

WO 2007/144277 A1



(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung bezieht sich insbesondere auf eine Festkörperaktor-Antriebsvorrichtung mit einer Festkörperaktor-Antriebsvorrichtungs-Steuereinrichtung mit einem ersten Anschluss (13) zum Ansteuern eines ersten Festkörperaktors (1), einem zweiten Anschluss (14) zum Ansteuern eines weiteren Festkörperaktors (1*) und einer Steuerschaltung (10) zum Laden und Entladen der Festkörperaktoren (1, 1*) derart, dass diese eine Welle (4), welche in einer kreisförmigen Antriebskörperöffnung (5) eines Antriebskörpers (3) gelagert ist, antreiben, wobei die Steuerschaltung (10) geschaltet und/oder angesteuert ist zum Umladen von Ladung (Q) aus dem ersten Festkörperaktor (1) in den weiteren Festkörperaktor (1*) beim Laden des weiteren Festkörperaktors (1*).

Beschreibung

Festkörperaktor-Antriebsvorrichtung-Steuereinrichtung, Verfahren zum Antreiben einer Festkörperaktor-Antriebs-
5 vorrichtung bzw. Festkörperaktor-Antriebsvorrichtung

Die Erfindung bezieht sich auf eine Festkörperaktor-Antriebs-
vorrichtung-Steuereinrichtung mit den oberbegrifflichen
10 Merkmalen gemäß Anspruch 1, auf ein Verfahren zum Antreiben
einer Festkörperaktor-Antriebsvorrichtung mit den oberbe-
grifflichen Merkmalen gemäß Anspruch 6 bzw. auf eine Festkörper-
aktor-Antriebsvorrichtung.

EP 1098429 B1 beschreibt eine Festkörperaktor-Antriebs-
15 vorrichtung in Art eines Rotationsantriebs, bei dem ein ring-
förmiger Antriebskörper mit Hilfe elektromechanischer Fest-
körperaktoren betätigt wird. Eine Welle führt durch eine An-
triebskörperöffnung, wobei die Welle an einer Wandung der
kreisförmigen Antriebskörperöffnung reibschlüssig anliegt.
20 Die Festkörperaktoren versetzen den Antriebskörper in eine
umlaufende, translatorische Bewegung, welche eine Rotation
der Welle bewirkt.

Für die Festkörperaktoren bietet sich insbesondere ein Ein-
25 satz von in Großserie für die Einspritztechnik gefertigten
und daher preisgünstig verfügbaren piezoelektrischen Viel-
schichtaktoren an. Bei der dargestellten Ausführungsform
stützen sich die beiden Festkörperaktoren als Linearantriebs-
elemente mit ihrem vom Antriebskörper abgewandten Ende an ei-
30 nem Gehäuse ab. Am entgegen gesetzten Ende sind die Festkörper-
aktoren mit ihren Stirnseiten mechanisch steif mit dem me-
chanisch steif gefertigten Antriebskörper verbunden. Daher
wirken die Linearantriebsselemente bei elektrischer Ansteue-
rung durch Vermittlung des Antriebskörpers unmittelbar auf
35 die vom Antriebskörper umfasste Welle. Die Welle ist axial
drehbar um ihre Symmetrieachse, welche senkrecht zur Zeich-
nungsebene verläuft, aber in keiner Raumrichtung verschiebbar
im Gehäuse gelagert. Bei entsprechender elektrischer Ansteue-

rung der Festkörperaktoren wird der Antriebskörper durch die Festkörperaktoren zu einer kreisförmigen Verschiebewegung um die Welle angeregt, wobei die Oberfläche der Antriebskörperöffnung bzw. kreisförmigen Bohrung auf der zylindrischen

5 Außenfläche der Welle abrollt und dabei eine Rotation der Welle erzeugt. Ein an der Welle angreifendes Lastdrehmoment wird über die nahezu linienförmige Kontaktzone von der Welle auf den Ring als tangential zum Wellenumfang wirkende Kraft übertragen und durch Vermittlung des mechanisch steifen Antriebskörpers über die Festkörperaktoren am ringabgewandten Ende der Festkörperaktoren vom nur angedeutet skizzierten Gehäuse aufgenommen. Bei drehmomentstarken Rotationsantrieben müssen daher beträchtliche Drehmomente von den Festkörperaktoren auf das Gehäuse vermittelt werden. Insbesondere PMA
15 (Piezoelectric Multilayer Aktor / piezoelektrische Vielschichtaktoren) sind aus spröden keramischen Werkstoffen aufgebaut und daher nur sehr begrenzt in der Lage, Drehmomente, d.h. Biegekräfte zwischen dem Antriebskörper und dem Gehäuse zu vermitteln.

