(19)日本国特許庁(JP)　(12)公開特許公報(A)　(11)特許出願公開番号
特開2017-123457
(P2017-123457A)
(43)公開日　平成29年7月13日(2017.7.13)

(51)Int.Cl.		F I			テーマコード（参考）
H01L 23/29	***(2006.01)***	H01L	23/30	Z	4M109
H01L 23/31	***(2006.01)***	H01L	21/56	Z	5F061
H01L 21/56	***(2006.01)***	H01L	25/04	C	5H011
H01L 25/07	***(2006.01)***	H01G	1/02	Q	5H028
H01L 25/18	***(2006.01)***	H01M	2/02	Z	5H031

審査請求 未請求　請求項の数 16　ＯＬ　外国語出願　（全 32 頁）　最終頁に続く

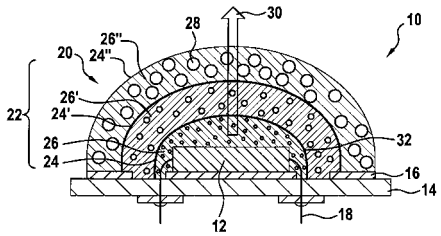
(21)出願番号　特願2016-229017 (P2016-229017)
(22)出願日　平成28年11月25日 (2016.11.25)
(31)優先権主張番号　10 2015 223 449.5
(32)優先日　平成27年11月26日 (2015.11.26)
(33)優先権主張国　ドイツ (DE)

(71)出願人　390023711
ローベルト　ボツシユ　ゲゼルシヤフト　ミツト　ベシユレンクテル　ハフツング
ＲＯＢＥＲＴ　ＢＯＳＣＨ　ＧＭＢＨ
ドイツ連邦共和国　シユツツトガルト　（番地なし）
Ｓｔｕｔｔｇａｒｔ，　Ｇｅｒｍａｎｙ
(74)代理人　100114890
弁理士　アインゼル・フェリックス＝ラインハルト
(74)代理人　100098501
弁理士　森田　拓
(74)代理人　100116403
弁理士　前川　純一

最終頁に続く

(54)【発明の名称】封止材を備えた電気的装置

(57)【要約】　（修正有）
【課題】セメント材を含む封止材によって少なくとも部分的に封止された電気部品を備える電気的装置および製造方法を提供する。
【解決手段】電気的装置１０は、封止材２０は、それぞれ１つのセメント材２６、２６’、２６’’を含む少なくとも２つの離散層２４、２４’、２４’’からなる積層体２２を含む。製造方法は、少なくとも、第１及び第２のセメント材を準備するステップと、第１のセメント材を第１の離散層として、電気部品１２（半導体素子）が少なくとも部分的に封止されるように塗布するステップと、第２のセメント材を第２の離散層として第１の離散層に塗布するステップと、離散層のセメント材のうちの少なくとも１つを処理するステップと、を含む。
【選択図】図１



【特許請求の範囲】
【請求項１】
セメント材（２６）を含む封止材（２０；２０’；２０’’）によって少なくとも部分的に封止された電気部品（１２，１２’）を備えた電気的装置において、
前記封止材（２０；２０’；２０’’）は、それぞれ１つのセメント材（２６，２６’，２６’’）を含む少なくとも２つの離散層（２４，２４’，２４’’）からなる積層体（２２；２２’；２２’’）を含むことを特徴とする、電気的装置（１０）。
【請求項２】
前記セメント材（２６，２６’，２６’’）のうちの少なくとも１つは、アルミナセメントを含むか又はアルミナセメントからなる、請求項１に記載の電気的装置（１０）。
【請求項３】
前記積層体（２２；２２’；２２’’）は、それぞれ１つのセメント材（２６，２６’，２６’’）を含む少なくとも１つのさらなる離散層（２４，２４’，２４’’）を含む、請求項１又は２に記載の電気的装置（１０）。
【請求項４】
前記積層体（２２；２２’；２２’’）は、前記離散層（２４，２４’，２４’’）のうちの少なくとも２つの間に、機能的境界層（３２）を備えている、請求項１乃至３のいずれか一項に記載の電気的装置（１０）。
【請求項５】
前記離散層（２４，２４’，２４’’）のうちの少なくとも２つは、部分的に、前記電気部品（１２，１２’）に配置されている、請求項１乃至４のいずれか一項に記載の電気的装置（１０）。
【請求項６】
前記積層体（２２；２２’；２２’’）は、当該積層体（２２；２２’；２２’’）の厚さ方向（３０）に勾配を有している、請求項１乃至５のいずれか一項に記載の電気的装置（１０）。
【請求項７】
前記勾配は、前記積層体（２２；２２’；２２’’）の前記離散層（２４，２４’，２４’’）に関して段階的に形成されている、請求項６に記載の電気的装置（１０）。
【請求項８】
前記勾配は、前記セメント材（２６，２６’，２６’’）の化学的及び／又は物理的特性の勾配である、請求項６又は７に記載の電気的装置（１０）。
【請求項９】
前記勾配は、以下のものからなるグループ、即ち、多孔性勾配、特に孔径及び／又は細孔数勾配、密度勾配、層密度勾配、水和勾配、組成勾配、セメント添加材の濃度勾配、セメントの反応性化学官能基の濃度勾配、充填剤（２８）の濃度勾配、充填剤（２８）の粒径勾配からなるグループから選択されている、請求項６乃至８のいずれか一項に記載の電気的装置（１０）。
【請求項１０】
前記充填剤（２８）は、有機材料、特にポリマー、無機材料、特にセラミック材料、ガラス、及び、金属材料からなるグループから選択されている材料を含むか又はそのような材料からなる、請求項９に記載の電気的装置（１０）。
【請求項１１】
前記電気部品（１２，１２’）は、半導体構成素子（１２）、センサ素子（１２’）、インダクタンス、キャパシタンス、バッテリセル、バッテリモジュール又は回路装置である、請求項１乃至１０のいずれか一項に記載の電気的装置（１０）。
【請求項１２】
セメント材（２６）を含む封止材（２０；２０’；２０’’）によって少なくとも部分的に封止された電気部品（１２，１２’）を備えた、特に請求項１乃至１１のいずれか一項に記載の電気的装置（１０）を製造する方法であって、

少なくとも、第１及び第２のセメント材（２６，２６’，２６’’）を準備するステップと、
前記第１のセメント材（２６）を、第１の離散層（２４）として前記電気部品（１２，１２’）に塗布するステップと、
前記封止材（２０；２０’；２０’’）の積層体（２２；２２’；２２’’）を形成するために、前記第２のセメント材（２６’）を第２の離散層（２４’）として前記第１の離散層（２４）に塗布するステップと、
前記離散層（２４，２４’）の前記セメント材（２６，２６’）のうちの少なくとも１つを処理するステップと、
を含むことを特徴とする方法。

【請求項１３】
前記離散層（２４，２４’，２４’’）の前記セメント材（２６，２６’，２６’’）を処理する前記ステップは、以下の処理、即ち、
前記セメント材（２６，２６’，２６’’）の熱処理、
前記セメント材（２６，２６’，２６’’）を所定のガス雰囲気中に曝露する処理、
前記セメント材（２６，２６’，２６’’）に所定の圧力を加える処理、
前記セメント材（２６，２６’，２６’’）に電磁ビームを加える処理、
のうちの少なくとも１つを含む、請求項１２に記載の方法。

【請求項１４】
前記セメント材（２６，２６’，２６’’）はそれぞれ、前記積層体（２２；２２’；２２’’）において、段階的な勾配が、前記積層体（２２；２２’；２２’’）の前記離散層（２４，２４’，２４’’）に関して形成されるように構成及び／又は塗布及び／又は処理される、請求項１２又は１３に記載の方法。

【請求項１５】
電気的装置（１０）、特に請求項１乃至１１のいずれか一項に記載の又は請求項１２乃至１４のいずれか一項に記載の方法によって製造された電気的装置（１０）であって、前記積層体（２２；２２’；２２’’）が、それぞれ１つのセメント材（２６，２６’，２６’’）を含む少なくとも２つの離散層（２４，２４’，２４’’）を含む、電気的装置（１０）の電気部品（１２，１２’）のための、封止材（２０；２０’；２０’’）としての積層体（２２；２２’；２２’’）の適用。

【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、封止材によって少なくとも部分的に封止された電気部品を備えた電気的装置、及び、この種の電気的装置の製造方法に関する。

【背景技術】
【０００２】
従来技術
パワーエレクトロニクスモジュール及び堅固なセンサシステムの信頼性及び効果の向上並びにコストの低減は、今日では最大の重要性を有する。現在の封止材料（エポキシド化合物、シリコン封止材）は、２００℃未満の温度範囲に限られている。封止材料に対する３００℃乃至３５０℃までの温度範囲の開発により、最新のパワー半導体（例えばＳｉＣ）の動作範囲は、封止材料の付加的機能（例えば環境への影響からの保護、熱上昇流の改善）を省くことなく２００℃を超えて拡張可能である。

【０００３】
独国特許出願公開第１０２０１３１１２２６７号明細書（ＤＥ１０２０１３１１２２６７Ａ１）からは、半導体部品を被覆する、異なるセメント材からなる封止材を備えた半導体モジュールが公知である。この封止材は、ここではさらに保護層と、接着促進剤層とを有し、この両方はセメントを含んでいない。

