



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**02.04.2003 Patentblatt 2003/14**

(51) Int Cl.7: **H01F 27/32**

(21) Anmeldenummer: **02090339.9**

(22) Anmeldetag: **19.09.2002**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR  
IE IT LI LU MC NL PT SE SK TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**AL LT LV MK RO SI**

(71) Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT  
80333 München (DE)**

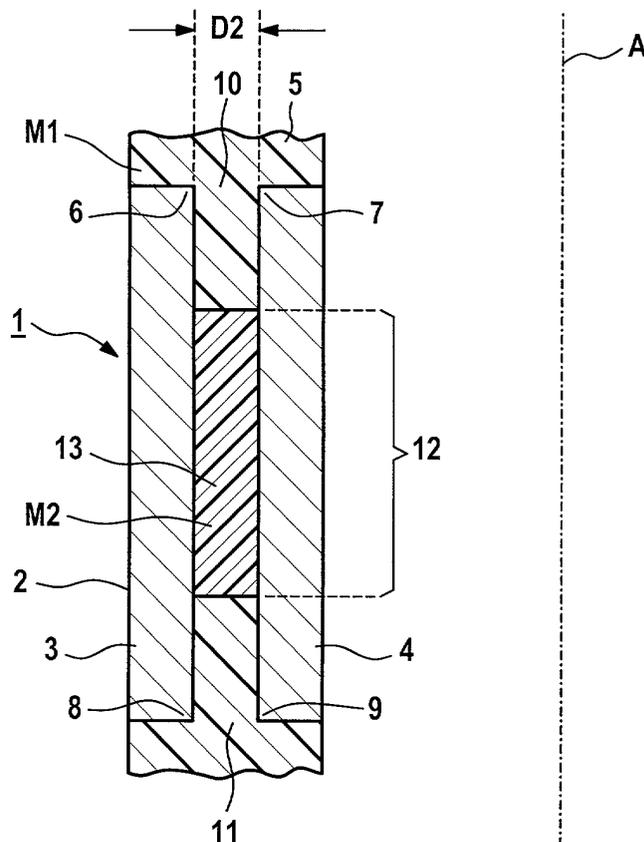
(72) Erfinder: **Sorg, Fritz  
70180 Stuttgart (DE)**

(30) Priorität: **28.09.2001 DE 10148945**

(54) **Elektrische Bandwicklung**

(57) Die Erfindung betrifft eine Elektrische Bandwicklung (1, 14, 18, 47) mit zumindest zwei mit einem elektrischen Bandleiter (2, 15, 19, 48) gebildeten Windungen (2, 3; 20, 21), die gegeneinander mit einer dazwischenliegenden Isolierung (5, 23, 51) elektrisch isoliert sind. Um den Aufwand für die elektrische Bandwick-

lung (1, 14, 18, 47) zu verringern ist vorgesehen, dass die elektrische Isolierung (5, 23, 51) in ihren an den Längskanten (6, 7, 8, 9; 24, 25, 26, 27; 53, 54, 55, 56) des Bandleiters (2, 15, 19, 48) anliegenden Bereichen (10, 11; 32, 33; 57, 58) eine größere Isolationsfestigkeit aufweist, als in ihrem dazwischenliegenden mittleren Bereich (12, 36, 61).



**FIG 1**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine elektrische Bandwicklung mit zumindest zwei mit einem elektrischen Bandleiter gebildeten Windungen, die gegeneinander mit einer dazwischenliegenden Isolierung elektrisch isoliert sind.

**[0002]** Eine solche Bandwicklung ist aus der europäischen Patentschrift EP 0 256 329 B1 bekannt. Bei der dort beschriebenen Bandwicklung ist mit einem elektrischen Bandleiter eine elektrische Wicklung mit mehreren Windungen gebildet; die einzelnen Windungen sind gegeneinander mit einer jeweils dazwischen liegenden, als durchgehende Folie aus elektrischem Isolierstoff bestehenden Isolierung gegeneinander elektrisch isoliert. Die als Folie ausgebildete Isolierung weist eine größere Breite auf, als der Bandleiter, so dass sie auf beiden Stirnseiten der Wicklung herausragt. An den Stirnseiten ist die Wicklung mit einem Gießharz vergossen. Die Folie, aus der die elektrische Isolierung gebildet ist, weist eine konstante Dicke und eine elektrische Isolationsfestigkeit auf, die anhand der größten elektrischen Spannung im Betrieb ausgesetzt ist, bemessen ist.