20 Schädigende Biegebeanspruchungen auf die Festkörperaktoren können reduziert werden, indem die Festkörperaktoren in radialer Richtung nach außen gerückt werden und somit der Abstand zur Wellenachse vergrößert wird, wobei die Verbindung des ringzugewandten Endes der Festkörperaktoren mit dem Antriebskörper durch mechanisch steife Verbindungsstücke sichergestellt wird. Die Drehmomentlast berechnet sich betragsmäßig als Tangentialkraft $\times$ Hebelarmlänge. Daher müsste zur Halbierung der Biegebeanspruchung der Festkörperaktoren ihr Abstand
25 zur Wellenachse ungefähr verdoppelt werden. Eine Forderung nach einer kompakten Bauweise ist auf diesem Weg nicht erfüllbar. Eine weitere Lösung zum reduzieren der Biegebeanspruchungen besteht in der Verwendung von $n > 2$ in Umfangsrichtung gleichmäßig angeordneten Festkörperaktoren. Die Biegebeanspruchung jedes Festkörperaktors sinkt bei konstant gehaltenem Lastdrehmoment an der Welle proportional zu $1/n$. Eine bedeutsame Reduktion der Biegebeanspruchung ist auf diesem
35

Wege nur durch viele Linearaktoren erreichbar, wodurch diese Lösung aus Kostengründen praktisch ausscheidet.

Bei einer Ausführungsform, die anhand Fig. 8 skizziert ist,
5 sind schädigende Biegebeanspruchungen auf die Festkörperaktoren 1, 1*, 2, 2* reduziert. Bei dieser Ausführungsform greifen jeweils zwei einander zugeordnete Festkörperaktoren 1, 1* bzw. 2, 2* mit zueinander parallel verlaufenden Längsachsen 1 anstelle nur eines Festkörperaktors 1, 2 an jeder Seite des
10 Antriebskörpers 3 an. Die einander zugeordneten Festkörperaktoren 1, 1*, 2, 2* sind seitlich aus einer radialen Richtung r nach außen auseinander gerückt. Bei dieser Anordnung sind insgesamt vier Festkörperaktoren 1, 2 als Antriebselemente stirnseitig mit dem Antriebskörper 3 verbunden, wobei diese
15 Anordnung die gleichen Symmetrieeigenschaften besitzt, wie die zuvor beschriebene Anordnung. Durch den transversalen Abstand d der paarweise und symmetrisch angeordneten Festkörperaktoren 1, 1*, 2, 2* wird das von der Welle 4 auf den Antriebskörper 3 übertragene Lastdrehmoment im Wesentlichen
20 durch für PMA unschädliche paarweise Longitudinalkräfte in den PMA vom Antriebskörper 3 auf das Gehäuse 6 übertragen, wodurch die Biegebeanspruchung abgesenkt werden kann und somit höhere Drehmomente erreichbar werden. Laständerungen an der Welle 4 bewirken dazu proportionale Longitudinal-Kraft-
25 änderungen in den PMA, wodurch mittels des direkten piezoelektrischen Effektes Ladungen generiert werden die in einer Elektronikschaltung erfasst und als Drehmomentinformation nutzbar gemacht werden können.