【先行技術文献】

【特許文献】
【０００４】
【特許文献１】独国特許出願公開第１０２０１３１１２２６７号明細書
【発明の概要】
【課題を解決するための手段】
【０００５】
発明の開示
本発明の態様は、セメント材を含む封止材によって少なくとも部分的に封止された電気部品を備えた電気的装置であり、封止材は、それぞれ１つのセメント材を含む少なくとも２つの離散層からなる積層体を含む。
【０００６】
さらに本発明の態様は、セメント材を含む封止材によって少なくとも部分的に封止された電気部品を備えた電気的装置を製造する方法であり、この方法は、
少なくとも、第１及び第２のセメント材を準備するステップと、
第１のセメント材を第１の離散層として電気部品に、当該電気部品が少なくとも部分的に封止されるように塗布するステップと、
封止材の積層体を形成するために、第２のセメント材を第２の離散層として第１の離散層に塗布するステップと、
離散層のセメント材のうちの少なくとも１つを処理するステップと、を含む。
【０００７】
その他に本発明の態様は、電気的装置の電気部品のための、封止材としての積層体の適用であり、積層体は、それぞれ１つのセメント材を含む少なくとも２つの離散層を含む。
【０００８】
この電気部品は、例えば半導体素子、センサ素子、インダクタンス、キャパシタンス、バッテリセル、バッテリモジュール又は回路装置であってもよい。しかしながら、電気部品とは、本発明の範囲内では、あらゆる能動及び受動素子又はハイパワー素子と理解されたい。電気的装置は、ここでは、その上に電気部品が配置された支持体基板を有し得る。
【０００９】
セメントとは、本発明の範囲内では、金属を含まない水硬性の無機結合剤と理解されたい。このセメントは、ここでは水硬性セメントとして硬化する。即ち、安定した不溶性の結合のもとで水と化学反応を起こす。ここでのセメントは、当該方法の開始時点又は水和前では、水又は添加水溶液と反応し水和物を形成しながら硬化及び凝固する微粉砕粉末として構成されていてもよい。この水和物は、インターロックひいてはセメントの高い強度につながる針状及び／又は小板状の形成物をなし得る。これとは対照的に、リン酸セメントは、水硬性のように硬化しない。ここでは、後で大半はアモルファス塊に凝固する塩ゲルの形成下で酸塩基反応が起きる。この酸塩基反応では、Ｈ＋（水素イオン）が交換される。
【００１０】
セメントは、主にアルミン酸カルシウムからなり、水和の間にアルミン酸カルシウム水和物を形成し得る。好ましくは、セメント材は、アルミナセメントを含み、特にアルミナセメントからなる。アルミナセメント（略称ＣＡＣ）は、欧州ではＤＩＮＥＮ１４６４７規格で規制されている。アルミナセメントは、主に第一アルミン酸カルシウム（$CaO*Al_2O_3$）で構成されている。
【００１１】
アルミナセメントは、例えば以下の組成、即ち、
Al_2O_3：６７．８重量％以上、
ＣａＯ：３１．０重量％以下、
SiO_2：０．８重量％以下、
Fe_2O_3：０．４重量％以下、
の組成を有し得る。

【００１２】
離散層とは、本発明の範囲内では、その周囲に対して画定された境界面を有している層と理解されたい。従って、各離散層は、固有の単位／ユニットを形成する。各離散層は、ほとんど均質な化学的及び／又は物理的特性を有している。離散層は、相互にそれらの化学的及び／又は物理的特性が異なり得る。離散層のうちの少なくとも１つは、セメント複合材として構成されてもよい。即ち、換言すれば、この離散層は、充填剤及び／又は添加剤及び／又はセメント複合材を含んだセメントマトリックスを含むことができる。これらの離散層は、以下の組成、即ち、
結合剤　アルミナセメント：８重量％以上から４７重量％以下まで（例えばＳＥＣＡＲ７１）、
反応剤　水：１０重量％以上から２８重量％以下まで
充填剤：２５重量％以上から８２重量％以下まで、
の組成を有し得る。
【００１３】
充填剤は、以下のものからなるグループ、即ち、
Al_2O_3：微小粒径ｄ５０約１μｍから粗い粒径ｄ５０約１５０乃至２００μｍまで、
Ａｌｐｈａ－Si_3N_4：微小粒径約１μｍから粗い粒径約１００μｍまで、
ＨＥＸ．ＢＮ：微小粒径約１５μｍから粗い粒径約２５０μｍまで、
ＳｉＣ：微小粒径約１０乃至５０μｍから粗い粒径約６００μｍまで、
ＡｌＮ：微小粒径１μｍから粗い粒径約１００μｍまで、
からなるグループから選択されていてもよい。
【００１４】
セメント材は、例えば圧入法、スプレー法及び／又は注型法を用いて塗布可能である。
【００１５】
処理のステップとは、本発明の範囲内では、硬化ステップ又は反応ステップと理解されたい。処理のステップは、例えば浸漬法を含み得る。処理のステップは、セメント材（複数可）又はセメント層（複数可）の部分処理のみも含み得る。即ち、換言すれば、処理の際に、セメント材（複数可）又はセメント層（複数可）の部分的な又は完全な処理が行われ得る。処理のステップでは、例えば第１の離散層としての第１のセメント材の塗布の後に、この第１のセメント材が（部分的に）処理され、第２の離散層としての第２のセメント材の塗布の後に、この第２の離散層が（部分的に）処理されることが可能である。しかしながら、積層体全体が、セメント材の塗布後に処理されることも考えられ得る。
【００１６】
積層体とは、本発明の範囲内では、相互に積層された複数の層からなる層結合体と理解されたい。この積層体は、離散層のうちの少なくとも２つの間に１つの機能的境界層を備え得る。この機能的境界層は、例えば２つの離散層の共通の境界面に形成され得る。機能的境界層は、ここでは２つの離散層との対比において、構造、化学的組成及び化学的特性において有する局所的な相違を有する反応ゾーンのタイプを形成している。
【００１７】
封止材とは、本発明の範囲内では、被包材（パッケージング）のあらゆるタイプと理解されたい。
【００１８】
封止材が、関連するセメント材からだけなく、それどころか、積層体を有し、それぞれ１つのセメント材を含む複数の離散層からなっていることにより、一方では、電気部品への封止材のはるかに改善された接着性が得られ得る。これに対する根拠は、材料対へ適合的にセメント材がその接着特性に関して最適化され、さらに層構造が材料対のために選択的に１つの積層体に組み合わせられ得ることにある。即ち、換言すれば、例えば層の熱膨張係数が適合化され得ることにあり、そのため、電気部品と全封止材との間の生じ得る熱的又は機械的整合不良が回避される。他方では、離散層の１つに形成されたクラックの、

層を横断する拡張が、効果的に阻止され得る。なぜなら、クラックが層の境界又は境界層までにしか拡がらず、そこで止められるか又は「緩衝」されるからである。さらに個々の離散層と共に封止材全体の特性は、要求に対して正確に適合化可能となり、セメントの好ましい特性は、常に、全ての離散層において維持される。それにより、例えば複数の層の一部が付加的機能を、例えば液状セメント材及び生じ得る外的周辺環境の影響、例えば湿気、ほこりなどからの保護を提供すると共に、電気部品及び金属を攻撃的な腐食から保護するために、不動態化又は犠牲層としての化学的機能を実施することが可能となる。従って、改善された機械的特性及び耐クラック性並びにより高められた寿命を有する電気的な装置が提供され得る。

【００１９】

さらに好ましくは、離散層のうちの少なくとも２つが、部分的に電気部品に配置される。即ち、換言すれば、離散層のうちの少なくとも２つが、それらの両方が電気部品と接触接続するように配置及び／又は構成されている。この手段により、所定の熱伝導路が形成可能になり、例えばこれらの離散層の両セメント材が、異なる熱伝導率を有している場合には、それによって周囲への所期の熱放出と共に迅速な熱放出が達成可能になる。

【００２０】

さらに好ましくは、積層体が、積層体の厚さ方向において勾配を有している。この場合、好ましくは、この勾配は、セメント材の化学的及び／又は物理的特性の勾配である。それにより、離散層は、例えばその化学的及び／又は構造的組成に関する勾配を有し得る。勾配はここでは、好ましくは積層体の離散層に関して段階的に形成されている。即ち、換言すれば、勾配は、離散層の内部に生じるのではなく、それどころかこれは、１つの離散層から次の離散層まで存在している。従って、個々の離散層は、それらの化学的及び／又は物理的特性に関してそれぞれ均質に構成されていてもよい。勾配は、セメント材の構成若しくは組成、及び／又は、塗布及び／又は処理のタイプに基づいて形成され得る。勾配は、正又は負の勾配であり得る。勾配は好ましくは電気部品を起点として外方へ向けて低減され得る。

【００２１】

勾配は、好ましくは、以下のものからなるグループ、即ち、多孔性勾配、特に孔径及び／又は細孔数勾配、密度勾配、層密度勾配、水和度の勾配、組成勾配、セメント添加材の濃度勾配、セメントの反応性化学官能基の濃度勾配、充填剤の濃度勾配、充填剤の粒径勾配からなるグループから選択されていてもよい。ここでは、多数のさらなる勾配が、本発明の範囲を逸脱することなく考えられ得る。

【００２２】

異なる離散層のセメント材は、類似の化学組成を有し得る。これらの離散層の相違は、例えば、セメント添加剤の濃度においてのみ、及び／又は、セメント及び／又は充填剤の反応性化学官能基の濃度においてのみ生じるものであってもよい。また、離散層の相違は、水和度において生じるものであってもよい。離散層の多孔性又は多孔性度（例えば細孔の数又は孔径に関する）は、例えば充填剤濃度の変更及び／又は充填剤の粒径の変更によって、設定又は変更可能である。多孔性を高めることによって減量化及び改善された耐クラック性が達成可能である。後者は、クラックが細孔に基づいて迂回し、それに伴い離散層内で悪影響を及ぼして、さらに層を横断して拡張しかねないという状況によるものである。さらに多孔性の増加に伴い、反応に対する抑止面も増加し、これによって一方では接着特性もさらに向上させることが可能である。他方では、熱交換が減少し、これによって絶縁特性も変更し得るか又は多孔性の増加に伴って向上し得る。その他にも、多孔性によって機械的特性、即ち、離散層及びひいては封止材の硬度又は柔軟性も設定可能となる。さらに細孔は、それによって付加的機能を提供するために、充填することも可能である。

【００２３】

離散層の密度は、例えば多孔性度を維持しながら、充填剤の濃度の変更により設定又は変更可能である。これにより、セメント材の熱伝導率が変更可能である。離散層の選択的及び指向的構造は、指向性の熱放出を可能にする。

