioxan. În cazul grupărilor alcoxi ca grupări hidrolizabile, se poate produce în special o compoziție de silanol oligomerică și/sau polimerică cu un conținut mediu spre scăzut de alcool, care servește în mod avantajos atât pentru a furniza respectivul cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, de exemplu prepolimer de polisilsesquioxan, în compoziția compozită conform invenției și/sau ca adaos la compoziție compozită, precum și ca masă de

turnare pentru aplicarea pe un material, în special metalic și/sau ceramic, și/ sau împreună cu cel puțin un material de umplură, în special ceramic și/sau metalic. De exemplu, compoziția de silanol oligomerică și/sau polimerică ca atare poate fi utilizată ca masă de turnare pentru acoperirea și/sau încapsularea unui material, în special metalic și/sau ceramic, și/sau a cel puțin unui material de umplură, în special ceramic și/sau metalic. De exemplu, o astfel de compoziție de silanol, care conține cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau un prepolimer de silsesquioxan, de exemplu prepolimer de polisilsesquioxan, poate cuprinde, raportat la greutatea totală a compoziției de silanol,

de la $\geq 50\%$ în greutate până la $\leq 95\%$ în greutate, în special de la $\geq 60\%$ în greutate până la $\leq 95\%$ în greutate, din cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, de exemplu prepolimer de polisilsesquioxan, și

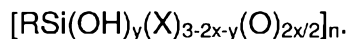
de la $\geq 5\%$ în greutate până la $\leq 50\%$ în greutate, în special de la $\geq 5\%$ în greutate până la $\leq 40\%$ în greutate, din cel puțin un alcool, de exemplu, în special în total, de metanol și/sau etanol și/sau propanol, de exemplu izo-propanol și/sau n-propanol și/sau butanol, de exemplu terț-butanol, sec-butanol și/sau izo-butanol și/sau n-butanol, în special etanol.

În ceea ce privește alte caracteristici tehnice și avantaje ale procedurii de producere conform invenției pentru producerea unui silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, de exemplu prepolimer de polisilsesquioxan, se face referire în mod explicit la explicațiile în legătură cu compoziția compozită conform invenției și la celelalte obiecte conform invenției precum și la exemplele de realizare.

Un alt obiect al invenției este un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, de exemplu prepolimer de polisilsesquioxan, și/sau o compoziție de silanol care conține cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, de exemplu prepolimer de polisilsesquioxan.

Silanolul oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimerul de silsesquioxan, de exemplu prepolimerul de polisilsesquioxan, și/sau compoziția de silanol care conține cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, de exemplu prepolimer de polisilsesquioxan, pot fi concepute sau utilizate, de exemplu, pentru o compoziție compozită conform invenției și/sau pentru formarea unui silsesquioxan, în special a unui polisilsesquioxan și/sau pot fi produse printr-un procedeu de producere conform invenției pentru producerea unui silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, de exemplu prepolimer de polisilsesquioxan.

Într-un exemplu de realizare, silanolul și/sau prepolimerul de silsesquioxan oligomeric și/sau polimeric, raportat la suma tuturor atomilor de siliciu, se bazează în medie în special pe formula chimică:



n poate reprezenta în special numărul de unități repetitive. În special, $n \geq 2$, de exemplu $n \geq 3$ sau 4 sau 5, de exemplu $n \geq 10$, opțional $n > 100$.

R poate reprezenta, de exemplu, un reziduu organic, de exemplu cu o lungime a lanțului de ≥ 1 atom sau ≥ 2 atomi sau ≥ 3 atomi sau ≥ 4 sau ≥ 5 sau ≥ 6 atomi sau ≥ 7 atomi. De exemplu, R poate cuprinde sau poate fi o grupare alchil, de exemplu o grupare metil, etil sau propil, și/sau un lanț alchilenic, de exemplu un lanț metilenic, etilenic sau propilenic și/sau o grupare aril, de exemplu o grupare fenil, și/sau o grupare arilenă, de exemplu o grupare fenilen, și/sau cel puțin o grupare funcțională, de exemplu o grupare epoxi și/sau o grupare amino și/sau o grupare mercapto și/sau o grupare vinil.

Într-o variantă de realizare, R reprezintă o grupare alchil. De exemplu, R poate reprezenta o grupare metil, etil sau propil.

Într-o variantă de realizare specială, R reprezintă o grupare metil.

Alchil-silanii, cum ar fi metil-, etil- sau propil-silanii, pot fi relativ ușor de obținut și/sau rentabili. În plus, compozițiile compozite care cuprind alchil-silanoli, de exemplu, metil-, etil- sau propil-silanoli, în special metil-silanoli, pot fi utilizate în mod avantajos pentru a forma compozite care au proprietăți hidrofobe și o absorbție scăzută de apă asociată, care rezistă la temperaturi de până la 300 °C și au o rezistență de aderență pe cupru de aproximativ 8 MPa și/sau care au în special, de asemenea, o conductivitate termică de aproximativ și peste 5 W/(m·K), un coeficient de dilatare termică de 6 - 10 ppm/K, o rezistență foarte bună de izolare, în special la umiditate, și/sau care nu pot prezenta migrarea ionilor de argint între conductoarele de argint. Materialele de umplură albe pot fi utilizate în mod avantajos pentru a forma compozite albe, de exemplu, albe ca zăpada, care pot rămâne stabile din punct de vedere al culorii chiar și în condiții de solicitare termică la temperaturi de până la 300 °C.

X poate reprezenta în special o grupare hidrolizabilă, de exemplu o grupare alcoxi (OR') și/sau un atom de halogen, de exemplu un atom de clor (Cl).

Într-o altă variantă de realizare, X reprezintă o grupare alcoxi (OR'). De exemplu, X poate reprezenta o grupare etoxi sau o grupare metoxi sau o grupare propoxi sau o grupare butoxi. În timpul hidrolizei alcoxi-silanilor și/sau a alcoxi-silanolului, se poate forma în mod avantajos cel puțin un alcool, care poate avea un efect avantajos asupra controlului procesului și/sau manipulării.

Într-o variantă de realizare specială, X reprezintă o grupare etoxi. În timpul hidrolizei alcoxi-silanilor și/sau a alcoxi-silanolului, se poate forma în mod avantajos etanol, ceea

ce poate avea un efect deosebit de avantajos asupra controlului procesului și/sau manipulării.

În acest caz, x poate fi în special $0 < x < 1,50$. În acest fel, pot fi obținute în mod avantajos o contracție redusă la întărire și/sau o uscare și/sau o întărire accelerată și/sau un potențial de coroziune redus, precum și o fluiditate adecvată.

Într-o altă variantă de realizare, $0,80 \leq x < 1,50$. De exemplu, $0,80 \leq$ sau $0,87 \leq$, în special $0,90 \leq x < 1,50$, în special $\leq 1,45$, de exemplu $\leq 1,42$ sau $\leq 1,40$ sau $\leq 1,35$. De exemplu, $0,90 \leq x \leq 1,45$, de exemplu $\leq 1,42$ sau $\leq 1,40$ sau $\leq 1,35$.

Într-o variantă de realizare specială, $0,80 \leq x \leq 1,10$, de exemplu $0,87 \leq x \leq 1,10$, în special $0,90 \leq x \leq 1,10$. În acest fel, fluiditatea poate fi optimizată în mod avantajos și în același timp se pot obține o contracție redusă la întărire și/sau o uscare și/sau întărire accelerată și/sau un potențial de coroziune redus.

Într-o altă variantă de realizare specială, $1,10 < x < 1,50$, de exemplu $1,12 \leq$, de exemplu $1,13 \leq$ sau $1,14 \leq$, de exemplu $1,15 \leq x < 1,50$, în special $\leq 1,45$, de exemplu $\leq 1,42$ sau $\leq 1,40$ sau $\leq 1,35$, de exemplu $1,15 \leq x < 1,50$, în special $\leq 1,45$, de exemplu $\leq 1,42$ sau $\leq 1,40$ sau $\leq 1,35$. În acest fel, se poate obține o contracție la întărire chiar mai redusă și/sau o uscare și/sau întărire chiar mai accelerată și/sau un potențial de coroziune chiar mai redus.

y poate fi în special $\leq 3-2x$, adică stoichiometric sau substoichiometric față de grupările hidrolizabile. De exemplu, $(3-2x)/2 \leq y \leq 3-2x$, adică mai mare decât sau egal cu semistoichiometric până la stoichiometric față de grupările hidrolizabile.

Într-o altă variantă de realizare a acestui exemplu de realizare, silanolul oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimerul de silsesquioxan, raportat la suma tuturor atomilor de siliciu, se bazează în medie pe formula chimică:

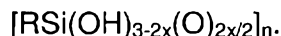


R' poate reprezenta, de exemplu, o grupare alchil, de exemplu o grupare metil sau o grupare etil sau o grupare propil sau o grupare butil, în special o grupare etil.

În cadrul unei variante de realizare speciale a acestui exemplu de realizare, silanolul oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimerul de silsesquioxan, raportat la suma tuturor atomilor de siliciu, se bazează în medie pe formula chimică:

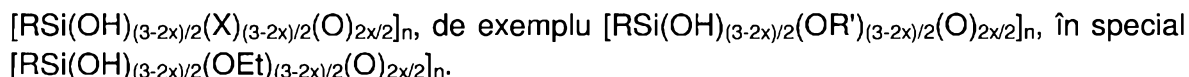


În cadrul unei alte variante de realizare speciale a acestui exemplu de realizare, în special pe baza $y = 3-2x$, silanolul oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimerul de silsesquioxan, raportat la suma tuturor atomilor de siliciu, se bazează în medie pe formula chimică:



Acest lucru s-a dovedit a fi deosebit de avantajos.