30 Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, eine Festkörperaktor-Antriebsvorrichtung-Steuereinrichtung für eine Festkörperaktor-Antriebsvorrichtung vorzuschlagen, welche weniger Bauraum benötigt und bei welcher geringere Biegespannungen auf deren Festkörperaktoren einwirken. Die Festkörperaktoren
35 sollen vorzugsweise als Festkörper-Linearaktoren zum Einsatz als Linearaktoren in PMA-Bauweise ausgebildet sein. Außerdem sollen ein Verfahren zum Antreiben einer solchen Festkörperaktor-Antriebsvorrichtung bzw. eine Festkörperaktor-

Antriebsvorrichtung mit einer solchen Steuereinrichtung vorgeschlagen werden.

Diese Aufgabe wird gelöst durch eine Festkörperaktor-
5 Antriebsvorrichtungen-Steuereinrichtung mit den Merkmalen gemäß Anspruch 1, durch ein Verfahren zum Antreiben einer Festkörperaktor-Antriebsvorrichtung mit den oberbegrifflichen Merkmalen gemäß Anspruch 6 bzw. durch eine Festkörperaktor-Antriebsvorrichtung mit den Merkmalen gemäß Anspruch 10 gelöst. 10
Vorteilhafte Ausgestaltungen sind Gegenstand von abhängigen Ansprüchen.

Bevorzugt wird demgemäß eine Festkörperaktor-Antriebsvorrichtung-Steuereinrichtung mit einem ersten Anschluss zum
15 Ansteuern eines ersten Festkörperaktors, einem zweiten Anschluss zum Ansteuern eines weiteren Festkörperaktors und einer Steuerschaltung zum Laden und Entladen der Festkörperaktoren derart, dass diese eine Welle, welche in einer kreisförmigen Antriebskörperöffnung eines Antriebskörpers gelagert
20 ist, antreiben, wobei diese dadurch vorteilhaft wird, dass die Steuerschaltung geschaltet und/oder angesteuert ist zum Umladen von Ladung aus dem ersten Festkörperaktor in den weiteren Festkörperaktor beim Laden des weiteren Festkörperaktors. Das Umladen kann vorzugsweise direkt ohne das Zwischen-
25 schalten einer kapazitiven Größe oder eines sonstigen Ladungs- oder Energiespeichers direkt umgesetzt werden. Prinzipiell ist eine Umladung selbst in Fällen möglich, bei denen die beiden Festkörperaktoren mit ihren Längsachsen relativ zueinander unter einem Winkel von 90° an dem Antriebskörper
30 angeordnet sind. Selbst in einer solchen Anordnung kann vorteilhaft beim Entladen des einen der Festkörperaktoren und bei gleichzeitigem Aufladen des anderen der beiden Festkörperaktoren Ladung zumindest teilweise umgeladen werden.

35 Die Steuerschaltung ist bevorzugt geschaltet und/oder angesteuert auch zum Umladen von Ladung aus dem weiteren Festkörperaktor in den ersten Festkörperaktor beim Laden des ersten Festkörperaktors. Besonders vorteilhaft sind Ausführungsfor-

men, bei welchen die beiden Festkörperaktoren derart am Antriebskörper angeordnet sind, dass stets während zumindest eines Teiles der Zeit eines Ladungsvorgangs eines der beiden Festkörperaktoren der andere der Festkörperaktoren entladen wird, wobei beim umgekehrten Ladungsvorgang Ladungen wieder zumindest teilweise in umgekehrter Richtung zurückgeladen werden.

Die Steuerschaltung ist vorteilhaft geschaltet und/oder angesteuert zum zusätzlich Laden des zu ladenden Festkörperaktors aus einer Energieversorgungsquelle. Ein solches zusätzliches Laden von Ladungen aus einer Energieversorgungsquelle, welche als Spannungsquelle oder Stromquelle ausgestaltet sein kann, ist vorteilhaft, um Umladungsverluste aufgrund von mechanischen und elektrischen Leistungsverlusten ausgleichen zu können. Ein zusätzliches Laden aus der Energieversorgungsquelle kann auch dann vorteilhaft sein, wenn ein reines Umladen mit gegebenenfalls Ausgleich von Ladungsverlusten zu langsam ablaufen würde. Eingesetzt werden kann dabei insbesondere eine Energieversorgungsquelle, welche in üblicher Art und Weise zum Zuführen von erforderlichen Ladungen dient, um aus physikalischen Gründen nicht durch Umladung umladbare Ladungen zuzuführen.