【００２４】
水和勾配とは、水和度の勾配と理解されたい。水和は、例えばセメントの割合と水の割合とを変化させることによって設定可能である。水和度は、セメント材中に存在するセメントのどのくらいの割合が水和によってセメントペーストに変換され、それによって強度形成に作用しているかを示す。従って、水和勾配又は水和度の勾配により、離散層の機械的特性も同様に設定可能である。その他にこれによって、緩衝水（Wasserpuffer）のタイプも統合又は提供可能である。
【００２５】
層厚さ勾配により、界面における機械的応力が減衰可能である。即ち、換言すれば、例えばセメント層の熱膨張係数が材料対に応じて適合化され、それに伴い機械的応力の低減が達成され得る。
【００２６】
さらに好ましくは、充填材は、有機材料、特にポリマー、無機材料、特にセラミック材料（例えばAl_2O_3，ZrO_2）、ガラス、金属材料からなるグループから選択される材料を含むか又はそのような材料からなる。
【００２７】
その他に好ましくは、離散層のセメント材を処理するステップは、以下の処理、即ち、
セメント材の熱処理、
セメント材を所定のガス雰囲気中に曝露する処理
セメント材に所定の圧力を加える処理、
セメント材に例えば所定の波長及び強度の電磁ビーム、例えば紫外線ビーム、赤外線ビーム、可視光を加える処理、
のうちの少なくとも１つを含む。
【００２８】
熱処理は、焼戻し炉での焼戻しステップを含み得る。熱処理は、４０℃以上から９５℃までの温度範囲又は９５℃に等しい温度で行うことができる。
【００２９】
ガス雰囲気は、例えば１００％までの高められた湿度を有する雰囲気又は空気として構成されてもよい。ガス雰囲気は、触媒又は促進分子を含むことも可能である。
【００３０】
この手段により、例えば添加剤は、その機能を発揮するために効率的にかつ高い信頼性のもとで活性化され得る。
【００３１】
以下では、本発明を、添付の図面に基づき例示的に詳細に説明する。
【図面の簡単な説明】
【００３２】
【図１】本発明の一実施形態による電気的装置を示した図。
【図２】本発明のさらなる実施形態による電気的装置を示した図。
【図３】
【発明を実施するための形態】
【００３３】
図１には、本発明に係る電気的装置が示されており、当該装置は、その全体において符号１０が付されている。
【００３４】
電気的装置１０は、電気部品１２を備えている。この電気部品１２は、半導体素子１２として構成されている。電気部品１２は、支持体基板１４上に配置されている。電気部品１２と支持体基板１４との間には、銅層１６が配置されている。この銅層１６は、ここでは複数の機能、詳細には熱の伝導及び放出を向上させるための機能、電気部品１２に対する電気的接触接続を提供するための機能、並びに、場合によっては封止材の塗布の際の流出止めとしての機能を有している。

【００３５】
電気部品１２は、ボンディングワイヤ１８を介して支持体基板１４の、自身とは反対側に接続されており、これによって外部からの電気部品１２の電気的接触接続が可能になる。ここでは支持体基板１４は、例えばプレートとして構成されていてもよく、さらにその中には導体線路又は電気的コンタクトが、電気部品１２との接触接続のために集積化されていてもよい。導体線路は、支持体基板１４の表面に配置されていてもよい。支持体基板１４は、１つのチップに構成されていてもよい。
【００３６】
電気的装置１０は、さらに積層体２２を含む封止材２０を備えている。封止材２０と積層体２２とは、グローブトップ（Glob-Top）として構成されている。封止材２０又は積層体２２は、支持体基板１４に配置されている。積層体２２はここでは、電気部品１２を、支持体基板１４によって被覆されていない面において封止している。従って、電気部品１２は、支持体１４と封止材２０によって完全に封止されている。この積層体２２は、さらに、それを介して自身が支持体基板１４と固定的に結合している、支持体基板１４の一部も被覆している。
【００３７】
積層体２２は、第１の離散層２４、第２の離散層２４’、第３の離散層２４’’を含んでいる。これらの離散層２４，２４’，２４’’は相互に積層され、電気部品１２を被覆している。第１の離散層２４は、内方に、即ち、電気部品１２に隣接して配置されている。第２の離散層２４’は、中間に、即ち、第１の離散層２４と第３の離散層２４’’の間に配置されている。第３の離散層２４’’は、外方に、即ち、電気的装置１０の周囲に隣接して配置されている。
【００３８】
本発明によれば、これらの離散層２４，２４’，２４’’は、それぞれ１つのセメント材２６，２６’，２６’’を含んでいる。ここでは第１の離散層２４は、第１のセメント材２６を含んでいる。第２の離散層２４’は、第２のセメント材２６’を含んでいる。第３の離散層２４’’は、第３のセメント材２６’’を含んでいる。図示の実施形態では、全ての離散層２４，２４’，２４’’がそれぞれ充填剤２８を含んでいる。充填剤２８は、粒子状に形成されている。充填剤２８は、離散層２４，２４’，２４’’毎にそれぞれ実質的に均質に分散されている。各離散層２４，２４’，２４’’は、実質的に同じ濃度の充填剤２８を含んでいる。充填剤２８の粒径は、各離散層２４，２４’，２４’’の内部では大半が一定である。しかしながら、充填剤２８の粒径は、内方にある第１の離散層２４から中間にある第２の層２４’を介して外方の離散層２４’’まで増加している。従って、積層体２２は、その厚さ方向３０において、充填剤２８の粒径の勾配を有している。この厚さ方向３０は、ここでは個々の離散層２４，２４’，２４’’の厚さ方向に相当している。即ち、換言すれば、従って充填剤２８の粒径の勾配は、第１の離散層２４から第３の離散層２４’’まで連続的に増加しているのではなく、それどころか第１の離散層２４から第２の離散層２４’へ段階的に増加し、さらに第２の離散層２４’から第３の離散層２４’’へ再度段階的に増加する。従って、本発明によれば、充填剤２８の粒径の勾配によって、封止材２０の強度及び空隙充填度を変更することが可能である。
【００３９】
積層体２２はさらに、機能的境界層３２を有している。これらの機能的境界層３２は、それぞれ離散層２４，２４’，２４’’の間に配置されている。これらの機能的境界層３２は、ここでは反応ゾーンとして構成されている。それにより、これらの機能的境界層３２は、別個に塗布されたものではなく、それどころかプロセス中に個々の離散層２４，２４’，２４’’の間の境界面に形成されたものである。従って、機能的境界層３２は、局所的な相違を、構造、化学的組成及び化学的特性において有している。
【００４０】
これにより、はるかに改善された接着性を、特に封止材２０の内部において得ることが可能になる。さらにクラックの拡張が、離散層２４，２４’，２４’’の境界面又は機能

的境界層３２において効果的に阻止若しくは停止され得る。

【００４１】

図２には、本発明に係るさらなる電気的装置１０’が示されている。この電気的装置１０’は、図１による電気的装置１０に類似して構成されている。但し、この電気的装置１０’は、一方では複数の電気部品１２，１２’を有している。これらの電気部品１２，１２’は、半導体素子１２及びセンサ素子１２’を含んでいる。封止材２０’又は積層体２２’は、ここでは全ての電気部品１２，１２’を封止している。他方では、封止材２０’及び積層体２２’は、平坦に形成されている。

【００４２】

この電気的装置１０’も、本発明によれば、同様に、積層体２２’の厚さ方向３０に勾配を有している。しかしながら、図１による実施形態とは対照的にここでは、それは水和勾配又は水和度の勾配である。既に前述したように、水和度は、セメント材中に存在するセメントのどのくらいの割合が水和によってセメントペーストに変換され、それによって強度形成に作用しているかを示す。ここでは勾配とそれに伴う水和度は、積層体２２’の厚さ方向３０において外方に向けて減少している。各離散層２４，２４’，２４’’の内部の水和度は、ここでも実質的に同じである。水和度は、１つの離散層２４，２４’から次の離散層２４’，２４’’へ段階的にのみ増加している。従って、第１の離散層２４は、最大水和度を有し、第３の離散層２４’’は、最小の水和度を有する。

【００４３】

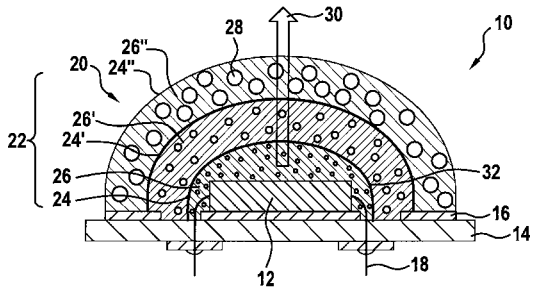
図３には、本発明に係るさらなる電気的装置１０’’が示されている。この電気的装置１０’’は、図２による装置１０’に類似して構成され、それにより同様に、複数の電気部品１２，１２’及び平坦な構造を有している。図２による実施形態とは対照的に、積層体２２’’は、付加的にパス３４を有している。これらのパス３４は、離散層の一部であり、複数の電気部品１２，１２’に対して相対的にさらに外方へ配置された離散層２４’，２４’’から介在的に配置された層２４又は２４，２４’を通って電気部品１２，１２’の１つまで延在している。第３の離散層２４’’の一部であり、かつ同様にセメント材２６’’を含んでいる、パス３４の１つは、第１の離散層２４及び第２の離散層２４’を通って電気部品１２まで延在している。従って電気部品１２は、第１の離散層２４によっても、第３の離散層２４’’によっても接触接続されている。第２の離散層２４’の一部であり、かつ同様にセメント材２６’を含んでいる、さらなるパス３４は、第１の離散層２４を通って電気部品１２’まで延在している。従って、電気部品１２’は、第１の離散層２４によっても、第２の離散層２４’’によっても接触接続されている。パス３４は、ここでは、例えば離散層２４，２４’，２４’’の２つのセメント材２６，２６’，２６’’がそれぞれ異なる熱伝導率を有していることによって、熱伝導路を形成しており、そのため周囲への所期の熱放出と共に迅速な熱放出が達成され得る。