**[0003]** Aufgabe der Erfindung ist es, eine elektrische Bandwicklung der eingangs genannten Art anzugeben, die einen vergleichsweise geringen Aufwand erfordert.

**[0004]** Die Aufgabe wird bei einer elektrischen Bandwicklung der eingangs genannten Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass die elektrische Isolierung in ihren an den Längskanten des Bandleiters anliegenden Bereichen eine größere Isolationsfestigkeit aufweist, als in ihrem dazwischenliegenden mittleren Bereich. Die Erfindung macht sich zunutze, dass die größte an der Isolierung im Betrieb auftretende elektrische Spannung lediglich im Bereich der Längskanten des Bandleiters auftritt. Dies ist auch darauf zurückzuführen, dass bei der Herstellung des Bandleiters, also dem Schneiden des Bandleiters aus einem breiteren Band oder Blech, an dessen Längskanten Grat entsteht oder Späne stehen bleiben. Im mittleren Bereich ist die Isolierung jedoch einer geringeren elektrischen Spannung ausgesetzt. Entsprechend ist auch die Gefahr eines Überschlags zwischen den beiden Windungen an dem an den Längskanten anliegenden Bereich der Isolierung größer als im mittleren Bereich. Im mittleren Bereich kann daher die elektrische Isolationsfestigkeit der Isolierung geringer sein, als in den an den Längskanten des Bandleiters anliegenden Bereichen der Isolierung. Insoweit ist also die Isolierung der erfindungsgemäßen elektrischen Bandwicklung im Vergleich zum Stand der Technik nicht über die gesamte Breite des Bandleiters gleichbleibend mit der hohen Isolationsfestigkeit, wie sie für die wirksame elektrische Isolierung der Windungen an den Längskanten des Bandleiters erforderlich ist, ausgebildet, sondern weist im mittleren Bereich eine geringere Isolationsfestigkeit auf. Dadurch ist die elektrische Isolierung der erfindungsgemäßen Bandwicklung kostengünstiger, da mit geringer werdender Isolationsfestig-

keit auch der Preis für die Isolierung geringer wird. Insoweit erfordert die erfindungsgemäße elektrische Bandwicklung also einen geringeren Aufwand als die elektrische Bandwicklung nach dem Stand der Technik.

**[0005]** Vorzugsweise ist die elektrische Isolierung in den an den Längskanten des Bandleiters anliegenden Bereichen mit einem ersten Material mit einer ersten Isolationsfestigkeit und in dem mittleren Bereich mit einem zweiten Material mit einer zweiten, gegenüber der ersten Isolationsfestigkeit kleineren Isolationsfestigkeit gebildet. Mit den Materialien unterschiedlicher Isolationsfestigkeit wird den unterschiedlichen Anforderungen an die elektrische Durchschlagsfestigkeit der Isolation in den unterschiedlichen Bereichen Rechnung getragen. Die Ausbildung der elektrischen Isolierung mit dem ersten und zweiten Material kann beispielsweise dadurch erreicht werden, dass zunächst eine Isolierung aus dem ersten Material vorgesehen ist, die sich über die gesamte Breite des Bandleiters erstreckt, wobei nachträglich durch eine entsprechende Behandlung des ersten Materials in den an der Längskante des Bandleiters anliegenden Bereichen - beispielsweise durch eine Dotierung - das erste Material hinsichtlich seiner Isolationsfestigkeit verändert und damit zum zweiten Material umgestaltet wird.

**[0006]** Die Isolierung kann beispielsweise mit Folien aus Isolierstoff oder auch mit einem giessbaren Isolierstoff gebildet sein. Vorzugsweise ist die elektrische Isolierung in den an den Längskanten des Bandleiters anliegenden Bereichen aus einem eingegossenen Gießharz gebildet und der mittlere Bereich ist mit einer Folie gebildet, die beim Eingießen des Gießharzes als Abstandshalter dient. Bei dieser Ausgestaltung bildet die Folie im mittleren Bereich einerseits einen Teil der elektrischen Isolierung der beiden Windungen gegeneinander, andererseits dient sie als Abstandshalter zwischen den beiden Windungen, so dass beim Herstellen der Isolierung flüssiges Gießharz zwischen die beiden Windungen eintreten kann. Diese Ausgestaltung ist besonders vorteilhaft in den Fällen, in den die elektrische Bandwicklung ohnehin mit einem Gießharz vergossen wird. Die unterschiedliche Isolationsfestigkeit in den genannten Bereichen der Isolierung kann - wie schon oben erwähnt - vorteilhaft durch eine entsprechende Wahl der für das Gießharz und für die Folie verwendeten Materialien erreicht werden.