Die Steuerschaltung ist bevorzugt geschaltet und/oder angesteuert zum gegenphasigen Ansteuern des ersten Festkörperaktors und des weiteren Festkörperaktors relativ zueinander.

Die Steuerschaltung ist vorteilhaft geschaltet und/oder angesteuert zum Ansteuern des ersten Festkörperaktors und des weiteren Festkörperaktors mit einer Phasenverschiebung von $175^\circ - 185^\circ$ relativ zueinander, insbesondere etwa 180° Phasenverschiebung relativ zueinander.

Bevorzugt wird eigenständig ein Verfahren zum Betreiben einer Festkörperaktor-Antriebsvorrichtung, bei dem mittels einer Steuereinrichtung ein erster Festkörperaktor und ein weiterer Festkörperaktor angesteuert werden, wobei die Festkörperakto-

ren derart geladen und entladen werden, dass diese eine Welle, welche in einer kreisförmigen Antriebskörperöffnung eines Antriebskörpers gelagert ist, antreiben, wobei beim Laden des weiteren Festkörperaktors Ladung aus dem ersten Festkörperaktor in den weiteren Festkörperaktor umgeladen wird. Vorteilhaft ist, beim Laden des ersten Festkörperaktors Ladung aus dem weiteren Festkörperaktor in den ersten Festkörperaktor umzuladen. Bevorzugt wird, wenn zu ladende der Festkörperaktoren zusätzlich zum Umladen mit Ladung aus einer Energieversorgungswelle geladen werden.

Der erste Festkörperaktor und der weitere Festkörperaktor werden vorzugsweise zumindest während des Umladens zueinander gegenphasig angesteuert.

Bevorzugt wird eigenständig eine Festkörperaktor-Antriebsvorrichtung mit einem Antriebskörper, mit einer kreisförmigen Antriebskörperöffnung im Antriebskörper, mit einer in die Antriebskörperöffnung zumindest hineinführenden Welle, wobei ein Wellendurchmesser der Welle kleiner als ein Öffnungsdurchmesser der Antriebskörperöffnung ist und wobei die Welle im Betrieb reibschlüssig und/oder formschlüssig an einer Wandung der Antriebskörperöffnung anliegt, mit zumindest zwei Festkörperaktoren, welche ansteuerbar sind zum Ausdehnen und/oder zum Zusammenziehen längs ihrer Längsachse, wobei die zumindest zwei Festkörperaktoren am Antriebskörper angekoppelt oder befestigt sind, und mit einer Steuereinrichtung zum Laden und Entladen der Festkörperaktoren zum Antreiben des Antriebskörpers derart, dass durch eine Verschiebewegung des Antriebskörpers die Welle in Rotation versetzbar ist. Vorteilhaft ist diese Festkörperaktor-Antriebsvorrichtung dadurch, dass die Steuereinrichtung eine solche Steuerschaltung aufweist und/oder die Steuereinrichtung zum Durchführen eines derartigen Verfahrens ausgebildet und/oder ansteuerbar ist.

Der erste und der weitere Festkörperaktor sind vorzugsweise auf aus Sicht der Antriebskörperöffnung zueinander gegenüberliegenden Seiten des Antriebskörpers angeordnet. Diese Anord-

nung der Festkörper-Linearaktoren bietet eine Wirklinie parallel zu den Festkörperaktor-Außenflächen und in großem transversalem Abstand zur Wellenachse. Dies ermöglicht die Realisierung besonders drehmomentstarker festkörperaktori-

5 scher Rotationsantriebe und verbessert die Fähigkeit der Drehmomenten-Detektion.

Der erste und der weitere Festkörperaktor sind bevorzugt antiparallel zueinander angeordnet, um eine besonders einfache

10 Ansteuerung unter Ausnutzung von Symmetrieeffekten zu ermöglichen.

Der erste und der weitere Festkörperaktor sind gemäß einer weiteren Ausführungsform optional in deren Längsrichtung voneinander beabstandet. Insbesondere weisen sie deckungsgleiche

15 Längsachsen auf und sind in zueinander entgegen gesetzter Wirkrichtung ansteuerbar.

Zumindest einer der zumindest zwei Festkörperaktoren ist gemäß einer weiteren Ausführungsform vorzugsweise unter einem Winkel zwischen 44° und 136° zu einer radialen Richtung der Antriebskörperöffnung am Antriebskörper ausgerichtet.