【００４４】

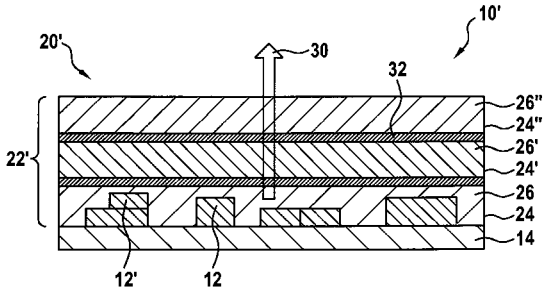
本発明に係る電気的装置１０の製造の際には、まず例えば粉末状のセメント材２６，２６’，２６’’が準備される。引き続き各セメント材２６，２６’，２６’’には、それぞれ異なる粒径を有する充填剤２８が混合され、それによって、実質的に同じ充填剤濃度を有するが、但し、充填剤２８における粒径が異なっている３つのセメント材２６，２６’，２６’’が結果的に生じる。続いて液状構成要素、例えば場合により融剤Ｍｅｈｌｆｌｕｘを含む水が、それぞれセメント材２６，２６’，２６’’に混和される。最小の粒径を有する第１の湿ったセメント材２６はその後排気され、そこに電気部品１２が被着され、第１の離散層２４として型にもたらされ、例えば射出成形又は注型成形を用いて型にもたらされる。それに続いて第１のセメント材２６は、例えば６０℃の温度及び９０％の相対湿度のもとで熱処理又は焼戻しされ、これによって第１の離散層２４の完全な又は部分的なゲル形成、結晶化、ニードリング及び硬化が行われる。ここでは、湿度が水分損失（水対セメント値）を予防し、温度は所望の構造体の形成を引き起こす。引き続き、平均的な粒径を有する第２の湿ったセメント材２６’が排気され、そこに第１の離散層２４が塗布され、第２の離散層２４’として型にもたらされ、例えば射出成形又は注型成形を用

いて型にもたらされる。それに続いて第２のセメント材２６’は、例えば６０℃の温度及び９０％の相対湿度のもとで熱処理又は焼戻しされ、これによって第２の離散層２４’の完全な又は部分的なゲル形成、結晶化、ニードリング及び硬化が行われる。ここでは、場合によって機能的境界層３２が、第１及び第２の離散層２４，２４’の間に形成される。引き続き、最大粒径を有する第３の湿ったセメント材２６’’が排気され、そこに第２の離散層２４’が塗布され、第３の離散層２４’’として型にもたらされ、例えば射出成形又は注型成形を用いて型にもたらされる。それに続いて第３のセメント材２６’’は、例えば６０℃の温度及び９０％の相対湿度のもとで熱処理又は焼戻しされ、これによって第３の離散層２４’’の完全な又は部分的なゲル形成、結晶化、ニードリング及び硬化が行われる。ここでは、場合によって機能的境界層３２が、第２及び第３の離散層２４’，２４’’の間に形成される。最後に封止材２０又は積層体２２が任意選択的に処理され、その後例えば３００℃の温度のもとで型から取り出され、保管される。

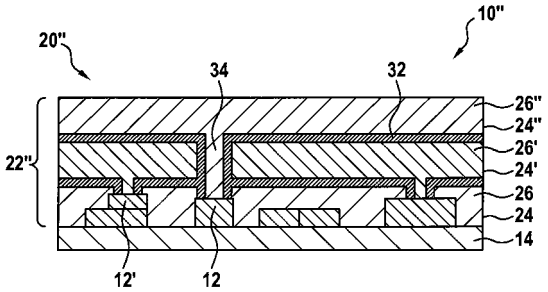
【図１】



【図２】



【図３】



【手続補正書】
【提出日】平成29年2月13日(2017.2.13)
【手続補正１】
【補正対象書類名】特許請求の範囲
【補正対象項目名】全文
【補正方法】変更
【補正の内容】
【特許請求の範囲】
【請求項１】
セメント材（２６）を含む封止材（２０；２０’；２０’’）によって少なくとも部分的に封止された電気部品（１２，１２’）を備えた電気的装置において、
前記封止材（２０；２０’；２０’’）は、それぞれ１つのセメント材（２６，２６’，２６’’）を含む少なくとも２つの離散層（２４，２４’，２４’’）からなる積層体（２２；２２’；２２’’）を含むことを特徴とする、電気的装置（１０）。
【請求項２】
前記セメント材（２６，２６’，２６’’）のうちの少なくとも１つは、アルミナセメントを含む、請求項１に記載の電気的装置（１０）。
【請求項３】
前記積層体（２２；２２’；２２’’）は、それぞれ１つのセメント材（２６，２６’，２６’’）を含む少なくとも１つのさらなる離散層（２４，２４’，２４’’）を含む、請求項１又は２に記載の電気的装置（１０）。
【請求項４】
前記積層体（２２；２２’；２２’’）は、前記離散層（２４，２４’，２４’’）のうちの少なくとも２つの間に、機能的境界層（３２）を備えている、請求項１乃至３のいずれか一項に記載の電気的装置（１０）。
【請求項５】
前記離散層（２４，２４’，２４’’）のうちの少なくとも２つは、部分的に、前記電気部品（１２，１２’）に配置されている、請求項１乃至４のいずれか一項に記載の電気的装置（１０）。
【請求項６】
前記積層体（２２；２２’；２２’’）は、当該積層体（２２；２２’；２２’’）の厚さ方向（３０）に勾配を有している、請求項１乃至５のいずれか一項に記載の電気的装置（１０）。
【請求項７】
前記勾配は、前記積層体（２２；２２’；２２’’）の前記離散層（２４，２４’，２４’’）に関して段階的に形成されている、請求項６に記載の電気的装置（１０）。
【請求項８】
前記勾配は、前記セメント材（２６，２６’，２６’’）の化学的及び／又は物理的特性の勾配である、請求項６又は７に記載の電気的装置（１０）。
【請求項９】
前記勾配は、以下のものからなるグループ、即ち、多孔性勾配、密度勾配、層密度勾配、水和勾配、組成勾配、セメント添加材の濃度勾配、セメントの反応性化学官能基の濃度勾配、充填剤（２８）の濃度勾配、充填剤（２８）の粒径勾配からなるグループから選択されている、請求項６乃至８のいずれか一項に記載の電気的装置（１０）。
【請求項１０】
前記多孔性勾配は、孔径及び／又は細孔数勾配を含む、請求項９に記載の電気的装置（１０）。
【請求項１１】
前記充填剤（２８）は、有機材料、無機材料、及び、金属材料からなるグループから選択されている材料を含む、請求項９又は１０に記載の電気的装置（１０）。

【請求項１２】
前記有機材料は、ポリマーであり、前記無機材料は、セラミック材料又はガラスである、請求項１１に記載の電気的装置（１０）。
【請求項１３】
前記電気部品（１２，１２’）は、半導体構成素子（１２）、センサ素子（１２’）、インダクタンス、キャパシタンス、バッテリセル、バッテリモジュール又は回路装置である、請求項１乃至１２のいずれか一項に記載の電気的装置（１０）。
【請求項１４】
セメント材（２６）を含む封止材（２０；２０’；２０’’）によって少なくとも部分的に封止された電気部品（１２，１２’）を備えた、請求項１乃至１３のいずれか一項に記載の電気的装置（１０）を製造する方法であって、
少なくとも、第１及び第２のセメント材（２６，２６’，２６’’）を準備するステップと、
前記第１のセメント材（２６）を、第１の離散層（２４）として前記電気部品（１２，１２’）に塗布するステップと、
前記封止材（２０；２０’；２０’’）の積層体（２２；２２’；２２’’）を形成するために、前記第２のセメント材（２６’）を第２の離散層（２４’）として前記第１の離散層（２４）に塗布するステップと、
前記離散層（２４，２４’）の前記セメント材（２６，２６’）のうちの少なくとも１つを処理するステップと、
を含むことを特徴とする方法。
【請求項１５】
前記離散層（２４，２４’，２４’’）の前記セメント材（２６，２６’，２６’’）を処理する前記ステップは、以下の処理、即ち、
前記セメント材（２６，２６’，２６’’）の熱処理、
前記セメント材（２６，２６’，２６’’）を所定のガス雰囲気中に曝露する処理、
前記セメント材（２６，２６’，２６’’）に所定の圧力を加える処理、
前記セメント材（２６，２６’，２６’’）に電磁ビームを加える処理、
のうちの少なくとも１つを含む、請求項１４に記載の方法。
【請求項１６】
前記セメント材（２６，２６’，２６’’）はそれぞれ、前記積層体（２２；２２’；２２’’）において、段階的な勾配が、前記積層体（２２；２２’；２２’’）の前記離散層（２４，２４’，２４’’）に関して形成されるように構成及び／又は塗布及び／又は処理される、請求項１４又は１５に記載の方法。
【手続補正２】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００３２
【補正方法】変更
【補正の内容】
【００３２】
【図１】本発明の一実施形態による電気的装置を示した図。
【図２】本発明のさらなる実施形態による電気的装置を示した図。
【図３】本発明のさらなる実施形態による電気的装置を示した図。
【手続補正３】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００４３
【補正方法】変更
【補正の内容】
【００４３】
図３には、本発明に係るさらなる電気的装置１０’’が示されている。この電気的装置

１０’’は、図２による装置１０’に類似して構成され、それにより同様に、複数の電気部品１２，１２’及び平坦な構造を有している。図２による実施形態とは対照的に、積層体２２’’は、付加的にパス３４を有している。これらのパス３４は、離散層の一部であり、複数の電気部品１２，１２’に対して相対的にさらに外方へ配置された離散層２４’，２４’’から介在的に配置された層２４又は２４，２４’を通って電気部品１２，１２’の１つまで延在している。第３の離散層２４’’の一部であり、かつ同様にセメント材２６’’を含んでいる、パス３４の１つは、第１の離散層２４及び第２の離散層２４’を通って電気部品１２まで延在している。従って電気部品１２は、第１の離散層２４によっても、第３の離散層２４’’によっても接触接続されている。第２の離散層２４’の一部であり、かつ同様にセメント材２６’を含んでいる、さらなるパス３４は、第１の離散層２４を通って電気部品１２’まで延在している。従って、電気部品１２’は、第１の離散層２４によっても、第２の離散層２４’によっても接触接続されている。パス３４は、ここでは、例えば離散層２４，２４’，２４’’の２つのセメント材２６，２６’，２６’’がそれぞれ異なる熱伝導率を有していることによって、熱伝導路を形成しており、そのため周囲への所期の熱放出と共に迅速な熱放出が達成され得る。