**[0007]** In einer bevorzugten Ausgestaltung weist die elektrische Isolierung in den an den Längskanten des Bandleiters anliegenden Bereichen jeweils eine größere Dicke auf, als im mittleren Bereich. Die unterschiedliche Wahl der Dicken in den genannten Bereichen bietet eine weitere oder zusätzliche gute Möglichkeit, die elektrische Isolationsfestigkeit der Isolierung in den an den Längskanten anliegenden Bereichen im Vergleich zum mittleren Bereich unterschiedlich zu bemessen. Darüber hinaus ergibt sich der Vorteil, dass die Wärmeabfuhr aus dem mittleren Bereich verbessert ist, weil dort weniger Isolationsmaterial eingebracht ist.

**[0008]** Die Dicke der elektrischen Isolierung kann sich über die Breite des Bandleiters betrachtet kontinuierlich oder auch sprunghaft ändern. Bevorzugt weist die Isolierung in den an den Längskanten des Bandleiters anliegenden Bereichen mehr Lagen auf, als im mittleren Bereich. Durch die entsprechende Wahl der Anzahl an Lagen lässt sich sehr einfach eine unterschiedliche Dicke in den unterschiedlichen Bereichen der Isolierung erreichen, wodurch auch die unterschiedliche elektrische Isolationsfestigkeit entsprechend eingestellt werden kann. Die Isolierung kann dabei mit einer Folie mit konstanter Isolationsfestigkeit gebildet sein, die mit unterschiedlich vielen Lagen in den an den Längskanten anliegenden Bereichen im Vergleich zum mittleren Bereich gelegt sind.

**[0009]** In einer bevorzugten Ausgestaltung erstreckt sich die Isolierung über die Längskanten hinaus nach außen. Damit ist die Wahrscheinlichkeit eines elektrischen Überschlags von einer Windung zur anderen weiter verringert, weil ein solcher Überschlag um die nach außen herausstehende elektrische Isolierung herum erfolgen müsste. Es ist also die Kriechstrecke zwischen den benachbarten Windungen verlängert.

**[0010]** Die elektrische Bandwicklung kann an ihren Stirnseiten, also dort, wo die Längskanten der Windungen liegen, mit einem Gießharz oder einem anderen Vergussmaterial vergossen sein. Vorzugsweise ist jedoch eine Fülllage aus Isolationsmaterial vorgesehen, die die gleiche Dicke wie der Bandleiter aufweist und an einer seiner Längskanten in seitlicher Fortsetzung des Bandleiters anschließt. Dadurch ist anstelle eines Verschließens der Stirnseiten mit einem Vergussmaterial ein entsprechender Schutz der Bandleiter bzw. der Wicklung an der Stirnseite erreicht, in dem die Isolierung und die Fülllage dicht an dicht liegt und damit die Windungen nach außen schützt. Es ist also kein Vergießen der Stirnseite erforderlich.

**[0011]** Die Fülllage kann beispielsweise nach dem Wickeln des elektrischen Bandleiters zu der elektrischen Bandwicklung eingebracht werden. Vorzugsweise ist jedoch die Fülllage an der Isolation befestigt; dadurch kann die Fülllage gemeinsam mit dem Einwickeln der Isolation zwischen den Windungen angebracht werden.

**[0012]** Die Isolierung kann, wie schon oben angesprochen, durch die zwischen den Windungen liegenden Folien ausgebildet sein. Vorzugsweise ist die Isolierung mit einer Schicht auf der Oberfläche des Bandleiters gebildet. Die Oberflächenschicht bildet also einen Bestandteil der elektrischen Isolierung. Dadurch, dass der Bandleiter selbst mit seiner Oberflächenschicht schon einen Teil der Isolierung trägt, ist die Fertigung der elektrischen Bandwicklung vereinfacht, weil der durch die Schicht auf der Oberfläche des Bandleiters gebildete Teil der Isolierung nicht mehr zusätzlich in einem gesonderten Verfahrensschritt eingebracht werden muss.