20

Insbesondere die antiparallele Anordnung gegenüberliegender Festkörperaktoren führt zu einer wesentlich vereinfachten effizienten Ansteuerelektronik. Da jeweils ein Festkörperaktor als Energiespeicher für den gegenüberliegenden antiparallelen Festkörperaktor verwendet wird, ist kein zusätzlicher Energiespeicher notwendig. Die Ladung wird pendelnd zwischen zwei

25 Festkörperaktoren übertragen. Der geringere mittlere Leistungsfluss bei der antiparallelen Anordnung verringert die Leistungsanforderung an eine Treiberelektronik deutlich.

30

Allgemein ergeben sich verschiedene Vorteile. Erstens lässt sich durch die Nutzung eines Aktors als Ladungsspeicher durch die derartige Anordnung der Festkörperaktoren eine einfache und effiziente Ansteuerelektronik realisieren. Zweitens ist die Leistungsanforderung an eine Treiberelektronik gemäß ers-

35

ter Versuch etwa um den Faktor 5 geringer. Drittens ergeben sich höhere Drehmomente durch eine tangentielle Anordnung der Antriebselemente. Viertens entstehen keine bzw. kaum noch Biegebelastungen der Antriebselemente durch angreifende Drehmomente. Fünftens werden Antriebselemente bei einem angreifenden Drehmoment nur noch mit Zug bzw. Druck belastet. Dadurch ist eine vereinfachte und sogar richtungsabhängige Drehmomentauswertung ermöglicht. Sechstens kann je nach der Länge der Antriebselemente damit die Wellenachse der Welle größer dimensioniert werden und damit ein Antrieb mit sehr hohem Drehmoment bei kleiner Drehzahl realisiert werden. Siebtens ist eine radial kompaktere Bauform des Antriebs möglich. Durch die Anordnung der Antriebselemente über bzw. unter dem Antriebsring resultiert eine geringer radiale Abmessung.

Durch verschiedene Anordnungen können die axialen und radialen Dimensionen des Antriebs je nach Anwendung verändert werden.

Ermöglicht wird insbesondere eine kompakte, d.h. eine in jeder Dimension bauraumsparende Anordnung von Festkörper-Linearaktoren, die gleichzeitig die schädigende Biegebeanspruchung der bevorzugt zum Einsatz als Linearaktoren kommenden PMA minimiert. Darauf aufbauende Lösungen zur Minimierung der Biegebeanspruchung der PMA ermöglichen die Entwicklung drehmomentstarker Rotationsantriebe mittels PMA. Des Weiteren wird ein Aufbau umsetzbar, der die Anforderungen an eine Treiberschaltung wesentlich verringert und den Aufbau eines kompakten, effizienten Antriebssystems ermöglicht.

Neben Festkörperaktoren in PMA-Bauweise sind auch Ausführungen mit andersartigen Festkörperaktoren einsetzbar, beispielsweise magnetostriktive, elektrostriktive oder elektromagnetisch wirkende Festkörperaktoren.

Ein Ausführungsbeispiel wird nachfolgend anhand der Zeichnung näher erläutert. Soweit in den verschiedenen Figuren gleiche

Bezugszeichen verwendet werden, werden jeweils gleiche oder gleich wirkende Komponenten bzw. Funktionen bezeichnet. Diesbezüglich wird jeweils auf die entsprechenden Ausführungen bei der Beschreibung zu auch den anderen Figuren verwiesen.