フロントページの続き

(51)Int.Cl.			F I			テーマコード（参考）
H01G	*2/10*	*(2006.01)*	H01M	10/04	Z	
H01M	*2/02*	*(2006.01)*	H01M	10/613		
H01M	*10/04*	*(2006.01)*				
H01M	*10/613*	*(2014.01)*				

(74)代理人 100135633
弁理士 二宮 浩康
(74)代理人 100162880
弁理士 上島 類
(72)発明者 フェリックス スチューウィング
ドイツ連邦共和国 シュタインハイム モーツァートシュトラーセ 7
(72)発明者 ヘルムート シュミット
ドイツ連邦共和国 ビーティッヒハイム－ビッシンゲン フリムライシュトラーセ 32
(72)発明者 サンドリーヌ ボドリー－ヴィントリヒ
ドイツ連邦共和国 シュトゥットガート カイザースラウテラーシュトラーセ 45ベー
(72)発明者 ペトラ ステディーレ
ドイツ連邦共和国 エスリンゲン ランガー ヴェーク 5

Fターム(参考) 4M109 AA04 BA04 CA02 CA21 CA26 EA20 EB13 EB14
5F061 AA04 BA04 CA21 CA22 CA26 CB02 CB06 CB13
5H011 AA02 BB03 CC02 CC05 CC09 CC10 DD09 DD22
5H028 AA07 BB05 EE05 EE06 EE08
5H031 BB02 EE03 EE04

【外国語明細書】

Beschreibung

Titel

Elektrische Vorrichtung mit einer Umhüllmasse

Die vorliegende Erfindung betrifft eine elektrische Vorrichtung mit einem elektrischen Bauteil, welches von einer Umhüllmasse zumindest teilweise umhüllt ist sowie ein Verfahren zur Herstellung einer derartigen elektrischen Vorrichtung.

Stand der Technik

Die Erhöhung der Zuverlässigkeit und der Effizienz sowie die Senkung der Kosten von Leistungselektronikmodulen und robusten Sensorsystemen sind heutzutage von höchster Bedeutung. Die aktuellen Umhüllmaterialien (Epoxid-Verbindungen, Silikonmassen) sind auf einen Temperaturbereich von unter 200°C begrenzt. Durch die Erschließung des Temperaturbereiches von bis zu 300°C bzw. 350°C für Umhüllmaterialien kann der Betriebsbereich von modernen Leistungshalbleitern (z.B. SiC) über 200°C hinaus erweitert werden, ohne das auf die Zusatzfunktion eines Umhüllmaterials (z.B. Schutz vor Umwelteinflüssen, verbesserte Thermik) verzichtet werden muss.

Aus der DE102013112267A1 ist ein Halbleitermodul mit einer einen Halbleiterbaustein bedeckenden Umhüllungsmasse aus verschiedenen Zementaten bekannt. Die Umhüllmasse weist hierbei ferner eine Schutzschicht und eine haftvermittelnde Schicht auf, welche beide kein Zement enthalten.

Offenbarung der Erfindung

Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist eine elektrische Vorrichtung mit einem elektrischen Bauteil, welches von einer eine Zementmasse aufweisenden Umhüllmasse zumindest teilweise umhüllt ist, wobei die Umhüllmasse ein

Schichtsystem aus mindestens zwei diskreten Schichten mit jeweils einer Zementmasse aufweist.

Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ferner ein Verfahren zur Herstellung einer elektrischen Vorrichtung mit einem elektrischen Bauteil, welches von einer eine Zementmasse aufweisenden Umhüllmasse zumindest teilweise umhüllt wird, mit folgenden Schritten:

- Bereitstellen mindestens einer ersten und einer zweiten Zementmasse;
- Aufbringen der ersten Zementmasse als erste diskrete Schicht auf das elektrische Bauteil derart, dass das elektrische Bauteil zumindest teilweise umhüllt wird;
- Aufbringen der zweiten Zementmasse als zweite diskrete Schicht auf die erste diskrete Schicht, um ein Schichtsystem der Umhüllmasse zu bilden; und
- Behandeln mindestens einer der Zementmassen der diskreten Schichten.

Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist außerdem die Verwendung eines Schichtsystems als Umhüllmasse für ein elektrisches Bauteil einer elektrischen Vorrichtung, wobei das Schichtsystem mindestens zwei diskrete Schichten mit jeweils einer Zementmasse aufweist.

Das elektrische Bauteil kann bspw. ein Halbleiterbauelement, ein Sensorelement, eine Induktivität, eine Kapazität, eine Batteriezelle, ein Batteriemodul oder eine Schaltungsanordnung sein. Unter einem elektrischen Bauteil kann im Rahmen der vorliegenden Erfindung jedoch jegliches aktive und passive Bauelement bzw. Hochleistungs-Bauelement verstanden werden. Die elektrische Vorrichtung kann hierbei ein Trägersubstrat aufweisen, auf dem das elektrische Bauteil angeordnet ist.

Unter einem Zement kann im Rahmen der vorliegenden Erfindung ein anorganisches, metallfreies, hydraulisches Bindemittel verstanden werden. Der Zement erhärtet hierbei hydraulisch, d.h. es findet eine chemische Reaktion mit Wasser statt unter Bildung stabiler, unlöslicher Verbindungen. Hierbei kann der Zement zu Beginn des Verfahrens bzw. vor der Hydratation als feingemahlenes Pulver ausgebildet sein, welches mit Wasser bzw. Zugabewasser unter der Bildung von Hydraten reagiert, erstarrt und erhärtet. Die Hydrate können dabei Nadeln und/oder Plättchen ausbilden, welche sich verzahnen und somit zu einer hohen Festigkeit des Zementes führen. Im Gegensatz dazu erhärtet ein Phosphatzement nicht hydraulisch. Es findet eine Säure-Basen-

Reaktion unter Bildung eines Salzgels statt, welches später zu einer meist amorphen Masse erstarrt. Bei der Säure-Base-Reaktion werden H+ (Wasserstoff-Ionen) ausgetauscht.

Der Zement kann überwiegend aus Calciumaluminaten bestehen und während der Hydratation Calciumaluminathydrate ausbilden. Es ist vorteilhaft, wenn die Zementmasse Tonerdezement aufweist, insbesondere aus Tonerdezement besteht. Tonerdezement (Kurzzeichen CAC) ist nach DIN EN 14647 europäisch geregelt. Tonerdezement besteht vorwiegend aus Monocalciumaluminat (CaO * Al2O3).

Der Tonerdezement kann bspw. folgende Zusammensetzung aufweisen:

- Al2O3: größer oder gleich 67,8 Gew.-%
- CaO: kleiner oder gleich 31,0 Gew.-%
- SiO2: kleiner oder gleich 0,8 Gew.-%
- Fe2O3: kleiner oder gleich 0,4 Gew.-%

Unter einer diskreten Schicht kann im Rahmen der vorliegenden Erfindung eine Schicht verstanden werden, welche zu ihrer Umgebung definierte Grenzflächen aufweist. Demnach bildet jede diskrete Schicht eine eigene Einheit. Jede diskrete Schichten kann weitestgehend homogene chemische und/oder physikalische Eigenschaften aufweisen. Die diskreten Schichten können sich untereinander in ihren chemischen und/oder physikalischen Eigenschaften unterscheiden. Zumindest eine der diskreten Schichten kann als Zementkomposit ausgebildet sein. D.h., mit anderen Worten, dass die diskrete Schicht eine Zementmatrix mit einem Füllstoff und/oder Additiv und/oder Zementwirkstoff aufweisen kann. Die diskreten Schichten können folgende Zusammensetzung aufweisen:

- Bindemittel Tonerdezement: größer oder gleich 8 Gew.-% bis kleiner oder gleich 47 Gew.-% (bspw. SECAR 71)
- Reaktionsmittel Wasser: größer oder gleich 10 Gew.-% bis kleiner oder gleich 28 Gew.-%
- Füllstoff: größer oder gleich 25 Gew.-% bis kleiner oder gleich 82 Gew.-%

Der Füllstoff kann ausgewählt sein aus der Gruppe bestehend aus:

- Al2O3: fein d50 ca. 1 µm bis grob d50 ca. 150-200 µm
- Alpha-Si3N4: fein ca. 1 µm bis grob ca. 100 µm

- Hex. BN: fein ca 15 µm bis grob ca. 250 µm
- SiC: fein ca. 10-50 µm bis grob ca. 600 µm
- AlN: fein ca. 1 µm bis grob ca. 100 µm

Die Zementmassen können z.B. mittels eines Druckprozesses, Sprühprozesses und/oder Gießprozesses aufgebracht werden.

Unter einem Schritt des Behandelns kann im Rahmen der vorliegenden Erfindung ein Härteschritt oder ein Reaktionsschritt verstanden werden. Der Schritt des Behandelns kann bspw. einen Tauchprozess umfassen. Der Schritt de Behandeln kann auch nur eine Teilbehandlung der Zementmasse(n) bzw. der Zementschicht(en) umfassen. D.h., mit anderen Worten, dass beim Behandeln eine partielle oder komplette Behandlung der Zementmasse(n) bzw. Zementschicht(en) erfolgen kann. Im Schritt des Behandeln kann bspw. nach dem Aufbringen der ersten Zementmasse als erste diskrete Schicht, die erste Zementmasse (teilweise) behandelt werden und nach dem Aufbringen der zweiten Zementmasse als zweite diskrete Schicht, die zweite diskerete Schicht (teilweise) behandelt werden. Es ist aber auch denkbar, dass das gesamte Schichtsystem nach dem Aufbringen der Zementmassen behandelt wird.

Unter einem Schichtsystem kann im Rahmen der vorliegenden Erfindung ein Schichtverbund aus aufeinander gestapelten Schichten verstanden werden. Das Schichtsystem kann zwischen mindestens zwei der diskreten Schichten eine funktionelle Grenzschicht aufweisen. Die funktionelle Grenzschicht kann sich bspw. an der gemeinsamen Grenzfläche zweiter diskreter Schichten ausbilden. Die funktionelle Grenzschicht bildet hierbei eine Art Reaktionszone, welche verglichen zu den beiden diskreten Schichten lokale Unterschiede im Gefüge, in der chemische Zusammensetzung und in den chemischem Eigenschaften aufweist.