În cadrul unei alte variante de realizare speciale a acestui exemplu de realizare, în special pe baza $y = (3-2x)/2$, silanolul oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimerul de silsesquioxan, raportat la suma tuturor atomilor de siliciu, se bazează în medie pe formula chimică:



În ceea ce privește alte caracteristici tehnice și avantaje ale silanolului oligomeric și/sau polimeric și/sau ale prepolimerului de silsesquioxan, de exemplu ale prepolimerului de polisilsesquioxan, conform invenției și/sau ale compoziției de silanol conform invenției, care conține cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, de exemplu prepolimer de polisilsesquioxan, se face aici referire explicit la explicațiile în legătură cu compoziția compozită conform invenției și la celelalte obiecte conform invenției precum și la exemplele de realizare.

Un alt obiect al invenției este un procedeu de producere a unei compoziții compozite conform invenției. În procedeu se pot amesteca în special cel puțin un material de umplură și cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, de exemplu prepolimer de polisilsesquioxan, de exemplu cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, prepolimer de polisilsesquioxan, conform invenției sau produs conform invenției și/sau cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile, de exemplu cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric conform invenției sau produs conform invenției, care conține grupări hidrolizabile și/sau cel puțin un silanol conform invenției sau produs conform invenției, care conține grupări hidrolizabile. În acest caz, raportat la cantitatea totală a compoziției compozite care trebuie produsă, se pot utiliza în special

- de la $\geq 10\%$ în greutate până la $\leq 95\%$ în greutate din cel puțin un material de umplură și
- de la $\geq 1\%$ în greutate până la $\leq 20\%$ în greutate din cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, în special prepolimer de polisilsesquioxan și/sau
- de la $\geq 1\%$ în greutate până la $\leq 20\%$ în greutate din cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile și/sau
- de la $\geq 1\%$ în greutate până la $\leq 20\%$ în greutate din cel puțin un silanol care conține grupări hidrolizabile.

În mod avantajos, compoziția compozită astfel produsă poate avea o durabilitate lungă și, de exemplu, poate fi depozitată cel puțin o zi, dacă este necesar chiar și peste o săptămână, până la prelucrare, în special sub rotație (pentru a preveni depunerea particulelor grosiere).

Într-un exemplu de realizare, la amestec se adaugă, de asemenea, cel puțin un solvent organic, de exemplu cel puțin un alcool, de exemplu etanol, și/sau cel puțin un solvent organic nealcool, de exemplu acetat de etil. În acest fel poate fi ajustată în mod avantajos fluiditatea compoziției compozite care trebuie produsă. În particular, respectivul cel puțin un silanol monomeric și/sau oligomeric și/sau polimeric poate fi utilizat sub formă de soluție alcoolică, de exemplu sub forma unei compoziții de silanol conform invenției și/sau produse conform invenției. În acest caz, respectivul cel puțin un material de umplură poate fi adăugat la soluția alcoolică. În acest fel, respectivul cel puțin un silanol și respectivul cel puțin un material de umplură pot fi în mod avantajos omogenizate într-un mod simplu.

Amestecarea poate fi efectuată, de exemplu, prin agitare, de exemplu sub un vid, de exemplu moderat, de exemplu de 80 mbar (absolut). Compoziția compozită poate fi astfel degazată sau deaerată în mod avantajos și, în același timp pot fi îndepărtați cel puțin parțial solvenții, de exemplu respectivul cel puțin un alcool, ceea ce pe de o parte evită golurile din compozitul care urmează să fie format și pe de altă parte permite, de asemenea, o accelerare a uscării după aplicarea compoziției compozite și în special înainte de întărirea compoziției compozite.

De exemplu, raportat la greutatea totală a compoziției compozite, se pot utiliza

- de la $\geq 2\%$ în greutate până la $\leq 20\%$ în greutate, de exemplu de la $\geq 5\%$ în greutate până la $\leq 20\%$ în greutate, de exemplu de la $\geq 5\%$ în greutate până la $\leq 15\%$ în greutate, de exemplu de la $\geq 10\%$ în greutate până la $\leq 15\%$ în greutate, din respectivul cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, în special prepolimer de polisilsesquioxan și/sau
- de la $\geq 2\%$ în greutate până la $\leq 20\%$ în greutate, de exemplu de la $\geq 5\%$ în greutate până la $\leq 20\%$ în greutate, de exemplu de la $\geq 5\%$ în greutate până la $\leq 15\%$ în greutate, de exemplu de la $\geq 10\%$ în greutate până la $\leq 15\%$ în greutate din respectivul cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile și/sau
- de la $\geq 2\%$ în greutate până la $\leq 20\%$ în greutate, de exemplu de la $\geq 5\%$ în greutate până la $\leq 20\%$ în greutate, de exemplu de la $\geq 5\%$ în greutate până la $\leq 15\%$ în greutate, de exemplu de la $\geq 10\%$ în greutate până la $\leq 15\%$ în greutate din respectivul cel puțin un silanol care conține grupări hidrolizabile.

În special, raportat la greutatea totală a compoziției compozite, se pot utiliza de la $\geq 1\%$ în greutate până la $\leq 20\%$ în greutate, de exemplu de la $\geq 2\%$ în greutate până la $\leq 20\%$ în greutate, de exemplu de la $\geq 5\%$ în greutate până la $\leq 20\%$ în greutate, de exemplu de la $\geq 5\%$ în greutate până la $\leq 15\%$ în greutate, de exemplu de la $\geq 10\%$ în greutate până la $\leq 15\%$ în greutate, în total, din respectivul cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, în special prepolimer de polisilsesquioxan, și/sau din respectivul cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile și/sau din respectivul cel puțin un silanol care conține grupări hidrolizabile.

În special, raportat la greutatea totală a compoziției compozite, se pot utiliza de la $\geq 60\%$ în greutate până la $\leq 95\%$ în greutate, de exemplu de la $\geq 61\%$ în greutate sau $\geq 62\%$ în greutate sau $\geq 63\%$ în greutate sau $\geq 64\%$ în greutate sau $\geq 65\%$ în greutate sau $\geq 66\%$ în greutate sau $\geq 67\%$ în greutate sau $\geq 68\%$ în greutate sau $\geq 69\%$ în greutate, de exemplu $\geq 70\%$ în greutate sau $\geq 71\%$ în greutate sau $\geq 72\%$ în greutate sau $\geq 73\%$ în greutate sau $\geq 74\%$ în greutate sau $\geq 75\%$ în greutate sau $\geq 76\%$ în greutate sau $\geq 77\%$ în greutate sau $\geq 78\%$ în greutate sau $\geq 79\%$ în greutate, de exemplu $\geq 80\%$ în greutate sau $\geq 81\%$ în greutate sau $\geq 82\%$ în greutate sau $\geq 83\%$ în greutate sau $\geq 84\%$ în greutate sau $\geq 85\%$ în greutate, opțional $\geq 86\%$ în greutate sau $\geq 87\%$ în greutate, până la $\leq 95\%$ în greutate, de exemplu până la $\leq 94\%$ în greutate sau $\leq 93\%$ în greutate, de exemplu până la $\leq 92\%$ în greutate, opțional până la $\leq 91\%$ în greutate sau $\leq 90\%$ în greutate, din respectivul cel puțin un material de umplutură.

În ceea ce privește alte caracteristici tehnice și avantaje ale procedurii conform invenției pentru producerea unei compoziții compozite conform invenției, se face referire în mod explicit la explicațiile referitoare la compoziția compozită conform invenției și la celelalte obiecte conform invenției, precum și la exemplele de realizare.

Un alt obiect al invenției este un procedeu de formare a unui compozit și/sau a unui silsesquioxan, de exemplu a unui polisilsesquioxan, de exemplu sub formă de încapsulare, de exemplu o încapsulare de volum sau încapsulare volumetrică, și/sau de masă de turnare și/sau de acoperire și/sau de structură solidă în care o compoziție compozită conform invenției și/sau produsă conform invenției și/sau cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, de exemplu prepolimer de polisilsesquioxan, conform invenției și/sau produs conform invenției conform invenției și/sau o compoziție de silanol oligomerică și/sau polimerică conform invenției și/sau produsă conform invenției și/sau cel puțin un precursor de silanol conținând grupări hidrolizabile conform invenției și/sau produs conform invenției și/sau o compoziție de precursor de silanol conform invenției și/sau produsă conform invenției și/sau cel puțin un silanol conținând grupări hidrolizabile conform invenției și/sau produs conform invenției și/sau o compoziție de silanol conform invenției și/sau produsă

conform invenției se întărește la o temperatură $\geq 100^{\circ}\text{C}$, în special $\geq 110^{\circ}\text{C}$, de exemplu $\geq 120^{\circ}\text{C}$, de exemplu de $\geq 130^{\circ}\text{C}$, de exemplu până la $\leq 250^{\circ}\text{C}$, în special până la $\leq 220^{\circ}\text{C}$, de exemplu până la $\leq 200^{\circ}\text{C}$, de exemplu până la $\leq 180^{\circ}\text{C}$, de exemplu până la $\leq 170^{\circ}\text{C}$, de exemplu la o temperatură cuprinsă într-un interval de la $\geq 100^{\circ}\text{C}$ până la $\leq 220^{\circ}\text{C}$, de exemplu de la $\geq 110^{\circ}\text{C}$ până la $\leq 200^{\circ}\text{C}$, de exemplu de la $\geq 120^{\circ}\text{C}$ până la $\leq 180^{\circ}\text{C}$, de exemplu de la $\geq 130^{\circ}\text{C}$ până la $\leq 170^{\circ}\text{C}$, de exemplu de aproximativ 150°C .

Întărirea poate avea loc în special pentru o perioadă de timp specifică, de exemplu de cel puțin o jumătate de oră, de exemplu până la șaisprezece ore, în special până la zece ore, de exemplu pentru o perioadă de timp specifică cuprinsă într-un interval de la 0,5 până la 16 ore, în special până la 10 ore, de exemplu timp de aproximativ cinci ore.

În timpul întăririi, în special se poate forma cel puțin un silsesquioxan, de exemplu polisilsesquioxan. De exemplu, în timpul întăririi se poate forma cel puțin un alchil-silsesquioxan, de exemplu polialchil-silsesquioxan, în special metil-silsesquioxan, de exemplu polimetil-silsesquioxan.