**[0013]** Die Schicht auf der Oberfläche des Bandleiters

kann durch eine entsprechende Oberflächenbehandlung des Bandleiters gebildet werden. Vorzugsweise besteht der Bandleiter aus Aluminium und die Schicht auf der Oberfläche des Bandleiters ist eine Aluminiumoxidschicht. Eine solche Aluminiumoxidschicht ist besonders einfach auf einem aus Aluminium bestehenden Leiter, beispielsweise durch Eloxieren, anzubringen.

**[0014]** Die Erfindung wird anhand der in der Zeichnung dargestellten Figuren näher erläutert. Gleiche Teile sind dabei mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

**[0015]** Die Figuren 1 bis 4 zeigen dabei jeweils ein Ausführungsbeispiel für eine elektrische Bandwicklung in einer Schnittdarstellung. Jede der Bandwicklungen umschließt dabei eine Achse A und ist der Einfachheit halber jeweils nur linksseitig der Achse A dargestellt.

**[0016]** In Figur 1 ist eine elektrische Bandwicklung 1 dargestellt, bei der mit einem elektrischen Bandleiter 2 zwei elektrische Windungen 3 und 4 gebildet sind. Zwischen den Windungen 3 und 4 ist eine elektrische Isolierung 5 vorgesehen. Die elektrische Isolierung ist dabei in den an den Längskanten 6 bis 9 des Bandleiters 2 anliegenden Bereichen 10 und 11 aus einem ersten Material M1, einem eingegossenen Gießharz gebildet. Zwischen den Bereichen 10 und 11 liegenden mittleren Bereich 12 der Isolierung 5 ist eine Folie 13 aus einem zweiten Material M2, einem anderen Isolationswerkstoff vorgesehen. Das Gießharz weist eine erste elektrische Isolationsfestigkeit auf, die im Vergleich zur zweiten elektrischen Isolationsfestigkeit des Isolationswerkstoffs M2 der Folie 13 geringer ist. Im Vergleich zum in der Beschreibungseinleitung genannten Stand der Technik muss der Isolationswerkstoff der Folie 13 nur eine geringe Isolationsfestigkeit aufweisen. Entscheidend ist, dass die Längskanten 6 und 7 bzw. 8 und 9 gegeneinander mit einem Material mit hoher Isolationsfestigkeit - hier dem Gießharz - gegeneinander elektrisch isoliert sind. Die Folie 13 wird bei der Fertigung der elektrischen Bandwicklung 1 zwischen die Windungen 3 und 4 gewickelt; anschließend wird die elektrische Bandwicklung stirnseitig mit Gießharz vergossen. Das Gießharz tritt dabei in die Bereiche 10 und 11 ein. Die Folie 13 dient also als Abstandshalter zwischen den Windungen 3 und 4.

**[0017]** In Figur 2 ist eine gegenüber der elektrischen Bandwicklung 1 nach Figur 1 modifizierte elektrische Bandwicklung 14 dargestellt. Die elektrische Bandwicklung 14 unterscheidet sich von der Bandwicklung nach Figur 1 dadurch, dass hier ein Bandleiter 15 vorgesehen ist, der elektrisch isolierende Oberflächenschichten 16 und 17 trägt. Der Bandleiter 15 kann beispielsweise aus Aluminium bestehen und die Oberflächenschichten 16 und 17 können dann durch eine Aluminiumoxidschicht gebildet sein. Die Oberflächenschichten 16 und 17 bilden beide einen Teil der Isolierung 5. Dadurch, dass die Oberflächenschichten 16 und 17 vorhanden sind, kann der Abstand D1 zwischen den beiden Windungen 3 und 4 sehr viel kleiner gewählt als der entsprechende Abstand D2 bei der elektrischen Bandwicklung 1 nach Fi-

gur 1. Dadurch ist Material für die Isolierung 5 eingespart und die elektrische Bandwicklung 14 kann kompakter aufgebaut sein als die elektrische Bandwicklung 1 nach Figur 1. Der Bandleiter 15 kann auch an seinen Stirnseiten mit jeweils einer isolierenden Oberflächenschicht elektrisch isoliert sein; die Oberflächenschichten können auch zu einer durchgehenden Oberflächenschicht verbunden sein. Dadurch ist der Bandleiter 15 auch stirnseitig isoliert.