Unter einer Umhüllmasse kann im Rahmen der vorliegenden Erfindung jegliche Art von Verkapselung (Packaging) verstanden werden.

Dadurch, dass die Umhüllmasse nicht nur aus einer zusammenhängenden Zementmasse, sondern vielmehr aus einem Schichtsystem aufweisend mehrere diskrete Schichten mit jeweils einer Zementmasse besteht, kann zum einen eine wesentlich bessere Haftung der Umhüllmasse an dem elektrischen Bauteil erzielt

werden. Der Grund hierfür liegt darin, dass angepasst an die Materialpaarung die Zementmasse hinsichtlich ihrer Haftungseigenschaften optimiert und der Schichtaufbau selektiv für die Materialpaarungen zu einem Schichtsystem kombiniert werden kann. D.h., mit anderen Worten, dass z.B. die thermischen Ausdehnungskoeffizienten der Schichten angepasst werden können, so dass mögliche thermische oder mechanische Missmatches zwischen dem elektrischen Bauteil und der gesamte Umhüllmasse verhindern werden. Zum anderen kann die schichtübergreifende Ausbreitung von Rissen, welche sich in einer der diskreten Schichten gebildet haben, effizient gehemmt werden, da sich die Risse lediglich bis zur Schichtgrenze bzw. zur Grenzschicht ausbreiten und dort gestoppt bzw. „gepuffert" werden. Des Weiteren können die Eigenschaften der einzelnen diskreten Schichten und damit der gesamten Umhüllmasse genau an die Anforderungen angepasst werden, wobei die vorteilhaften Eigenschaften des Zements stets in allen diskreten Schichten beibehalten werden. Somit kann bspw. ein Teil der Schichten eine zusätzliche Funktion ausführen, z.B. eine chemische Funktion als Passivierung oder Opferschicht, um einen Schutz vor der flüssigen Zementmasse und möglichen äußere Umwelteinwirkungen wie z.B. Feuchte, Staub usw. bereitzustellen und damit das elektrische Bauteil und das Metall vor aggresiven Angriffen zu schützen. Folglich kann eine elektrische Vorrichtung mit verbesserten mechanischen und risshemmenden Eigenschaften sowie höherer Lebensdauer bereitgestellt werden.

Es ist ferner vorteilhaft, wenn mindestens zwei der diskreten Schichten teilweise an dem elektrischen Bauteil angeordnet sind. D.h., mit anderen Worten, dass mindestens zwei der diskreten Schichten derart angeordnet und/oder ausgebildet sind, dass sie beide das elektrische Bauteil kontaktieren. Durch diese Maßnahme können definierte Wärmepfade erzeugt werden, bspw. wenn die beiden Zementmassen der diskreten Schichten unterschiedliche Wärmeleitfähigkeiten aufweisen, so dass eine gezielte und damit schnellere Wärmeabfuhr an die Umgebung erreicht werden kann.

Des Weiteren ist es vorteilhaft, wenn das Schichtsystem einen Gradienten in Dickenrichtung des Schichtsystems aufweist. Hierbei ist es vorteilhaft, wenn der Gradient ein Gradient der chemischen und/oder physikalischen Eigenschaften der Zementmassen ist. Demnach können die diskreten Schichten bspw. einen Gradienten bzgl. ihrer chemischen und/oder strukturellen Zusammensetzung aufweisen. Der Gradient ist hierbei vorzugsweise stufenweise bezüglich der diskreten Schichten des

Schichtsystems ausgebildet. D.h., mit anderen Worten, dass der Gradient nicht innerhalb der diskreten Schichten besteht, sondern dieser vielmehr von einer diskreten Schicht zu der nächsten diskreten Schicht vorliegt. Demnach können die einzelnen diskreten Schichten jeweils homogen bzgl. Ihrer chemischen und/oder physikalischen Eigenschaften ausgebildet sein. Der Gradient kann gebildet werden aufgrund der Ausbildung bzw. Zusammensetzung und/oder der Art des Aufbringens und/oder der Behandlung der Zementmassen. Bei dem Gradienten kann es sich um einen positiven oder negativen Gradienten handeln. Der Gradient kann vorzugsweise ausgehend vom elektrischen Bauteil nach außen hin abnehmen.

Der Gradient kann bevorzugt ausgewählt sein aus der Gruppe bestehend aus: Porositätsgradient, insbesondere Gradient der Porengröße und/oder der Porenanzahl, Dichtegradient, Schichtdickengradient, Gradient des Hydratationsgrades, Gradient der Zusammensetzung, Konzentrationsgradient eines Zementwirkstoffes, Konzentrationsgradient einer reagierenden chemischen Funktion des Zements, Konzentrationsgradient eines Füllstoffes, Partikelgrößengradient eines Füllstoffes. Hierbei ist eine Vielzahlt weiterer Gradieten denkbar, ohne den Rahmen der Erfindung zu verlassen.

Die Zementmassen der unterschiedlichen diskreten Schichten können eine ähnliche chemische Zusammensetzung aufweisen. Der Unterschied der diskreten Schichten kann bspw. lediglich in der Konzentration eines Zementwirkstoffes und/oder einer reagierenden chemischen Funktion des Zements und/oder eines Füllstoffes bestehen. Der Unterschied der diskreten Schichten kann auch im Hydratationsgrad bestehen. Die Porosität bzw. der Porositätsgrad – bspw. bzl. der Anzahl der Poren oder der Porengröße – der diskreten Schichten kann bspw. durch Änderung der Füllstoffkonzentration und/oder Partikelgröße des Füllstoffes eingestellt bzw. variiert werden. Durch eine Porositätserhöhung können eine Gewichtsreduktion sowie eine verbesserte Risshemmung erreicht werden. Letzteres ist dem Umstand geschuldet, dass die Risse aufgrund der Poren umgeleitet und sich somit schlechter innerhalb der diskreten Schichten und ferner schichtübergreifend ausbreiten können. Ferner steigt mit wachsender Porosität auch die Inhibitionsfläche für Reaktionen, wodurch zum einen die Haftungseigenschaften weiter verbessert werden können. Zum anderen sinkt der Wärmeaustausch, wodurch die Isolationseigenschaften wiederum variiert bzw. mit wachsender Porosität gesteigert werden können. Außerdem können durch die

Porosität auch die mechanischen Eigenschaften, d.h. die Härte oder die Flexibilität der diskreten Schichten und damit der Umhüllmasse eingestellt werden. Des Weiteren können die Poren auch verfüllt werden, um somit eine zusätzliche Funktion bereitzustellen.

Die Dichte der diskreten Schichten kann bspw. durch Änderung der Konzentration des Füllstoffes unter Beibehaltung des Porositätsgrades eingestellt bzw. variiert werden. Hierdurch kann die Wärmeleitfähigkeit der Zementmasse variiert werden. Ein selektiver, gerichteter Aufbau der diskreten Schichten ermöglicht eine gerichtete Wärmeableitung.

Mit Hydratationsgradient ist ein Gradient des Hydratationsgrades zu verstehen. Die Hydratation kann bspw. durch Variation des Zementanteils und des Wasseranteils eingestellt werden. Der Hydratationsgrad gibt an, zu wieviel Prozent der in der Zementmasse vorhandene Zement durch Hydratation in Zementgel umgewandelt wurde und damit festigkeitsbildend wirkt. Demnach können durch den Hydratationsgradienten bzw. den Gradienten des Hydratationsgrades ebenfalls die mechanischen Eigenschaften der diskreten Schichten eingestellt werden. Ausserdem kann hierdurch auch eine Art Wasserpuffer integriert bzw. bereitgestellt werden.

Durch den Schichtdickengradienten können mechanische Spannungen an den Grenzflächen abgebaut werden. D.h., mit anderen Worten, dass z.B. der Wärmeausdehnungskoeffizient der Zementschicht entsprechend der Materialpaarung angepasst und somit eine Reduzierung der mechanischen Spannungen erreicht werden könnte.

Vorteilhaft ist es ferner, wenn der Füllstoff ein Material aufweist oder aus einem Material besteht, welches ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus: organisches Material, insbesondere Polymer, anorganisches Material, insbesondere keramischer Werkstoff (z.B. Al2O3, ZrO2), Glas und metallisches Material.

Es ist außerdem vorteilhaft, wenn der Schritt des Behandelns der Zementmassen der diskreten Schichten zumindest eine der folgenden Behandlungen umfasst:
- Wärmebehandlung der Zementmassen;
- Aussetzen der Zementmassen in einer definierten Gasatmosphäre;

- Beaufschlagung der Zementmassen mit einem definierten Druck;
- Beaufschlagung der Zementmassen mit elektromagnetischer Strahlung einer definierten Wellenlänge und Intensität, bspw. UV-Strahlung, Infrarot-Strahlung, sichtbarem Licht.

Die Wärmebehandlung kann einen Temperschritt in einem Temperofen umfassen. Die Wärmebehandlung kann in einem Temperaturbereich von größer oder gleich 40 °C bis gleicher oder gleich 95 °C erfolgen.

Die Gasatmosphäre kann bspw. als Atmosphäre bzw. Luft mit einer erhöhten Luftfeuchtigkeit von bis zu 100% ausgebildet sein. Die Gasatmosphäre kann auch Katalysator- oder Beschleuniger-Moleküle aufweisen.

Durch diese Maßnahme kann bspw. der Zusatzstoff effizient und zuverlässig aktiviert werden, um seine Funktionalität zu entfalten.

Zeichnungen

Die Erfindung wird nachstehend anhand der beigefügten Zeichnungen beispielhaft näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine Darstellung einer elektrischen Vorrichtung gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung; und

Fig. 2 eine Darstellung einer elektrischen Vorrichtung gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

In Fig. 1 ist eine erfindungsgemäße elektrische Vorrichtung dargestellt, welche in ihrer Gesamtheit mit der Bezugsziffer 10 versehen ist.

Die elektrische Vorrichtung 10 weist ein elektrisches Bauteil 12 auf. Das elektrische Bauteil 12 ist als Halbleiterbauelement 12 ausgebildet. Das elektrische Bauteil 12 ist auf einem Trägersubstrat 14 angeordnet. Zwischen dem elektrischen Bauteil 12 und dem Trägersubstrat 14 ist eine Kupferschicht 16 angeordnet. Die Kupferschicht 16 hat hierbei mehrere Funktionen, nämlich die

Wärmeanbindung und -abfuhr zu verbessern, eine elektrische Kontaktierungsmöglichkeit für das elektrische Bauteil 12 bereitzustellen und ggf. als Fließstop der Umhüllmasse beim Auftragen.