În special, compoziția compozită conform invenției și/sau produsă conform invenției și/sau respectivul cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, de exemplu prepolimer de polisilsesquioxan, conform invenției și/sau produs conform invenției și/sau compoziția de silanol oligomerică și/sau polimerică conform invenției și/sau produsă conform invenției și/sau respectivul cel puțin un precursor de silanol conținând grupări hidrolizabile conform invenției și/sau produs conform invenției și/sau compoziția de precursor de silanol conform invenției și/sau produsă conform invenției și/sau respectivul cel puțin un silanol conținând grupări hidrolizabile conform invenției și/sau produs conform invenției și/sau compoziția de silanol conform invenției și/sau produsă conform invenției sunt turnate mai întâi sau înainte de întărire. În mod avantajos, astfel de mase pot fi proiectate să fie atât de fluide încât să poată fi distribuite și între structuri mici, de exemplu structuri electronice, sub influența gravitației și a deplasării aerului. Aceasta înseamnă că turnarea poate fi efectuată numai opțional sub vid. Cu toate acestea, turnarea poate fi efectuată în mod avantajos în special fără vid. Turnarea se poate efectua, de exemplu, folosind un dozator.

În principiu, procedeul poate fi utilizat în mod avantajos și pentru turnarea formelor libere, în special fără un substrat. În particular, totuși, se poate turna pe un substrat, de exemplu ceramic și/sau metalic. Substratul poate să cuprindă sau să fie, de exemplu, cel puțin o componentă electronică și/sau electrică și/sau cel puțin un ansamblu electronic și/sau electric, de exemplu cel puțin un cip, de exemplu cel puțin un cip de siliciu și/sau carbură de siliciu și/sau nitrură de galiu, în special cel puțin un modul electronic, cum ar fi un modul-cadru, și/sau cel puțin o placă de circuite, de exemplu o

placă de circuite ceramică, de exemplu pe bază de oxid de aluminiu și/sau cu cel puțin un strat de aluminiu și/sau de cupru, de exemplu DBC (engleză: Direct Bonded Copper), AMB (engleză: Active Metal Brazed), LTCC (engleză: Low Temperature Cofired Ceramic), etc. și/sau o placă de circuite metalică, de exemplu o placă de circuite imprimate și/sau cel puțin un fir, de exemplu cel puțin un fir de legătură și/sau cel puțin o bobină cu sârmă înfășurată și/sau cel puțin un metal de lipit, de exemplu un metal de lipit cu staniu. La turnare, structurile pot fi în special încapsulate și/sau înglobate. În mod avantajos, se poate realiza, de asemenea, o încapsulare de volum și/sau o înglobare voluminoasă.

Înainte de întărire, în special după turnare și înainte de întărire poate fi efectuată în special, o etapă de uscare. Solvenții, cum ar fi alcoolii, de exemplu etanolul, și/sau apa pot fi înlăturați în acest fel în mod avantajos. Uscarea poate fi efectuată, de exemplu, chiar la temperatura camerei, de exemplu la 24 °C, dar în special la o temperatură ridicată, de exemplu la aproximativ 50 °C, și/sau folosind o rampă de temperatură, de exemplu într-un interval de temperatură de la temperatura camerei și peste, de exemplu până la ≤ 100 °C. Uscarea poate fi efectuată în special pe o perioadă de timp specifică, de exemplu de cel puțin o jumătate de oră, de exemplu de până la șase ore, în special timp de aproximativ patru ore. Uscarea poate fi urmată de întărire la o temperatură cuprinsă între > 100 °C și < 250 °C.

În ceea ce privește alte caracteristici tehnice și avantaje ale procedurii conform invenției pentru formarea unui compozit și/sau a unui silsesquioxan, de exemplu a unui polisilsesquioxan, se face trimitere în mod explicit la explicațiile în legătură cu compoziția compozită conform invenției și cu celelalte obiecte conform invenției, precum și la exemplele de realizare.

Un alt obiect al invenției este un compozit, de exemplu un compozit pentru componente electronice și/sau electrice, în special un compozit pentru componente electronice de putere, de exemplu o încapsulare compozită pentru componente electronice și/sau electrice, în special o încapsulare compozită pentru componente electronice de putere, și/sau un silsesquioxan, de exemplu polisilsesquioxan, de exemplu, polialchil-silsesquioxan, în special metil-silsesquioxan, de exemplu, polimetil-silsesquioxan, de exemplu, sub forma unei mase de încapsulare și/sau a unei mase de turnare și/sau a unei mase de înglobare și/sau a unei acoperiri și/sau a unei structuri solide, care este produs(ă) printr-un procedeu conform invenției.

În ceea ce privește alte caracteristici tehnice și avantaje ale compozitului și/sau silsesquioxanului, de exemplu ale polisilsesquioxanului, conform invenției se face trimitere în mod explicit la explicațiile în legătură cu compoziția compozită conform invenției și cu celelalte obiecte conform invenției, precum și la exemplele de realizare.

Invenția se mai referă la utilizarea unei compoziții compozite conform invenției și/sau produse conform invenției și/sau a unui silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, de exemplu prepolimer de polisilsesquioxan, conform invenției și/sau produs conform invenției și/sau a unei compoziții de silanol oligomeric și/sau polimeric conform invenției și/sau produse conform invenției și/sau a unui precursor de silanol conținând grupări hidrolizabile conform invenției și/sau produs conform invenției și/sau a unei compoziții de precursor de silanol conform invenției și/sau produse conform invenției și/sau a unui silanol conținând grupări hidrolizabile conform invenției și/sau produs conform invenției și/sau a unei compoziții de silanol conform invenției și/sau produse conform invenției ca masă de încapsulare și/sau masă de turnare și/sau masă de înglobare și/sau masă de acoperire, de exemplu pentru componente electrice și/sau electronice, în special componente electronice de putere. Astfel, pot fi înlocuite în mod avantajos masele de încapsulare și/sau masele de turnare și/sau masele de înglobare și/sau masele de acoperire convenționale, de exemplu, masele utilizate în mod convențional în electronică și/sau electricitate, cum ar fi masele de încapsulare și/sau masele de turnare și/sau gelurile de silicon și/sau așa-numitele acoperiri conforme (lac pentru plăci de circuite/lac de izolație) convenționale și/sau alte mase de acoperire.

Compozițiile și/sau compușii conform invenției pot fi utilizați, de exemplu, ca mase de încapsulare pentru încapsularea componentelor semiconductoare, de exemplu pentru încapsularea cadrului modulelor care conțin elemente semiconductoare Si, SiC și/sau GaN, și/sau a altor componente, de exemplu a componentelor electronice plate, pasive.

Disiparea eficientă a căldurii poate fi realizată în mod avantajos prin compoziția compozită conform invenției și/sau produsă conform invenției sau prin compozitul conform invenției și/sau produs conform invenției. În plus, compozitul conform invenției și/sau produs conform invenției poate fi în mod avantajos rezistent la căldură și își poate păstra proprietățile chiar și la temperaturi ridicate (de funcționare). De aceea, compoziția compozită conform invenției și/sau produsă conform invenției și/sau compozitul conform invenției și/sau produs conform invenției poate fi utilizat(ă) deosebit de avantajos pentru încapsulare și/sau înglobare sau ca masă de încapsulare și/sau masă de înglobare pentru componentele electronice de putere, în special cu temperaturi ridicate de funcționare. În acest caz, compoziția compozită conform invenției și/sau produsă conform invenției și/sau compozitul conform invenției și/sau produs conform invenției poate fi adecvat(ă) în special pentru o utilizare pe substraturi DBC (engleză: Direct Bonded Copper), AMB (engleză: Active Metal Braced) și/sau MLC (engleză: Multilayer Ceramic), mai ales că se poate obține un coeficient de dilatare termică apropiat de coeficientul de dilatare termică al acestor tehnologii de substrat și în acest fel pot fi evitate tensiunile termice - de exemplu spre deosebire de compușii pentru matrițe epoxidice.

În mod avantajos, compozițiile și/sau compușii conform invenției se pot, de asemenea, aplica direct și/sau pe componente electronice și/sau electrice neambalate și/sau neizolate, de exemplu, elemente, de exemplu componente electronice de putere neambalate și/sau neizolate, de exemplu, așa-numitele Bare-Die (cipuri semiconductoare neambalate), de exemplu, care sunt prezente pe o placă de circuite imprimate, de exemplu, pe o placă de circuite imprimate ceramică sau pe o placă de circuite imprimate cu lipire organică, sau pe un așa-numit lead-frame (grilă de conexiuni ale căilor plăcii de circuite imprimate). În mod avantajos, poate fi posibilă atât o aplicare pe componente electronice active, cât și o aplicare pe componente electronice pasive, de exemplu, bobine de inducție. În mod avantajos, compozițiile și/sau compușii conform invenției pot fi, de asemenea, utilizate ca înveliș pentru așa-numitele discrete, în special pentru componente semiconductoare mici, care sunt aplicate doar ulterior pe o placă de circuite imprimate.

Compozițiile și/sau compușii conform invenției se pot utiliza în mod avantajos pentru a realiza încapsulări dure, prin care se poate îmbunătăți robustețea componentelor electronice și/sau electrice și/sau acestea pot fi mai bine protejate împotriva influențelor mediului, de exemplu împotriva umidității. Datorită proprietăților lor hidrofobe, compușii care conțin grupări alchil, de exemplu grupări metil, s-au dovedit a fi deosebit de avantajoși în această privință.

Compozițiile și/sau compușii conform invenției se pot utiliza în mod avantajos atât pentru încapsularea componentelor și ansamblurilor voluminoase, cât și pentru încapsularea componentelor și ansamblurilor plate. În plus, compoziția compozită poate fi utilizată, desigur, și pentru încapsularea componentelor electronice și/sau electrice izolate, de exemplu, înfășurarea unei bobine de inducție, de exemplu, a unei bobine de inducție UEM, și/sau a pachetelor deja înglobate. Compozițiile și/sau compușii conform invenției se pot utiliza în mod deosebit de avantajos pentru încapsularea componentelor electronice de putere, în special a celor supuse unor sarcini termice ridicate, de exemplu pentru tensiuni și/sau amperaje mari. Compozițiile și/sau compușii conform invenției se pot utiliza, de asemenea, în mod avantajos pentru încapsularea altor tipuri de componente electronice, de exemplu pentru componentele electronice de control.