**[0018]** In Figur 3 ist eine elektrische Bandwicklung 18 dargestellt, bei der mit einem elektrischen Bandleiter 19 drei Windungen 20 bis 21 gebildet sind. Der elektrische Bandleiter 19 weist auch hier Oberflächenschichten 16 bzw. 17. Diese Oberflächenschichten 16 und 17 bilden jeweils einen Teil einer elektrischen Isolierung 23, die zusätzlich an den Längskanten 24 bis 27 liegenden Bereichen 32 und 33 jeweils eine Lage 34 bzw. 35 einer Folie aus einem elektrischen Isolierstoff aufweist. Im mittleren Bereich 36 der Isolierung 23 ist außer den Oberflächenschichten 16 und 17 kein zusätzliches Isolationsmaterial vorgesehen. Der mittlere Bereich 36 ist also freibleibend dargestellt; in der Praxis sind die Lagen 34 und 35 sehr dünn, so dass im mittleren Bereich 36 die Windungen 20 und 21 nahezu aneinander liegen. Zur Isolierung der Windungen 21 und 22 sind ebenfalls noch zusätzlich die Lagen 35 und 38 aus dem elektrischen Isolierstoff vorgesehen, die Lagen 33 und 37 können hier aus einer fortlaufend gewickelten Folie gebildet sein; gleiches gilt für die Lagen 34 und 38. Insoweit ist also die Isolierung 23 in den an den Längskanten 24 und 25 bzw. 26 und 27 anliegenden Bereichen einlagig - nämlich mit der Lage 34 - und im mittleren Bereich 36 ohne eine einzige Lage, also mit weniger Lagen ausgeführt.

Um die elektrische Bandwicklung 18 stirnseitig zu verschließen, sind die Fülllagen 39 bis 44 vorgesehen. Diese sind jeweils aus einem elektrischen Isolierstoff gebildet und weisen die gleiche Dicke D3 auf wie der elektrische Bandleiter 19. Die Fülllagen 39 bis 44 sind jeweils mit den Lagen 34, 35 bzw. 37, 38 der Isolierung 23 verbunden und liegen an diesen an. Mit den Lagen 34, 37 und den Fülllagen 44, 39, 45 ist stirnseitig eine nach außen abgeschlossene Oberfläche 45 gebildet; gleiches gilt für die Lagen 34 und 38 sowie die Fülllagen 41, 42 und 43, mit denen die nach außen abgeschlossene Oberfläche 46 gebildet ist.

**[0019]** In Figur 4 ist eine weitere elektrische Bandwicklung 47 dargestellt, bei der mit einem Bandleiter 48 zwei Windungen 49 und 50 gebildet sind. Die beiden Windungen 49 und 50 sind durch eine elektrische Isolierung 51 elektrisch gegeneinander isoliert. Die elektrische Isolierung 51 weist eine sich über die gesamte Breite des Bandleiters 47 und über die Längskanten 53 bis 56 des Bandleiters 48 hinaus erstreckende Lage 52 aus einem elektrischen Isolierstoff auf. In den an den Längskanten 53 und 54 bzw. 55 und 56 anliegenden Bereichen 57, bzw. 58 ist jeweils eine zusätzliche Lage 59 bzw. 60 aus einem elektrischen Isolierstoff vorgesehen.

In ihrem mittleren Bereich 61 wird die Isolierung 51 nur durch die Lage 52 gebildet. Somit weist die elektrische Isolierung 51 in den Bereichen 57 und 58 an den Längskanten 53 und 54 bzw. 55 und 56 eine höhere Isolationsfestigkeit auf als im mittleren Bereich 61. Da im mittleren Bereich 61 - wie schon oben erwähnt - die Isolierung 51 nur mit der Lage 52 gewickelt ist, liegen dort die Windungen 49 und 50 dort - wie gezeigt - aneinander an; insoweit ist also der Bandleiter 48 in den Windungen 49 und 50 gewölbt. Die Wölbung des Bandleiters 48 kann gezielt beim Wickeln unterstützt werden. Die Isolierung 51 weist also in den an den Längskanten 53, 54, 55, 56 liegenden Bereichen 57 und 58 eine Dicke D4 bzw. D5 auf, die größer ist als die Dicke D6 im mittleren Bereich 61 der Isolierung 51.