Das elektrische Bauteil 12 ist über Bonddrähte 18 mit der ihm gegenüberliegenden Seite des Trägersubstrats 14 verbunden, wodurch eine elektrische Kontaktierung des elektrischen Bauteils 12 von außen ermöglicht wird. Hierbei kann das Trägersubstrat 14 beispielsweise als eine Platte ausgebildet sein, in die ferner Leiterbahnen bzw. elektrische Kontakte zum Kontaktieren des elektrischen Bauteils 12 integriert sein können. Die Leiterbahnen können auch auf einer Oberfläche des Trägersubstrats 14 angeordnet sein. Das Trägersubstrat 14 kann zu einem Chip ausgebildet sein.

Die elektrische Vorrichtung 10 weist ferner eine Umhüllmasse 20 mit einem Schichtsystem 22 auf. Die Umhüllmasse 20 und das Schichtsystem 22 sind als Glob-Top ausgebildet. Die Umhüllmasse 20 bzw. das Schichtsystem 22 ist an dem Trägersubstrat 14 angeordnet. Das Schichtsystem 22 umhüllt hierbei das elektrische Bauteil 12 an den Flächen, welche von dem Trägersubstrat 14 unbedeckt sind. Demnach ist das elektrische Bauteil 12 vollständig durch das Trägersubstrat 14 und die Umhüllmasse 20 umhüllt. Das Schichtsystem 22 bedeckt ferner auch einen Teil des Trägersubstrats 14, über den sie fest mit dem Trägersubstrat 14 verbunden ist.

Das Schichtsystem 22 weist eine erste diskrete Schicht 24, eine zweite diskrete Schicht 24‘ und eine dritte diskrete Schicht 24“ auf. Die diskreten Schicht 24, 24‘, 24“ sind aufeinander gestapelt und umhüllen das elektrische Bauteil 12. Die erste diskrete Schicht 24 ist innen, d.h. angrenzend an dem elektrischen Bauteil 12 angeordnet. Die zweite diskrete Schicht 24‘ ist mittig, d.h. zwischen der ersten diskreten Schicht 24 und der dritten diskreten Schicht 24“ angeordnet. Die dritte diskrete Schicht 24“ ist außen, d.h. angrenzend an die Umgebung der elektrischen Vorrichtung 10 angeordnet.

Erfindungsgemäß weisen die diskreten Schichten 24, 24‘, 24“ jeweils eine Zementmasse 26, 26‘, 26“ auf. Hierbei weist die erste diskrete Schicht 24 die erste Zementmasse 26 auf. Die zweite diskrete Schicht 24‘ weist die zweite

Zementmasse 26‘ auf. Die dritte diskrete Schicht 24“ weist die dritte Zementmasse 26“ auf. Im gezeigten Ausführungsbeispiel weisen alle diskreten Schichten 24, 24‘, 24“ jeweils einen Füllstoff 28 auf. Der Füllstoff 28 ist partikelförmig ausgebildet. Der Füllstoff 28 ist in jeder der diskreten Schicht 24, 24‘, 24“ jeweils im Wesentlichen homogen verteilt. Jede der diskreten Schichten 24, 24‘, 24“ weist eine im Wesentlichen gleiche Konzentration an Füllstoff 28 auf. Die Partikelgröße des Füllstoffes 28 ist innerhalb jeder der diskreten Schichten 24, 24‘, 24“ größtenteils konstant. Die Partikelgröße des Füllstoffes 28 nimmt jedoch von der innenliegenden ersten diskreten Schicht 24 über die mittige zweite diskrete Schicht 24‘ bis zur äußeren diskreten Schicht 24“ zu. Demnach weist das Schichtsystem 22 in seiner Dickenrichtung 30 einen Gradienten der Partikelgröße des Füllstoffes 28 auf. Die Dickenrichtung 30 entspricht hierbei der Dickenrichtung der einzelnen diskreten Schichten 24, 24‘, 24“. D.h., mit anderen Worten, dann der Gradient der Partikelgröße des Füllstoffes 28 nicht kontinuierlich von der ersten diskreten Schicht 24 zu der dritten diskreten Schicht 24“ zunimmt, sondern vielmehr stufenweise von der ersten diskreten Schicht 24 zu der zweiten diskreten Schicht 24‘ und wieder stufenweise von der zweiten diskreten Schicht 24‘ zu der dritten diskreten Schicht 24“ zunimmt. Demnach ist es erfindungsgemäß möglich, durch einen Gradienten der Partikelgröße des Füllstoffes 28 die Festigkeit und die Spaltfüllbarkeit der Umhüllmasse 20 zu variieren.

Das Schichtsystem 22 weist ferner funktionelle Grenzschichten 32 auf. Die funktionellen Grenzschichten 32 sind jeweils zwischen den diskreten Schichten 24, 24‘, 24“ angeordnet. Die funktionellen Grenzschichten 32 sind hierbei als Reaktionszonen ausgebildet. Die funktionellen Grenzschichten 32 wurden somit nicht separat aufgetragen sondern haben sich vielmehr an den Grenzflächen zwischen den einzelnen diskreten Schichten 24, 24‘, 24“ während des Prozesses gebildet. Demnach weisen die funktionellen Grenzschichten 32 lokale Unterschiede im Gefüge, in der chemische Zusammensetzung und in den chemischem Eigenschaften auf.

Hierdurch kann eine wesentlich bessere Haftung, insbesondere innerhalb der Umhüllmasse 20 erzielt werden. Ferner kann die Ausbreitung von Rissen an den

Grenzflächen der diskreten Schichten 24, 24‘, 24“ bzw. an den funktionellen Grenzschichten 32 effizient gestoppt werden.

In Fig. 2 ist eine weitere erfindungsgemäße elektrische Vorrichtung 10‘ dargestellt. Die elektrische Vorrichtung 10‘ ist analog zu der Vorrichtung 10 aus Fig. 1 aufgebaut. Die elektrische Vorrichtung 10‘ weist jedoch zum einen eine Vielzahl von elektrischen Bauteilen 12, 12‘ auf. Die elektrischen Bauteile 12, 12‘ umfassen ein Halbleiterbauelement 12 und ein Sensorelement 12‘. Die Umhüllmasse 20‘ bzw. das Schichtsystem 22‘ umhüllen hierbei alle elektrischen Bauteile 12, 12‘. Zum anderen sind die Umüllmasse 20‘ und das Schichtsystem 22 planar ausgebildet.

Die elektrischen Vorrichtung 10‘ weist erfindungsgemäß ebenfalls einen Gradienten in Dickenrichtung 30 des Schichtsystems 22‘ auf. Im Gegensatz zu dem Ausführungsbeispiel aus Fig. 1 handelt es sich jedoch hierbei um einen Hydratationsgradienten bzw. einen Gradienten des Hydratationsgrades. Wie vorangehend erläutert, gibt der Hydratationsgrad an, zu wieviel Prozent der in der Zementmasse vorhandene Zement durch Hydratation in Zementgel umgewandelt wurde und damit festigkeitsbildend wirkt. Hierbei nimmt der Gradient und damit Hydratationsgrad in Dickenrichtung 30 des Schichtsystems 22‘ nach außen ab. Der Hydratationsgrad innerhalb jeder der diskreten Schichten 24, 24‘, 24“ ist hierbei wiederum im Wesentlichen gleich. Der Hydratationsgrad nimmt lediglich von einer diskreten Schicht 24, 24‘ zu der nächsten diskreten Schichten 24‘, 24“ stufenweise zu. Demnach weist die erste diskrete Schicht 24 den höchsten Hydratationsgrad und die dritte diskrete Schicht 24“ den geringsten Hydratationsgrad auf.

Fig. 3 zeigt eine weitere erfindungsgemäße elektrische Vorrichtung 10“. Die elektrische Vorrichtung 10“ ist analog zu der Vorrichtung 10‘ aus Fig. 2 aufgebaut und weist somit ebenfalls einen Vielzahl von elektrischen Bauteilen 12, 12‘ sowie einen planaren Aufbau auf. Im Gegensatz zu dem Ausführungsbeispiel aus Fig. 2 weist das Schichtsystem 22“ zusätzlich Pfade 34 auf. Die Pfade 34 sind Teile der diskreten Schichten und erstrecken sich von einer relativ zu den elektrischen Bauteilen 12, 12‘ weiter außen angeordneten diskreten Schicht 24‘, 24“ durch die dazwischen angeordnete Schicht 24 bzw. Schichten 24, 24‘ bis zu einem der

elektrischen Bauteile 12, 12‘. Einer der Pfade 34, welcher Teil der dritten diskreten Schicht 24“ ist und ebenfalls die Zementmasse 26“ aufweist, erstreckt sich durch die erste diskrete Schicht 24 und die zweite diskrete Schicht 24‘ bis zu dem elektrischen Bauteil 12. Demnach wird das elektrische Bauteil 12 sowohl von der ersten diskreten Schicht 24 als auch von der dritten diskreten Schicht 24“ kontaktiert. Einer weiterer Pfad 34, welcher Teil der zweiten diskreten Schicht 24‘ ist und ebenfalls die Zementmasse 26‘ aufweist, erstreckt sich durch die erste diskrete Schicht 24 bis zu dem elektrischen Bauteil 12‘. Demnach wird das elektrische Bauteil 12‘ sowohl von der ersten diskreten Schicht 24 als auch von der zweiten diskreten Schicht 24“ kontaktiert. Die Pfade 34 bilden hierbei Wärmepfade aus, bspw. dadurch, dass die beiden Zementmassen 26, 26‘, 26“ der diskreten Schichten 24, 24‘, 24“ jeweils unterschiedliche Wärmeleitfähigkeiten aufweisen, so dass eine gezielte und damit schnellere Wärmeabfuhr an die Umgebung erreicht werden kann.