În plus, compozițiile și/sau compușii conform invenției se pot utiliza în mod avantajos și pentru turnarea în matrită, de exemplu într-o matrită de silicon, de exemplu, care este ulterior îndepărtată.

Compozițiile și/sau compușii conform invenției se pot utiliza, de asemenea, în mod avantajos ca lianți. De exemplu, compozițiile și/sau compușii conform invenției se pot utiliza ca lianți în aplicațiile explicate mai sus.

Compozițiile, compușii și/sau compozitele conform invenției pot fi detectate în mod avantajos prin analiză elementară, spectroscopie FTIR și/sau alte metode de

caracterizare a structurii de legătură și/sau prin analiză SEM și/sau alte metode de reprezentare a microstructurii și/sau prin analiză EDX și/sau alte metode de identificare a fazei de legare în plus față de materialele de umplură din compozit.

În ceea ce privește alte caracteristici tehnice și avantaje ale utilizării conform invenției, se face trimitere în mod explicit la explicațiile în legătură cu compoziția compozită conform invenției și cu celelalte obiecte conform invenției, precum și la exemplele de realizare.

Desen și exemple de realizare

Alte avantaje și variante de realizare avantajoase ale obiectelor conform invenției sunt ilustrate prin desen și exemplele de realizare și explicate în descrierea următoare. Trebuie ținut cont de faptul că desenul și exemplele de realizare sunt doar descriptive și nu au scopul de a limita invenția în niciun fel. În acesta

Fig. 1 prezintă o secțiune transversală schematică printr-un exemplu de realizare a unei încapsulări compozite pentru componente electronice conform invenției.

Figura 1 prezintă o încapsulare compozită pentru componente electronice 10, care include o componentă activă 11 sub forma unui cip semiconductor, de exemplu pe bază de siliciu și/sau carbură de siliciu și/sau nitrură de siliciu, cu fire de legătură și o componentă pasivă 12, de exemplu un condensator. Cele două componente 11, 12 sunt dispuse pe o placă de circuite ceramică 13, de exemplu DCB, AMB etc., care 13 la rândul său este dispusă pe o pastă termoconductoare 14 aplicată pe un răcitor 15.

Figura 1 ilustrează faptul că componentele 11, 12 și periferia lor, cum ar fi firele de legătură, precum și partea superioară a plăcii de circuite 13 sunt încapsulate cu o încapsulare compozită 16, care include particule de material de umplură 17. Suprafețele particulelor de material de umplură 17 sunt conectate cu o rețea tridimensională Si-O-Si-O 18 prin legături chimice (neprezentate), rețeaua tridimensională Si-O-Si-O 18 fiind la rândul ei conectată prin legături chimice (neprezentate) cu suprafața componentelor 11, 12, cu periferia acestora și partea superioară a plăcii de circuite 13. O astfel de încapsulare compozită 16 sau încapsulare compozită pentru componente electronice poate consta în mod avantajos dintr-o compoziție compozită conform invenției, care conține de la $\geq 10\%$ în greutate până la $\leq 95\%$ în greutate din cel puțin un material umplură și de la $\geq 1\%$ în greutate până la $\leq 20\%$ în greutate din cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, în special prepolimer de polisilsesquioxan, și/sau de la $\geq 1\%$ în greutate până la $\leq 20\%$ în greutate din cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric având grupări hidrolizabile și/sau de la $\geq 1\%$ în greutate până la $\leq 20\%$ în greutate din cel puțin un silanol având grupări hidrolizabile și poate fi produsă prin intermediul unui procedeu de producere conform invenției.

Figura 1 ilustrează faptul că compoziția compozită conform invenției poate fi atât de fluidă încât poate fi distribuită fără presiune sub influența gravitației și a deplasării aerului, chiar și între structuri atât de mici.

Săgețile curbe și Q din figura 1 indică faptul că se poate asigura astfel o bună conductibilitate termică și, prin urmare, o răspândire și o eliberare a temperaturii în volum.

Exemplele de realizare 1a până la 4a: Producerea de etoximetil-silanoli (prima hidroliză) și de precursori de etoximetil-silanoli oligomerici și/sau polimerici (prima condensare)

În exemplele de realizare 1a până la 4a, metiltrietoxisilanul ($\text{MeSi}(\text{OEt})_3$) a fost mai întâi hidrolizat parțial cu apă în cantitățile indicate în tabelul 1, într-o primă hidroliză. La un mol de metiltrietoxisilan s-au adăugat mai puțin de 3 moli de apă. Astfel, apa a fost utilizată într-o cantitate substoichiometrică în raport cu cantitatea de grupări etoxi ale metiltrietoxisilanului. În special, apa a fost utilizată în cantități mai mici decât semistoichiometrice în raport cu cantitatea grupărilor etoxi ale metiltrietoxisilanului și/sau într-o cantitate care se află într-un raport (x) de $< 1,50$ la cantitatea metiltrietoxisilanului. Astfel s-a asigurat că doar o parte din grupările etoxi ale metiltrietoxisilanului, determinată de cantitatea de apă, a fost hidrolizată și a reacționat cu apa pentru a forma grupări hidroxil.

Tabelul 1: Cantități în timpul primei hidrolize (hidroliza 1) și a primei condensări (condensarea 1) a metiltrietoxisilanului conform exemplelor de realizare nr. 1a până la 1d

Nr.	$\text{MeSi}(\text{OEt})_3$ [mmol]	H_2O [mmol]	x	$[\text{MeSi}(\text{OEt})_{3-2x}(\text{O})_{2x/2}]$ [% în greutate]	EtOH [% în greutate]
1a	86,26	86,26	1,00	53,05	46,95
1b	59,17	73,96	1,25	42,61	57,39
1c	560,85	757,15	1,35	38,57	61,43
1d	448,68	650,59	1,45	34,61	65,39

În prima hidroliză, s-au agitat doar metiltrietoxisilan și apă la o temperatură de 70 °C. Nu s-a adăugat catalizator, solvent organic suplimentar, bază/soluție alcalină și/sau alți aditivi. Doar metiltrietoxisilanul și apa au fost amestecate sau au reacționat între ele. Prima hidroliză a fost efectuată într-un vas închis timp de aproximativ o oră.

Deoarece metiltrietoxisilanul nu este solubil în apă, amestecul este inițial un sistem bifazic. Cu toate acestea, prin hidroliza grupărilor etoxi în grupări hidroxil, amestecul devine un sistem monofazic, sub forma unei soluții limpezi, în special transparente, în special fără turbiditate, ceea ce face posibilă determinarea finalizării primei hidrolize prin inspecție optică. Astfel, în mod surprinzător, s-a constatat că hidroliza poate fi realizată

în mod evident într-un mod foarte simplu, în special fără adăugarea unui catalizator și/sau a unui solvent și/sau a unei baze/soluții alcaline și/sau a altor aditivi, în timp acceptabili.

În acest fel, metil-silanoli care conțin grupări etoxi au fost produși mai întâi prin prima hidroliză, în special conform următoarei ecuații de reacție:

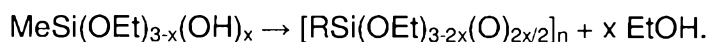


În principiu, astfel de silanoli care conțin grupări hidrolizabile pot fi deja utilizați ca lianți, în special într-o compoziție compozită, deoarece atât grupările hidroxil cât și grupările etoxi hidrolizabile se pot condensa atât între ele, cât și cu grupările OH de pe suprafețele materialelor, de exemplu ale materialelor de umplutură și/sau ale substraturilor, și/sau cu grupările hidroxil ale altor componente, de exemplu ale altor componente ale compoziției compozite, direct cu separarea alcoolului, în special a etanolului. Utilizarea unor astfel de silanoli care conțin grupări hidrolizabile, de exemplu ca lianți, în special într-o compoziție compozită, poate obține în mod avantajos – în special în comparație cu soluțiile apoase de silanol – deja o reducere a contracției la întărire și/sau o accelerare a uscării și/sau a întăririi și/sau o reducere a coroziunii. Cu toate acestea, pentru a îmbunătăți și mai mult acest lucru, s-a dovedit a fi avantajoasă condensarea silanolilor care conțin grupări hidrolizabile, în special oligomerizarea și/sau polimerizarea acestora.

După 1 oră de la prima hidroliză, în special la o temperatură de 70 °C, temperatura a fost ridicată la 150 °C și s-a agitat timp de 4 ore la 150 °C. Metil-silanoli conținând grupări etoxi formați în timpul primei hidrolize parțiale au fost parțial condensați, în special oligomerizați și/sau polimerizați, prin intermediul unei prime condensări, care poate fi în special o policondensare, cu separarea apei, pentru a forma precursori de metil-silanol oligomerici și/sau polimerici având grupări etoxi. Nici în acest caz nu s-au adăugat catalizator, solvent organic suplimentar, bază/soluție alcalină și/sau alți aditivi.

S-a constatat că apa formată in situ în timpul condensării poate hidroliza și alte grupări etoxi ale metil-silanolului care conține grupări etoxi în grupări hidroxi și în etanol. În cele din urmă, acest lucru a avut ca rezultat faptul că, după prima hidroliză și prima condensare reacționează de două ori mai mulți moli de grupări etoxi, în special hidrolizează mai întâi în grupări hidroxi și apoi grupările hidroxi condensează în legături siliciu-oxigen, în special oligomerizează și/sau polimerizează, și se pot forma de două ori mai mulți moli de etanol decât moli de apă adăugați la început.

În acest fel, prin prima condensare s-au format precursori de metil-silanol oligomerici și/sau polimerici conținând grupări etoxi, în special conform următoarei ecuații de reacție:



Apa formată în situ în timpul primei condensări nu a fost inclusă în ecuația de reacție de mai sus deoarece, așa cum s-a explicat mai sus, poate reacționa direct in situ cu grupările etoxi încă prezente.