### Patentansprüche

1. Elektrische Bandwicklung (1, 14, 18, 47) mit zumindest zwei mit einem elektrischen Bandleiter (2, 15, 19, 48) gebildeten Windungen (2, 3; 20, 21), die gegeneinander mit einer dazwischenliegenden Isolierung (5, 23, 51) elektrisch isoliert sind, **dadurch gekennzeichnet, dass** die elektrische Isolierung (5, 23, 51) in ihren an den Längskanten (6, 7, 8, 9; 24, 25, 26, 27; 53, 54, 55, 56) des Bandleiters (2, 15, 19, 48) anliegenden Bereichen (10, 11; 32, 33; 57, 58) eine größere Isolationsfestigkeit aufweist, als in ihrem dazwischenliegenden mittleren Bereich (12, 36, 61).
2. Elektrische Bandwicklung (1, 14, 18, 47) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die elektrische Isolierung (5, 23, 51) in den an den Längskanten (6-9; 24-27; 53-56) des Bandleiters (2, 15, 19, 48) anliegenden Bereichen (10, 11; 32, 33; 57, 58) mit einem ersten Material (M1) mit einer ersten Isolationsfestigkeit und in dem mittleren Bereich (12, 36, 61) mit einem zweiten Material (M2) mit einer zweiten, gegenüber der ersten Isolationsfestigkeit kleineren Isolationsfestigkeit gebildet ist.
3. Elektrische Bandwicklung (1, 14) nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die elektrische Isolierung (5) in den an den Längskanten (6, 7, 8, 9) des Bandleiters (2, 15) anliegenden Bereichen (10, 11) aus einem eingegossenen Gießharz gebildet ist und der mittlere Bereich (12) mit einer Folie (13) gebildet ist, die beim Eingießen des Gießharzes als Abstandshalter dient.
4. Elektrische Bandwicklung (47) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die elektrische Isolierung (51) in den an den Längskanten (51-56) des Bandleiters (48) anliegenden

Bereichen (57, 58) jeweils eine größere Dicke (D4, D5) aufweist, als in dem mittleren Bereich (61).

5. Elektrische Bandwicklung (14) nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Isolierung (51) in den an den Längskanten (53-56) des Bandleiters (48) anliegenden Bereichen (57, 58) mehr Lagen aufweist, als im mittleren Bereich (61). 5  
10
6. Elektrische Bandwicklung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich die Isolierung (5, 23, 51) über die Längskanten (6-9; 24-27; 53-56) hinaus nach aussen erstreckt. 15
7. Elektrische Bandwicklung (18) nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** zusätzlich eine Fülllage (39-44) aus Isolationsmaterial vorgesehen ist, die die gleiche Dicke (D3) wie der Bandleiter (19) aufweist und an einer seiner Längskanten (24-31) in seitlicher Fortsetzung des Bandleiters (19) anschließt. 20
8. Elektrische Bandwicklung (18) nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Fülllage (39-44) an der Isolierung (23) befestigt ist. 25
9. Elektrische Wicklungsanordnung (14, 18) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Isolierung (5, 23) mit einer Schicht auf der Oberfläche (16, 17) des Bandleiters (15, 19) gebildet ist. 30  
35
10. Elektrische Wicklungsanordnung (14, 18) nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Bandleiter (15, 19) aus Aluminium besteht und die Schicht (16, 17) auf der Oberfläche des Bandleiters (15, 19) eine Aluminiumoxidschicht ist. 40