Bei der Herstellung der erfindungsgemäßen elektrischen Vorrichtung 10 werden zunächst die Zementmassen 26, 26‘, 26“, bspw. in Pulverform bereitgestellt. In jede der Zementmassen 26, 26‘, 26“ wird anschließend der Füllstoff 28 mit jeweils unterschiedlicher Partikelgröße eingemischt, so dass drei Zementmassen 26, 26‘, 26“ mit im Wesentlichen gleicher Füllstoffkonzentration aber unterschiedlicher Partikelgröße an Füllstoff 28 resultieren. Im Anschluss wird eine flüssige Komponente, bspw. Wasser mit ggf. dem Flussmittel Melflux jeweils in die Zementmassen 26, 26‘, 26“ beigemischt. Die erste feuchte Zementmasse 26 mit der geringsten Partikelgröße wird dann evakuiert, auf das elektrische Bauteil 12 aufgebracht und als erste diskrete Schicht 24 in Form gebracht, bspw. mittels Spritzgießen oder Vergießen in Formen. Darauf folgend wird die erste Zementmasse 26 wärmebehandelt bzw. getempert, bspw. bei 60°C und 90% relativer Luftfeuchtigkeit, wodurch eine vollständige oder partielle Gelbildung, Kristallisation, Vernadelung und Aushärtung der ersten diskreten Schicht 24 erfolgt. Hierbei beugt die Luftfeuchte einem Wasserverlust (Wasser-Zement-Wert) vor und die Temperatur bewirkt eine Ausbildung der gewünschten Strukturen. Anschließend wird die zweite feuchte Zementmass 26‘ mit der mittleren Partikelgröße evakuiert, auf die erste diskrete Schicht 24 aufgebracht und als zweite diskrete Schicht 24‘ in Form gebracht, bspw. mittels Spritzgießen oder Vergießen in Formen. Darauf folgend wird die zweite Zementmasse 26‘

wärmebehandelt bzw. getempert, bspw. bei 60°C und 90% relativer Luftfeuchtigkeit, wodurch eine vollständige oder partielle Gelbildung, Kristallisation, Vernadelung und Aushärtung der zweiten diskreten Schicht 24' erfolgt. Hierbei bildet sich ggf. eine funktionelle Grenzschicht 32 zwischen der ersten und der zweiten diskreten Schicht 24, 24' aus. Anschließend wird die dritte feuchte Zementmass 26" mit der größten Partikelgröße evakuiert, auf die zweite diskrete Schicht 24' aufgebracht und als dritte diskrete Schicht 24" in Form gebracht, bspw. mittels Spritzgießen oder Vergießen in Formen. Darauf folgend wird die dritte Zementmasse 26" wärmebehandelt bzw. getempert, bspw. bei 60°C und 90% relativer Luftfeuchtigkeit, wodurch eine vollständige oder partielle Gelbildung, Kristallisation, Vernadelung und Aushärtung der dritten diskreten Schicht 24" erfolgt. Hierbei bildet sich ggf. eine funktionelle Grenzschicht 32 zwischen der zweiten und der dritten diskreten Schicht 24', 24" aus. Schließlich wird die Umhüllmasse 20 bzw. das Schichtsystem 22 optional behandelt, dann entformt und ausgelagert, bspw. bei 300°C.

Ansprüche

1) Elektrische Vorrichtung mit einem elektrischen Bauteil (12, 12‘), welches von einer eine Zementmasse (26) aufweisenden Umhüllmasse (20; 20‘; 20“) zumindest teilweise umhüllt ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Umhüllmasse (20; 20‘; 20“) ein Schichtsystem (22; 22‘; 22“) aus mindestens zwei diskreten Schichten (24, 24‘, 24“) mit jeweils einer Zementmasse (26, 26‘, 26“) aufweist.

2) Elektrische Vorrichtung (10) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens eine der Zementmassen (26, 26‘, 26“) Tonerdezement aufweist oder aus Tonerdezement besteht.

3) Elektrische Vorrichtung (10) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Schichtsystem (22; 22‘; 22“) mindestens eine weitere diskrete Schichte (24, 24‘, 24“) mit jeweils einer Zementmasse (26, 26‘, 26“) aufweist.

4) Elektrische Vorrichtung (10) nach einem der vorgehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Schichtsystem (22; 22‘; 22“) zwischen mindestens zwei der diskreten Schichten (24, 24‘, 24“) eine funktionelle Grenzschicht (32) aufweist.

5) Elektrische Vorrichtung (10) nach einem der vorgehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens zwei der diskreten Schichten (24, 24‘, 24“) teilweise an dem elektrischen Bauteil (12, 12‘) angeordnet sind.

6) Elektrische Vorrichtung (10) nach einem der vorgehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Schichtsystem (22; 22‘; 22“) einen Gradienten in Dickenrichtung (30) des Schichtsystems (22; 22‘; 22“) aufweist.

7) Elektrische Vorrichtung (10) nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Gradient stufenweise bezüglich der diskreten Schichten (24, 24‘, 24“) des Schichtsystems (22; 22‘; 22“) ausgebildet ist.

8) Elektrische Vorrichtung (10) nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Gradient ein Gradient der chemischen und/oder physikalischen Eigenschaften der Zementmassen (26, 26‘, 26“) ist.

9) Elektrische Vorrichtung (10) nach einem der Ansprüche 6 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Gradient ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus: Porositätsgradient, insbesondere Gradient der Porengröße und/oder der Porenanzahl, Dichtegradient, Schichtdickengradient, Hydratationsgradient, Gradient der Zusammensetzung, Konzentrationsgradient eines Zementwirkstoffes, Konzentrationsgradient einer reagierenden chemischen Funktion des Zements, Konzentrationsgradient eines Füllstoffes (28), Partikelgrößengradient eines Füllstoffes (28).

10) Elektrische Vorrichtung (10) nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Füllstoff (28) ein Material aufweist oder aus einem Material besteht, welches ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus: organisches Material, insbesondere Polymer, anorganisches Material, anorganisches Material, insbesondere keramischer Werkstoff, Glas und metallisches Material.

11) Elektrische Vorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das elektrische Bauteil (12, 12‘) ein Halbleiterbauelement (12), ein Sensorelement (12‘), eine Induktivität, eine Kapazität, eine Batteriezelle, ein Batteriemodul oder eine Schaltungsanordnung ist.

12) Verfahren zur Herstellung einer elektrischen Vorrichtung (10) mit einem elektrischen Bauteil (12, 12‘), welches von einer eine Zementmasse (26) aufweisenden Umhüllmasse (20; 20‘; 20“) zumindest teilweise umhüllt wird, insbesondere nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit folgenden Schritten:

- Bereitstellen mindestens einer ersten und einer zweiten Zementmasse (26, 26‘, 26“);
- Aufbringen der ersten Zementmasse (26) als erste diskrete Schicht (24) auf das elektrische Bauteil (12, 12‘);

- Aufbringen der zweiten Zementmasse (26‘) als zweite diskrete Schicht (24‘) auf die erste diskrete Schicht (24), um ein Schichtsystem (22; 22‘; 22“) der Umhüllmasse (20; 20‘; 20“) zu bilden; und
- Behandeln mindestens einer der Zementmassen (26, 26‘) der diskreten Schichten (24, 24‘).

13) Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Schritt des Behandelns der Zementmassen (26, 26‘, 26“) der diskreten Schichten (24, 24‘, 24“) zumindest eine der folgenden Behandlungen umfasst:
- Wärmebehandlung der Zementmassen (26, 26‘, 26“);
- Aussetzen der Zementmassen (26, 26‘, 26“) in einer definierten Gasatmosphäre;
- Beaufschlagung der Zementmassen (26, 26‘, 26“) mit einem definierten Druck;
- Beaufschlagung der Zementmassen (26, 26‘, 26“) mit elektromagnetischer Strahlung.

14) Verfahren nach Anspruch 12 oder 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zementmassen (26, 26‘, 26“) jeweils derart ausgebildet und/oder aufgebracht und/oder behandelt werden, dass in dem Schichtsystem (22; 22‘; 22“) ein stufenweiser Gradient bezüglich der diskreten Schichten (24, 24‘, 24“) des Schichtsystems (22; 22‘; 22“) gebildet wird.

15) Verwendung eines Schichtsystems (22; 22‘; 22“) als Umhüllmasse (20; 20‘; 20“) für ein elektrisches Bauteil (12, 12‘) einer elektrischen Vorrichtung (10), insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 11 oder hergestellt nach einem der Ansprüche 12 bis 14, wobei das Schichtsystem (22; 22‘; 22“) mindestens zwei diskrete Schichten (24, 24‘, 24“) mit jeweils einer Zementmasse (26, 26‘, 26“) aufweist.

Zusammenfassung

Es wird eine elektrische Vorrichtung mit einem elektrischen Bauteil (12), welches von einer eine Zementmasse (22) aufweisenden Umhüllmasse (20) zumindest teilweise umhüllt ist vorgeschlagen, wobei die Umhüllmasse (20) ein Schichtsystem (22) aus mindestens zwei diskreten Schichten (22) mit jeweils einer Zementmasse (22, 22‘, 22“) aufweist.

(Figur 1)

Fig. 1

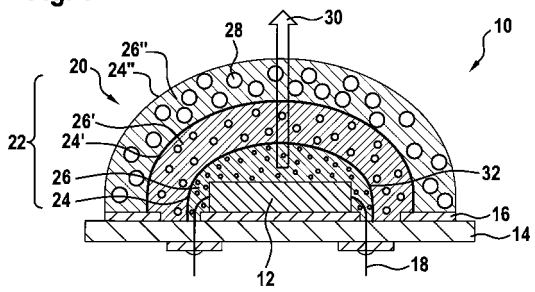


Fig. 2

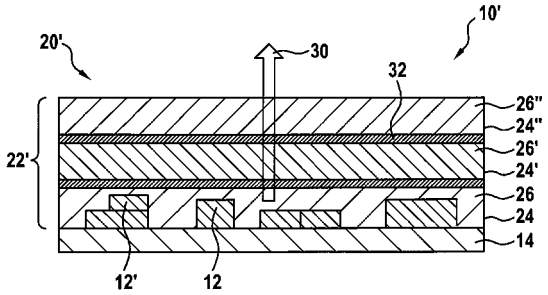


Fig. 3