După 4 ore de la prima condensare, etanolul format a fost evaporat din amestecul cald cu ajutorul unui flux de gaz, de exemplu azot.

În acest fel, s-au obținut în mod avantajos precursori de metil-silanol oligomerici și/sau polimerici conținând grupări etoxi, care nu conțin cantități semnificative de etanol și apă și care sunt stabili la depozitare timp de câteva zile.

Tabelul 1 ilustrează faptul că, pe măsură ce crește raportul x , crește cantitatea de alcool format, în special de etanol, și, prin urmare, crește și gradul de condensare, în special gradul de oligomerizare și/sau de polimerizare, a precursorului de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări etoxi. Această cantitate de alcool format, în special etanol, poate fi eliminată după prima condensare, de exemplu înainte de utilizarea într-o compoziție compozită. Astfel, contracția la întărire a compoziției compozite este redusă cu atât mai mult, cu cât se formează mai mult alcool în prima condensare, în care cu cât se formează mai mult alcool, cu atât este mai mare raportul x . Ca urmare a faptului că raportul x este selectat să fie $< 1,5$, se poate asigura în mod avantajos că precursorii de silanol oligomerici și/sau polimerici produși în acest fel mai prezintă încă un reziduu de grupări etoxi hidrolizabile, de exemplu 0,1 grupare etoxi hidrolizabilă ($x = 1,45$) până la 1 grupare etoxi hidrolizabilă ($x = 1,00$) per atom de siliciu, prin care se poate obține o funcție de liant în compoziția compozită. În principiu, astfel de precursori de silanol oligomerici și/sau polimerici pot fi deja utilizați ca lianți, în special într-o compoziție compozită, deoarece grupările etoxi hidrolizabile rămase cu grupări OH pe suprafețele materialelor, de exemplu ale materialelor de umplutură și/sau ale substraturilor, și/sau grupările hidroxi ale altor componente, de exemplu ale altor componente ale compoziției compozite, se condensează direct cu separarea alcoolului, în special a etanolului, și/sau pot hidroliza în prezența apei, de exemplu sub formă de umiditate (reziduală), de exemplu din materiale de umplutură, substraturi și/sau alte componente ale compoziției compozite și/sau a unei cantități foarte mici de apă, de exemplu stoichiometrică până la semistoichiometrică raportat la cantitatea de grupări etoxi hidrolizabile, și apoi se pot condensa. Cu toate acestea, grupările hidroxi pot fi mai reactive decât grupările hidrolizabile. Pentru a accelera în continuare întărirea și/sau, de asemenea, pentru a evita estimări, calcule și/sau determinări complexe ale grupărilor hidroxi și/sau adăugarea ulterioară de apă și, de asemenea, deoarece produsul hidrolizat are o volatilitate mai mică decât produsul nehidrolizat, ceea ce poate avea un efect avantajos asupra întăririi, s-a dovedit a fi avantajos să se hidrolizeze în grupări hidroxi grupările etoxi hidrolizabile rămase ale precursorilor de metil-silanol oligomerici și/sau polimerici conținând grupări etoxi înainte de utilizarea ca liant, în special într-o compoziție compozită.

Exemplele de realizare 2a până la 2d: Producerea de metil-silanoli oligomerici și/sau polimerici și/sau de prepolimeri de (poli)metil-silsesquioxan (hidroliza 2)

În exemplele de realizare 2a până la 2d, precursorii de metil-silanol oligomerici și/sau polimerici conținând grupări etoxi, produși în exemplele de realizare 1a până la 1d, au fost hidrolizați cu o cantitate suplimentară y de apă în cantitățile indicate în tabelul 2, într-o a doua hidroliză. Apa a fost utilizată într-o cantitate y stoichiometrică ($y=3-2x$) în raport cu cantitatea grupărilor etoxi ale precursorului de metil-silanol ($3-2x$). Cu toate acestea, din motivele deja explicate, în principiu, se poate utiliza și o cantitate y de apă care este până la semistoichiometrică ($y=(3-2x)/2$) în raport cu cantitatea grupărilor etoxi ale precursorului de metil-silanol oligomeric și/sau polimeric ($3-2x$). Cantitatea suplimentară y de apă poate fi utilizată pentru a hidroliza complet ($y=3-2x$) sau cel puțin parțial, în special cel puțin pe jumătate ($y=(3-2x)/2$), grupările etoxi rămase ale precursorului de metil-silanol oligomeric și/sau polimeric și pentru ca acestea să reacționeze pentru a forma grupări hidroxi.

Tabelul 2: Cantități la cea de a doua hidroliză (hidroliza 2) a precursorilor de metil-silanol oligomerici și/sau polimerici conținând grupări etoxi din exemplele de realizare nr. 1a până la 1d în metil-silanoli oligomerici și/sau polimerici și/sau prepolimeri de (poli)metil-silsesquioxan conform exemplelor de realizare nr. 2a până la 2d

Nr.	$[\text{MeSi}(\text{OEt})_{3-2x}(\text{O})_{2x/2}]_n$ [mmol]	x	H_2O [mmol]	$y=3-2x$	$[\text{MeSi}(\text{OH})_{3-2x}(\text{O})_{2x/2}]_n$ [% în greutate]	H_2O [% în greutate]
2a	99,14	1,00	99,14	1,00	62,29	37,71
2b	120,70	1,25	60,35	0,50	75,63	24,37
2c	195,90	1,35	58,77	0,30	83,45	16,55
2d	166,90	1,45	16,69	0,10	93,65	6,35

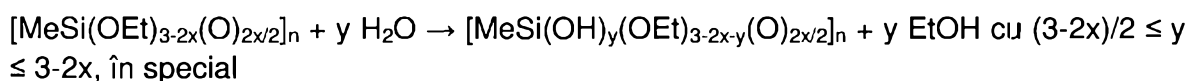
În cea de a doua hidroliză, precursorii de metil-silanol oligomerici și/sau polimerici care conțin grupări etoxi din exemplele de realizare nr. 1a până la 1d au fost amestecați cu cantitatea suplimentară y de apă specificată în tabelul 2 la o temperatură de 70 °C. În special, a doua hidroliză poate fi efectuată, de asemenea, într-un vas închis.

A doua hidroliză a fost efectuată până la obținerea unei soluții limpezi. Perioada de timp necesară pentru această hidroliză poate varia între 10 ore și 30 de ore, de exemplu, în funcție de vechimea și gradul de condensare, în special de proporția de grupări etoxi care au reacționat deja. Deoarece precursorii de metil-silanol oligomerici și/sau polimerici care conțin grupări etoxi nu sunt solubili în apă, amestecul este inițial un sistem bifazic. Cu toate acestea, prin hidroliza grupărilor etoxi în grupări hidroxi, amestecul devine un sistem monofazic, sub forma unei soluții limpezi, în special transparente, ceea ce permite, de asemenea, determinarea finalizării celei de a doua

hidrolize prin inspecție optică. În cadrul exemplelor de realizare nr. 1a până la 1d, a doua hidroliză a fost efectuată pe o perioadă de 24 de ore.

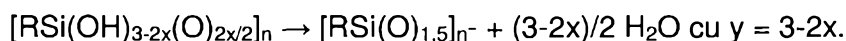
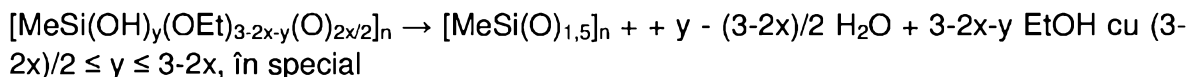
De asemenea, în cea de a doua hidroliză, doar respectivul precursor de metil-silanoli oligomeric și/sau polimeric conținând grupări etoxi și apa au fost amestecate sau au reacționat între ele. Nici în acest caz nu s-a adăugat niciun catalizator, niciun solvent organic suplimentar, nicio bază/soluție alcalină și/sau niciun alt aditiv.

De exemplu, prin cea de a doua hidroliză se pot produce metil-silanoli oligomerici și/sau polimerici și/sau prepolimeri de (poli)metil-silsesquioxan, în special conform următoarei ecuații de reacție:



După finalizarea celei de a doua hidrolize s-a format o soluție limpede a respectivului metil-silanoli oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de (poli)metil-silsesquioxan. Alcoolul format în timpul acestei hidrolize, în special etanolul, nu a fost evaporat, deoarece acesta poate fi util pentru lichefierea suspensiei.

Metil-silanoli oligomerici și/sau polimerici și/sau prepolimerii de (poli)metil-silsesquioxan produși prin a doua hidroliză pot fi condensați sau polimerizați într-o a doua condensare, de exemplu, conform următoarei ecuații de reacție:



Metil-silanoli oligomerici și/sau polimerici și/sau prepolimerii de (poli)metil-silsesquioxan produși în exemplele de realizare 2a până la 2d pot fi condensați sau întăriți, în special astfel încât să se formeze cantitățile de (poli)metil-silsesquioxani și apă indicate în tabelul 3.

Tabelul 3: Cantități de (poli)metil-silsesquioxani și apă formate în timpul condensării sau întăririi metil-silanolilor oligomerici și/sau polimerici și/sau a prepolimerilor de (poli)metil-silsesquioxan produși în exemplele de realizare 2a până la 2d

Nr.	$[\text{MeSi}(\text{OEt})_{3-2x}(\text{O})_{2x/2}]_n$ [mmol]	x	Y=3-2x	$[\text{MeSi}(\text{OEt})_{1,5}]_n$ [% în greutate]	H ₂ O [% în greutate]
2a	99,14	1,00	1,00	88,17	11,83
2b	120,70	1,25	0,50	93,72	6,28
2c	195,90	1,35	0,30	96,13	3,87
2d	166,90	1,45	0,10	98,68	1,32

Tabelul 3 arată că, în timpul condensării sau întăririi metil-silanolilor oligomerici și/sau polimerici și/sau a prepolimerilor de (poli)metil-silsesquioxan produși în exemplele de realizare nr. 2a până la 2d – spre deosebire de condensarea silanolului corespunzător complet hidrolizat, metilsilantriol ($\text{MeSi}(\text{OH})_3$), în care se formează aproape 30% în greutate apă – se formează cantități relativ mici de apă, și anume mai puțin de 12% în greutate apă. Datorită acestei cantități semnificativ reduse de apă formată în timpul întăririi, metil-silanoli oligomerici și/sau polimerici și/sau prepolimerii de (poli)metil-silsesquioxan produși în exemplele de realizare nr. 2a până la 2d prezintă o contracție la întărire semnificativ redusă.