45

50

55



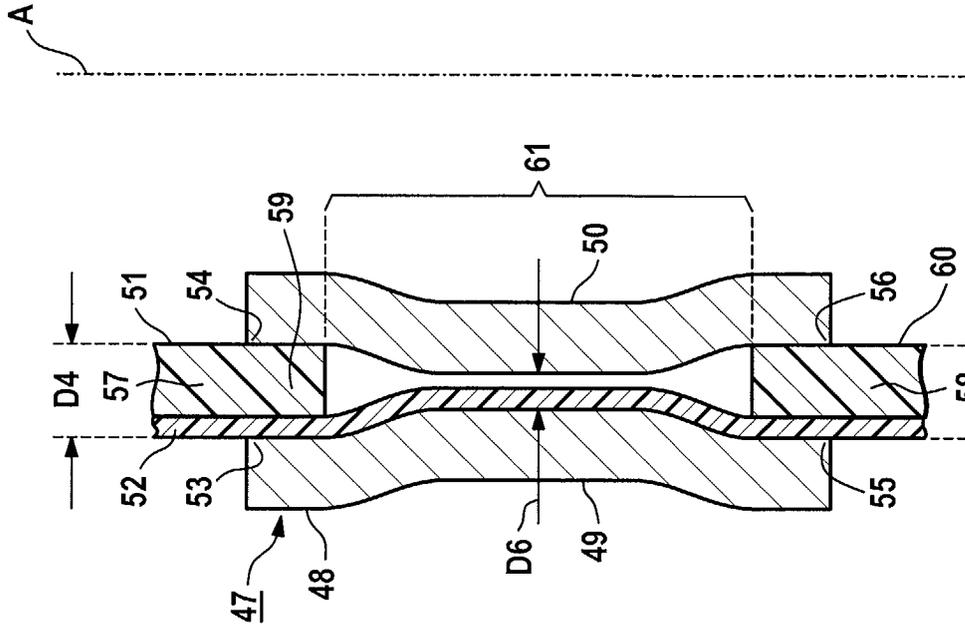


FIG 4

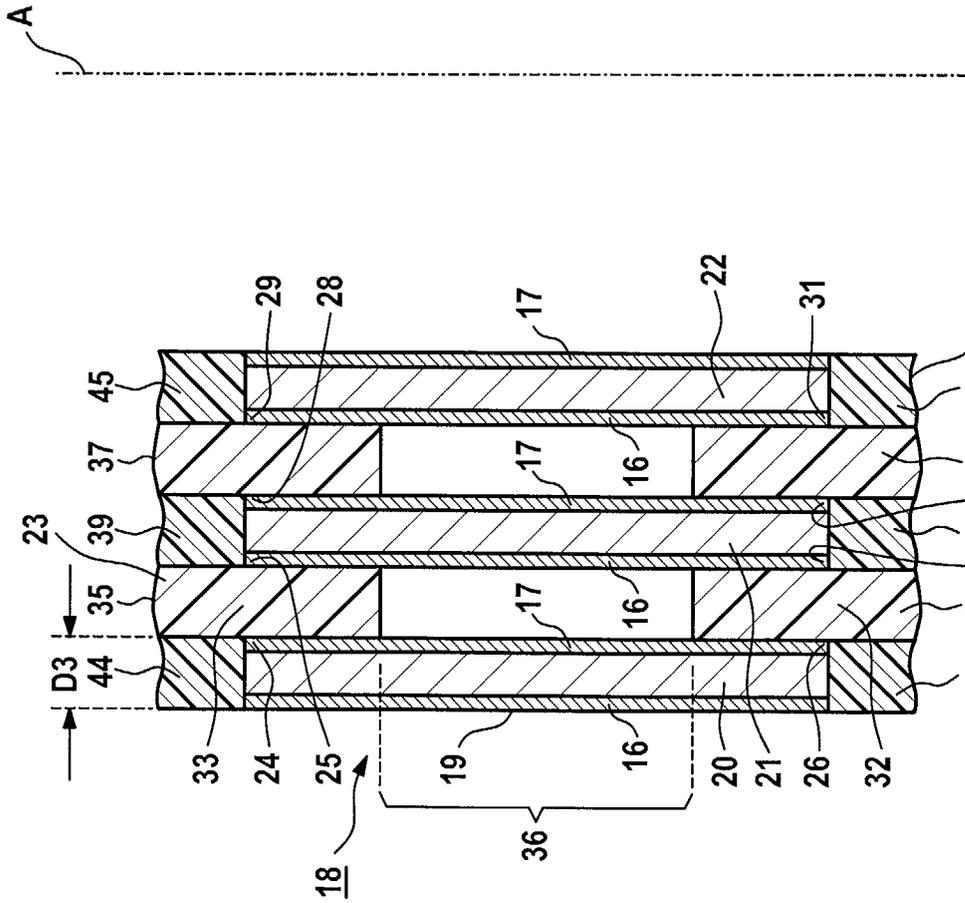


FIG 3