Tabelul 3 ilustrează faptul că metil-silanolul oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimerul de (poli)metil-silsesquioxan produs în exemplul de realizare nr. 2d, care a fost produs prin utilizarea în prima hidroliză a unei cantități de apă care se află într-un raport x de 1,45 la cantitatea de metil-trietoxisilan utilizată, contracția de întărire este minimă. Metil-silanoli oligomerici și/sau polimerici și/sau prepolimerii de (poli)metil-silsesquioxan produși în exemplele de realizare nr. 2b și 2c, care au fost produși prin utilizarea în prima hidroliză a unei cantități de apă care este într-un raport x de 1,25 și 1,35 la cantitatea utilizată de metiltrietoxisilan, au prezentat o contracție la întărire relativ redusă. În vederea obținerii unei contracții la întărire reduse în mod optim, s-a dovedit, prin urmare, că este avantajos dacă apa este utilizată în prima hidroliză într-o cantitate care se află într-un raport de $1,1 < x < 1,5$, de exemplu $1,15 \leq x \leq 1,45$, la cantitatea metiltrietoxisilanului.

Cu toate acestea, testele efectuate au arătat că fluiditatea crește odată cu reducerea raportului x dintre cantitatea de apă și cantitatea de metiltrietoxisilan. Cu toate acestea, metil-silanolul oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimerul de (poli)metil-silsesquioxan produs în exemplul de realizare nr. 2a, care a fost produs prin utilizarea în prima hidroliză a unei cantități de apă care se află într-un raport x de 1,00 la cantitatea utilizată de metiltrietoxisilan, s-a dovedit a fi cel mai bun în ceea ce privește fluiditatea și a avut în același timp în continuare o contracție la întărire redusă semnificativ – în comparație cu silanolul corespunzător hidrolizat complet, metilsilantriol ($\text{MeSi}(\text{OH})_3$). În vederea obținerii unei fluidități optimizate cu o contracție redusă la întărire în același timp, poate fi, prin urmare, deosebit de avantajos dacă apa este utilizată în prima hidroliză într-o cantitate care se află într-un raport de aproximativ 1, de exemplu de $0,80 \leq x \leq 1,1$, de exemplu de $0,90 \leq x \leq 1,1$, la cantitatea metiltrietoxisilanului.

Exemplele de realizare 3a până la 3d: Producerea compozițiilor compozite care cuprind metil-silanoli oligomerici și/sau polimerici și/sau prepolimeri de (poli)metil-silsesquioxan

În exemplele de realizare 3a până la 3d, soluțiile în special alcoolice, de exemplu etanolice, produse în exemplele de realizare 2a până la 2d și conținând metil-silanoli

oligomerici și/sau polimerici și/sau prepolimeri de (poli)metil-silsesquioxan au fost utilizate pentru a produce compoziții compozite pentru formarea de compozite. În acest scop, soluțiile alcoolice, în special etanolice, conținând metil-silanoli oligomerici și/sau polimerici și/sau prepolimeri de (poli)metil-silsesquioxan, din exemplele de realizare 2a până la 2d au fost amestecate cu materiale de umplură anorganice, în special cu un oxid de aluminiu grosier și cu un oxid de aluminiu fin, precum și cu un agent de umectare și cu un agent antispumant, în cantitățile indicate în Tabelul 4. Un amestec de oxid de aluminiu grosier și de oxid de aluminiu fin poate, în mod avantajos, să îmbunătățească și mai mult fluiditatea masei și să obțină un grad mai mare de umplere. La rândul său, conductivitatea termică poate fi crescută în mod avantajos prin creșterea gradului de umplere.

Tabelul 4: Componente și cantități ale compozițiilor compozite din exemplele de realizare nr. 3a până la 3d

Material	Greutate inițială [% în greutate]	[% în volum]
Al ₂ O ₃ grosier	82,70	56,84
Al ₂ O ₃ fin	4,86	3,34
Nr. 2a-2d	12,10	23,11
Etanol de la nr. 2a-2d	-	15,75
Agent de umectare	0,27	0,73
Agent antispumant	0,08	0,23

Procedul de amestecare a avut loc într-un agitator în vid. În acest fel, s-a evitat introducerea de aer și s-a obținut o suspensie fără bule. Suspensia poate fi utilizată după aproximativ cinci minute de agitare în vid. În această stare, în special neîntărită, compozițiile compozite obținute în acest mod, care pot fi utilizate, de exemplu, ca masă de încapsulare și/sau masă de înglobare, erau fluide sau aveau o vâscozitate suficient de scăzută pentru a curge de la sine, în special fără aplicarea unei forțe externe. Prin urmare, utilizarea vidului pentru a folosi compozițiile compozite pentru încapsulare poate fi opțională, dar, în mod avantajos, nu este absolut necesară.

Exemplele de realizare 4a până la 4d: Producerea de compozite

Compozițiile compozite din exemplele de realizare 3a până la 3d au fost utilizate pentru a încapsula componente electronice. După încapsulare, compoziția compozită a fost mai întâi uscată, în special pentru a se evapora sau elimina conținutul de alcool, în special etanol. În principiu, acest lucru se poate face la temperatura camerei, de exemplu la 24 °C, dar de preferință la o temperatură mai ridicată, de exemplu la aproximativ 50 °C. Uscarea a fost efectuată pe o perioadă de cel puțin o jumătate de oră, de exemplu, până la șase ore, în special timp de aproximativ patru ore. Compoziția compozită a fost apoi întărită printr-un proces termic la o temperatură cuprinsă între ≥

100 °C și ≤ 250 °C, în special la aproximativ 150 °C. În timpul acestui proces, are loc reacția de (poli)condensare propriu-zisă (a doua condensare) și metil-silanolii oligomerici și/sau polimerici și/sau prepolimerii de (poli)metil-silsesquioxan devin (poli)metil-silsesquioxani, compoziția compozită fiind astfel solidificată, în special întărită, pentru a forma compozitul. Întărirea a fost efectuată pe o perioadă de cel puțin o jumătate de oră, de exemplu până la zece ore, în special timp de aproximativ cinci ore.

După acest tratament termic, compozitele formate au fost manipulabile și stabile din punct de vedere dimensional. Compozitele formate au fost capabile să reziste la temperaturi de până la 300 °C, au avut o conductivitate termică de aproximativ și peste 5 W/(m·K), o rezistență de aderență pe cupru de aproximativ 8 MPa și un coeficient de dilatare termică de 6 - 10 ppm/K. În plus, compozitele formate prezentau o culoare albă ca zăpada, care a rămas stabilă chiar și în condiții de solicitare termică la temperaturi de până la 300 °C. În plus, compozitele formate au prezentat proprietăți hidrofobe și o absorbție scăzută de apă asociată. Atunci când au fost testate sub tensiune, compozitele formate au prezentat o rezistență foarte bună de izolare, în special la umiditate (verificare prin test SIR), și nu s-a observat nicio migrare a ionilor de argint între conductoarele de argint.

Revendicări

1. Compoziție compozită pentru formarea unui compozit, în special pentru încapsularea componentelor electronice și/sau electrice,

compoziția compozită cuprinzând, raportat la greutatea totală a compoziției compozite,

- de la $\geq 10\%$ în greutate până la $\leq 95\%$ în greutate din cel puțin un material de umplură și
- de la $\geq 1\%$ în greutate până la $\leq 20\%$ în greutate din cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, în special prepolimer de polisilsesquioxan, și/sau
- de la $\geq 1\%$ în greutate până la $\leq 20\%$ în greutate din cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile, și/sau
- de la $\geq 1\%$ în greutate până la $\leq 20\%$ în greutate din cel puțin un silanol care conține grupări hidrolizabile.

2. Compoziție compozită conform revendicării 1, compoziția compozită cuprinzând, raportat la greutatea totală a compoziției compozite, de la $\geq 1\%$ în greutate până la $\leq 20\%$ în greutate, în total, din respectivul cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, în special prepolimer de polisilsesquioxan, și/sau din respectivul cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile și/sau din respectivul cel puțin un silanol care conține grupări hidrolizabile.

3. Compoziție compozită conform revendicării 1 sau 2, compoziția compozită cuprinzând, raportat la greutatea totală a compoziției compozite,

- de la $\geq 60\%$ în greutate până la $\leq 95\%$ în greutate, în special de la $\geq 75\%$ în greutate până la $\leq 95\%$ în greutate din respectivul cel puțin un material de umplură și/sau
- de la $\geq 5\%$ în greutate până la $\leq 20\%$ în greutate, în total, din respectivul cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, în special prepolimer de polisilsesquioxan, și/sau din respectivul cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile și/sau din respectivul cel puțin un silanol care conține grupări hidrolizabile.

4. Compoziție compozită conform oricăreia dintre revendicările de la 1 la 3, în care respectivul cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, în special prepolimer de polisilsesquioxan, și/sau respectivul cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile și/sau respectivul cel puțin un silanol care conține grupări hidrolizabile cuprinde un reziduu organic per atom de siliciu, în special în care reziduu organic este o grupare alchil, în special o grupare metil.

5. Compoziție compozită conform oricăreia dintre revendicările de la 1 la 4, în care respectivul cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, în special prepolimer de polisilsesquioxan, și/sau respectivul cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile și/sau respectivul cel puțin un silanol care conține grupări hidrolizabile este produs prin intermediul unei hidrolize, în special al unei prime hidrolize, a cel puțin unui silan având trei grupări hidrolizabile cu o cantitate de apă care este substoichiometrică, în special semistoichiometrică sau mai mică decât semistoichiometrică, raportat la cantitatea grupărilor hidrolizabile, în special în care grupările hidrolizabile sunt grupări alcoxi și/sau atomi de halogen și/sau în care respectivul cel puțin un silan având trei grupări hidrolizabile cuprinde sau este cel puțin un trialcoxisilan și/sau cel puțin un trihalogensilan.

6. Compoziție compozită conform oricăreia dintre revendicările de la 1 la 5, în care grupările hidrolizabile sunt grupări alcoxi și/sau

în care respectivul cel puțin un silan având trei grupări hidrolizabile cuprinde cel puțin un trialcoxisilan.

7. Compoziție compozită conform oricăreia dintre revendicările de la 1 la 6, în care grupările hidrolizabile sunt grupări etoxi și/sau în care respectivul cel puțin un silan având trei grupări hidrolizabile cuprinde cel puțin un trietoxisilan.

8. Compoziție compozită conform oricăreia dintre revendicările de la 1 la 7, în care respectivul cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, în special prepolimer de polisilsesquioxan, raportat la suma tuturor atomilor de siliciu, cuprinde în medie de la $> 0,00$ la $\leq 1,40$, în special de la $\geq 0,10$ la $\leq 1,40$ grupări hidroxi și/sau grupări hidrolizabile în total, în special grupări hidroxi, pe atom de siliciu, și/sau

în care respectivul cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile, raportat la suma tuturor atomilor de siliciu, cuprinde în medie de la $> 0,00$ până la $\leq 1,40$, în special de la $\geq 0,10$ până la $\leq 1,40$ grupări hidrolizabile pe atom de siliciu și/sau în care respectivul cel puțin un silanol care conține grupări hidrolizabile, raportat la suma tuturor atomilor de siliciu, cuprinde în medie de la $> 0,00$ până la $< 1,50$, în special de la $\geq 0,80$ la $< 1,50$ grupări hidroxi pe atom de siliciu și/sau de la $\geq 1,50$ până la < 3 , în special de la $\geq 1,50$ până la $\leq 2,20$ grupări hidrolizabile pe atom de siliciu.

9. Compoziție compozită conform oricăreia dintre revendicările de la 1 la 8, în care respectivul cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, în special prepolimer de polisilsesquioxan, raportat la suma tuturor atomilor de siliciu, se bazează în medie pe formula chimică:

$[\text{RSi}(\text{OH})_y(\text{X})_{3-2x-y}(\text{O})_{2x/2}]_n$, în special $[\text{RSi}(\text{OH})_{3-2x}(\text{O})_{2x/2}]_n$,

și/sau

în care respectivul cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile, raportat la suma tuturor atomilor de siliciu, se bazează în medie pe formula chimică:

$[\text{RSi}(\text{X})_{3-2x}(\text{O})_{2x/2}]_n$, în special $[\text{RSi}(\text{OR}')_{3-2x}(\text{O})_{2x/2}]_n$,

și/sau

în care respectivul cel puțin un silanol care conține grupări hidrolizabile, raportat la suma tuturor atomilor de siliciu, se bazează în medie pe formula chimică:

$\text{RSi}(\text{X})_{3-x}(\text{OH})_x$, în special $\text{RSi}(\text{OR}')_{3-x}(\text{OH})_x$,

în care n reprezintă numărul de unități repetitive,

în care $0 < x < 1,50$, în special $0,80 \leq x < 1,50$,

în care $0 < y \leq 3-2x$, în special în care $(3-2x)/2 \leq y \leq 3-2x$,

în care R reprezintă un reziduu organic, în special o grupare alchil, în special o grupare metil,

în care X reprezintă o grupare hidrolizabilă, în special o grupare alcoxi sau un atom de halogen și/sau

în care R' reprezintă o grupare alchil, în special o grupare etil.

10. Compoziție compozită conform oricăreia dintre revendicările de la 1 la 9, în care respectivul cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, în special prepolimer de polisilsesquioxan, este produs printr-un procedeu de producere conform revendicării 24 sau 25 și/sau este un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, în special prepolimer de polisilsesquioxan, conform revendicării 26 sau 27 și/sau

în care respectivul cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile este produs printr-un procedeu de producere conform revendicării 19 sau 20 și/sau este un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile conform oricăreia dintre revendicările de la 21 la 23, și/sau în care respectivul cel puțin un silanol care conține grupări hidrolizabile este produs printr-un procedeu de producere conform oricăreia dintre revendicările de la 13 la 15 și/sau este un silanol care conține grupări hidrolizabile conform oricăreia dintre revendicările de la 16 la 18 și/sau

în care compoziția compozită este produsă printr-un procedeu conform revendicării 28.

11. Compoziție compozită conform oricăreia dintre revendicările de la 1 la 10, în care respectivul cel puțin un material de umplutură cuprinde cel puțin un material de umplutură ceramic și/sau metalic, în special în care respectivul cel puțin un material de

umplutură cuprinde cel puțin un material de umplutură oxidic și/sau nitridic și/sau carbidic și/sau silicatic.

12. Compoziție compozită conform oricăreia dintre revendicările de la 1 la 11, în care respectivul cel puțin un material de umplutură cuprinde cel puțin un material de umplutură grosier și cel puțin un material de umplutură fin, în special în care respectivul cel puțin un material de umplutură grosier are un interval de mărime a granulelor într-un interval de la $\geq 1 \mu\text{m}$ până la $\leq 200 \mu\text{m}$ și/sau o valoare d50 de la $\geq 5 \mu\text{m}$ până la $\leq 110 \mu\text{m}$ și în care respectivul cel puțin un material de umplutură fin are un interval de mărime a granulelor într-un interval de la $\geq 0,05 \mu\text{m}$ la $\leq 1 \mu\text{m}$ și/sau o valoare d50 de la $\geq 0,1 \mu\text{m}$ până la $\leq 0,9 \mu\text{m}$ și/sau în care compoziția compozită, raportat la greutatea totală a compoziției compozite, conține de la $\geq 60\%$ în greutate până la $\leq 90\%$ în greutate din respectivul cel puțin un material de umplutură grosier și de la $\geq 0\%$ în greutate până la $\leq 8\%$ în greutate din respectivul cel puțin un material de umplutură fin.

13. Procedeu de producere pentru producerea unui silanol care conține grupări hidrolizabile, în special pentru o compoziție compozită conform oricăreia dintre revendicările de la 1 la 12, în care

cel puțin un silan având trei grupări hidrolizabile este hidrolizat parțial într-o hidroliză, în special o primă hidroliză, în cel puțin un silanol care conține grupări hidrolizabile, cu o cantitate de apă mai mică decât semistoichiometrică, în special până la pe sfert stoichiometrică, raportat la cantitatea grupărilor hidrolizabile ale respectivului cel puțin un silan având trei grupări hidrolizabile,

în special în care hidroliza, în special prima hidroliză, este efectuată la o temperatură cuprinsă într-un interval de la $\geq 60^\circ\text{C}$ până la $< 100^\circ\text{C}$ și/sau într-un sistem închis.

14. Procedeu de producere conform revendicării 13,

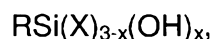
în care grupările hidrolizabile sunt grupări alcoxi, în special grupări etoxi și/sau în care respectivul cel puțin un silan având trei grupări hidrolizabile cuprinde cel puțin un trialcxisilan, în special trietoxisilan, și/sau

în care respectivul cel puțin un silan având trei grupări hidrolizabile și/sau respectivul cel puțin un silanol care conține grupări hidrolizabile cuprinde în plus un reziduu organic, în special o grupare alchil, în special o grupare metil, per atom de siliciu.

15. Procedeu de producere conform revendicării 13 sau 14, în care în hidroliză, în special în prima hidroliză, apa este utilizată într-o cantitate care se află într-un raport în intervalul de la $\geq 0,80$ până la $< 1,50$, în special de la $\geq 0,80$ până la $\leq 1,10$ sau de la $\geq 1,10$ până la $< 1,50$ la cantitatea respectivului cel puțin un silan având trei grupări hidrolizabile.

16. Silanol care conține grupări hidrolizabile și/sau compoziție de silanol care cuprinde cel puțin un silanol monomeric care conține grupări hidrolizabile, în special pentru o compoziție compozită conform oricăreia dintre revendicările de la 1 la 12, produs printr-un procedeu conform oricăreia dintre revendicările de la 13 la 15.

17. Silanol care conține grupări hidrolizabile, în special pentru o compoziție compozită conform oricăreia dintre revendicările de la 1 la 12, în care silanolul care conține grupări hidrolizabile, raportat la suma tuturor atomilor de siliciu, se bazează în medie pe formula chimică:

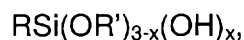


în care $0,80 \leq x < 1,50$, în special $0,90 \leq x \leq 1,45$,

în care R reprezintă un reziduu organic, în special o grupare alchil, în special o grupare metil,

în care X reprezintă o grupare hidrolizabilă, în special o grupare alcoxi, sau un atom de halogen, în special o grupare etoxi.

18. Silanol care conține grupări hidrolizabile conform revendicării 17, în care silanolul care conține grupări hidrolizabile, raportat la suma tuturor atomilor de siliciu, se bazează în medie pe formula chimică:



în care $0,80 \leq x < 1,50$, în special $0,90 \leq x \leq 1,45$,

în care R reprezintă o grupare alchil, în special o grupare metil,

în care R' reprezintă o grupare alchil, în special o grupare etil.

19. Procedeu de producere pentru producerea unui precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile, în special pentru o compoziție compozită conform oricăreia dintre revendicările de la 1 la 12, în care cel puțin un silanol care conține grupări hidrolizabile și care este produs printr-un procedeu de producere conform oricăreia dintre revendicările de la 13 la 15 și/sau cel puțin un silanol care conține grupări hidrolizabile conform oricăreia dintre revendicările de la 16 la 18 este parțial condensat într-o condensare, în special o primă condensare, în cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile și/sau în care cel puțin un silan având trei grupări hidrolizabile este hidrolizat în parte sau parțial și condensat într-o hidroliză, în special o primă hidroliză, și o condensare combinate pentru a forma cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile, cu o cantitate de apă mai mică decât semistoichiometrică, în special până la pe sfert stoichiometrică, raportat la cantitatea grupărilor hidrolizabile ale respectivului cel puțin un silan având trei grupări hidrolizabile, în special în care condensarea, în special prima condensare și hidroliza, în special

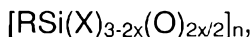
prima hidroliză, și condensarea combinate sunt efectuate la o temperatură cuprinsă într-un interval de la $\geq 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ la $\leq 220\text{ }^{\circ}\text{C}$.

20. Procedeu de producere conform revendicării 19,

în care grupările hidrolizabile sunt grupări alcoxi, în special grupări etoxi, și/sau în care respectivul cel puțin un silan având trei grupări hidrolizabile cuprinde cel puțin un trialcoxisilan, în special trietoxisilan, și/sau în care respectivul cel puțin un silanol care conține grupări hidrolizabile și/sau respectivul cel puțin un silan având trei grupări hidrolizabile și/sau precursorul de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile cuprinde în plus un reziduu organic, în special o grupare alchil, în special o grupare metil, per atom de siliciu.

21. Precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric conținând grupări hidrolizabile și/sau compoziție de precursor de silanol conținând cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile, în special pentru o compoziție compozită conform oricăreia dintre revendicările de la 1 la 12, produs printr-un procedeu de producere conform revendicării 19 sau 20.

22. Precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric conținând grupări hidrolizabile, în special pentru o compoziție compozită conform oricăreia dintre revendicările de la 1 la 12, în care respectivul cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile, raportat la suma tuturor atomilor de siliciu, se bazează în medie pe formula chimică:



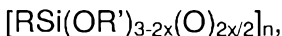
în care n reprezintă numărul de unități repetitive,

în care $0,90 \leq x \leq 1,45$,

în care R reprezintă un reziduu organic, în special o grupare alchil, în special o grupare metil, și

în care X reprezintă o grupare hidrolizabilă, în special o grupare alcoxi sau un atom de halogen.

23. Precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric conținând grupări hidrolizabile conform revendicării 22, în care respectivul cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimer conținând grupări hidrolizabile, raportat la suma tuturor atomilor de siliciu, se bazează în medie pe formula chimică:



în care n reprezintă numărul de unități repetitive,

în care $0,90 \leq x \leq 1,45$,

în care R reprezintă un reziduu organic, în special o grupare alchil, în special o grupare metil, și

în care R' reprezintă o grupare alchil, în special o grupare etil.

24. Procedeu de producere pentru producerea unui silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, în special prepolimer de polisilsesquioxan, în special pentru o compoziție compozită conform oricăreia dintre revendicările de la 1 la 12, în care cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric conținând grupări hidrolizabile și produs printr-un procedeu de producere conform revendicării 19 sau 20 și/sau cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric conținând grupări hidrolizabile conform oricăreia dintre revendicările de la 21 la 23 este hidrolizat într-o hidroliză, în special o a doua hidroliză, pentru a forma cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, în special prepolimer de polisilsesquioxan, cu o cantitate de apă stoichiometrică sau substoichiometrică, în special până la semistoichiometrică, raportat la cantitatea grupărilor hidrolizabile ale respectivului cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile, în special în care hidroliza, în special cea de a doua hidroliză, este efectuată la o temperatură cuprinsă într-un interval de la ≥ 60 °C până la < 100 °C.

25. Procedeu de producere conform revendicării 24,

în care grupările hidrolizabile sunt grupări alcoxi, în special grupări etoxi, și/sau în care respectivul cel puțin un precursor de silanol care conține grupări hidrolizabile și/sau respectivul cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan cuprinde în plus un reziduu organic, în special o grupare alchil, în special o grupare metil, per atom de siliciu.

26. Silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, în special prepolimer de polisilsesquioxan și/sau compoziție de silanol conținând cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, în special prepolimer de polisilsesquioxan, în special pentru o compoziție compozită conform oricăreia dintre revendicările de la 1 la 12, produs printr-un procedeu de producere conform revendicării 24 sau 25.

27. Silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, în special prepolimer de polisilsesquioxan, în special pentru o compoziție compozită conform oricăreia dintre revendicările de la 1 la 12, în care silanolul oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimerul de silsesquioxan, raportat la suma tuturor atomilor de siliciu, se bazează în medie pe formula chimică:



în care n reprezintă numărul de unități repetitive,

în care R reprezintă un reziduu organic, în special o grupare alchil, în special o grupare metil,

în care $0,80 \leq x < 1,50$, în special $0,90 \leq x \leq 1,45$, în special $0,90 \leq x \leq 1,42$ și/sau

în care $(3-2x)/2 \leq y \leq 3-2x$.

28. Procedeu de producere a unei compoziții compozite conform oricăreia dintre revendicările de la 1 la 12, în care se amestecă cel puțin un material de umplură și cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, în special conform revendicării 26 sau 27, și/sau cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile, în special conform oricăreia dintre revendicările de la 21 la 23 și/sau cel puțin un silanol conținând grupări hidrolizabile, în special conform oricăreia dintre revendicările de la 16 la 18, în care, raportat la greutatea totală a compoziției compozite care trebuie produsă, se utilizează

- de la $\geq 10\%$ în greutate până la $\leq 95\%$ în greutate din cel puțin un material de umplură și
- de la $\geq 1\%$ în greutate până la $\leq 20\%$ în greutate din cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, în special prepolimer de polisilsesquioxan și/sau
- de la $\geq 1\%$ în greutate până la $\leq 20\%$ în greutate din cel puțin un precursor de silanol oligomeric și/sau polimeric care conține grupări hidrolizabile și/sau
- de la $\geq 1\%$ în greutate până la $\leq 20\%$ în greutate din cel puțin un silanol care conține grupări hidrolizabile.

29. Procedeu de formare a unui compozit și/sau a unui silsesquioxan, în special a unui polisilsesquioxan, în special sub formă de masă de încapsulare și/sau masă de turnare și/sau masă de acoperire și/sau de structură solidă, în care o compoziție compozită conform oricăreia dintre revendicările de la 1 la 12 și/sau cel puțin un silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau prepolimer de silsesquioxan, în special prepolimer de polisilsesquioxan și/sau o compoziție de silanol oligomerică și/sau polimerică conform revendicării 26 sau 27 și/sau cel puțin un precursor de silanol care conține grupări hidrolizabile și/sau o compoziție de precursor de silanol conform oricăreia dintre revendicările de la 18 la 19 și/sau cel puțin un silanol care conține grupări hidrolizabile și/sau o compoziție de silanol conform oricăreia dintre revendicările de la 21 la 23 și/sau o compoziție compozită produsă prin procedeul de producere conform revendicării 28 se întărește la o temperatură de ≥ 100 °C, în special de ≥ 130 °C, până la ≤ 250 °C, în special ≤ 220 °C.

30. Compozit, în special compozit pentru componente electronice și/sau electrice și/sau silsesquioxan, în special polisilsesquioxan, în special sub formă de masă de încapsulare și/sau masă de turnare și/sau masă de înglobare și/sau masă de acoperire și/sau structură solidă, produs printr-un procedeu conform revendicării 29.

31. Utilizare a unei compoziții compozite conform oricăreia dintre revendicările de la 1 la 12 și/sau a unui silanol oligomeric și/sau polimeric și/sau a unui prepolimer de silsesquioxan, în special prepolimer de polisilsesquioxan, și/sau a unei compoziții de silanol oligomeric și/sau polimeric conform revendicării 26 sau 27 și/sau a unui precursor de silanol care conține grupări hidrolizabile și/sau a unei compoziții de precursor de silanol conform oricăreia dintre revendicările de la 21 la 23 și/sau a unui silanol care conține grupări hidrolizabile și/sau a unei compoziții de silanol conform oricăreia dintre revendicările de la 16 la 18 și/sau a unei compoziții compozite produse prin procedeul de producere conform revendicării 28 ca masă de încapsulare și/sau masă de turnare și/sau masă de înglobare și/sau masă de acoperire și/sau ca liant, în special pentru componente electrice și/sau electronice, în special pentru componente electronice de putere.

1 / 1

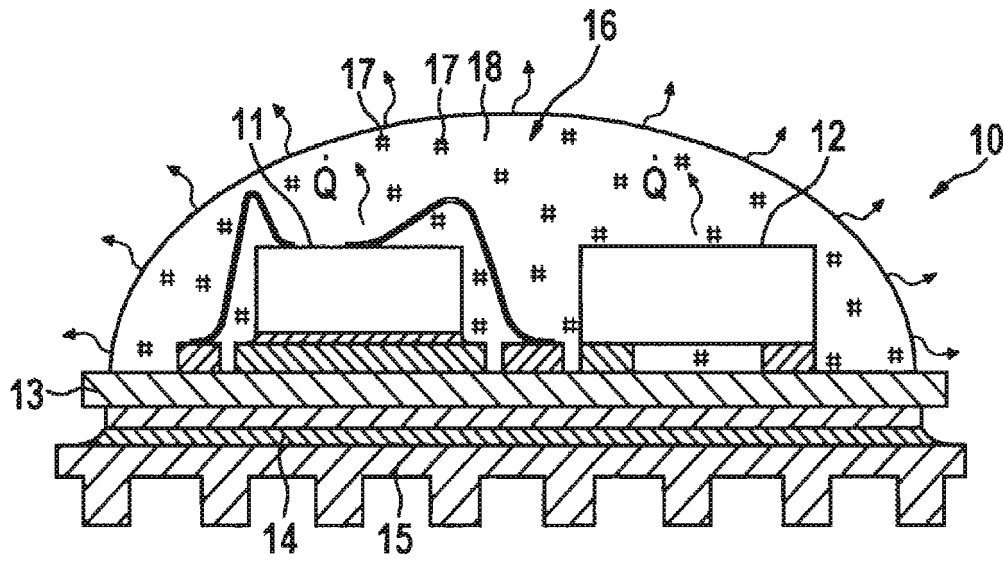


Fig. 1