5 Es zeigen:

- Fig. 1 Komponenten einer bevorzugten Festkörper-Antriebsvorrichtung mit Festkörperaktoren in Schnittansicht sowie Komponenten einer Steuerschaltung zum Ansteuern der Festkörperaktoren,
10
- Fig. 2 ein beispielhaftes Schaltungsdiagramm für eine einfach ausgelegte Steuerschaltung,
- 15 Fig. 3 ein Ersatzschaltbild zur Verdeutlichung eines Leistungsflusses unter Ausnutzung eines Festkörperaktors als im Festkörperaktor,
- Fig. 4 Simulationsergebnisse beim Einsatz einer derartigen Steuerschaltung,
20
- Fig. 5 Anordnungen jeweils zweier Festkörperaktoren in einer parallelen bzw. antiparallelen Ausrichtung zueinander,
25
- Fig. 6 Ladungszeit-Funktionen zu den Anordnungen gemäß Fig. 5,
- Fig. 7 einen Leistungsfluss zu derartigen Anordnungen und
30
- Fig. 8 eine Festkörperaktor-Antriebsvorrichtung gemäß dem Stand der Technik.

Wie aus der Schnittdarstellung gemäß Fig. 1 ersichtlich, wird bei einer bevorzugten Ausführungsform das Prinzip des vergrößerten transversalen Abstandes der Wirklinie eines Festkörperaktors 1, 1*, 2, 2* zu einer Wellenachse z4 bzw. zu einer Antriebskörperöffnungsachse z5 auf einen Rotationsantrieb mit
35

vier als Linearaktoren ausgebildeten Festkörperaktoren 1, 1*, 2, 2* angewendet.

Zentrale Komponente ist ein Antriebskörper 3, durch welchen
5 eine Antriebskörperöffnung 5 führt. Besonders bevorzugt wird ein Antriebskörper 3 mit einem quaderförmigen oder quadratischen Querschnitt senkrecht zur Antriebskörperöffnungsachse z5, welche als zentrale Achse durch die Antriebskörperöffnung 5 führt. In die Antriebskörperöffnung 5 führt eine Welle 4
10 zumindest hinein. Vorzugsweise führt die Welle 4 vollständig durch die Antriebskörperöffnung 5 hindurch, so dass sie in Richtung ihrer Wellenachse z4 beidseitig des Antriebskörpers 3 gelagert werden kann. Die Wellenachse z4 ist in einer Betriebsstellung parallel zur Antriebskörperöffnungsachse z5
15 geführt, d.h. seitlich zu dieser versetzt. Der Versatz ist derart gewählt, dass die Welle 4 mit ihrem Außenumfang form-schlüssig und/oder reibschlüssig an einer innenseitigen Wandung der Antriebskörperöffnung anliegt.

20 Die Festkörperaktoren 1, 1*, 2, 2*, welche dazu dienen, den Antriebskörper 3 relativ zu einem Gehäuse 6 in einer Ebene x, y senkrecht zur Antriebskörperöffnungsachse z5 in eine translatorische Bewegung zu versetzen, so dass dadurch die Welle 4 in eine Rotation um die Wellenachse z4 versetzt wird, sind
25 bei der besonders bevorzugten Ausführungsform seitlich außerhalb des eigentlichen Antriebskörpers 3 angeordnet. Eine jeweilige Längsachse 1 der Festkörperaktoren 1, 1*, 2, 2*, längs derer sich die Festkörperaktoren 1, 1*, 2, 2* ausdehnen bzw. zusammenziehen, ist dabei vorzugsweise parallel zu dem
30 Verlauf einer benachbarten Antriebskörper-Außenwand 7 angeordnet.

In Richtung der Längsachse 1 sind die Festkörperaktoren 1, 1*, 2, 2* in einem ersten stirnseitigen Abschnitt 9 an einem
35 vom Antriebskörper 3 abstehenden Abschnitt 9 angekoppelt oder befestigt, um eine Kraft bzw. Bewegung des stirnseitigen Abschnitts 9 des Festkörperaktors 1, 1*, 2, 2*, auf den vom Antriebskörper 3 abstehenden Abschnitt 8 zu übertragen. Eine

solche Bewegung wird über den vom Antriebskörper 3 abstehenden Abschnitt 8 auf den Antriebskörper 3 übertragen. Im Bereich des dem stirnseitigen Abschnitt 9 gegenüberliegenden Endes sind die Festkörperaktoren 1, 1*, 2, 2* mit dem Gehäuse 5 6 verbunden, wobei in der Zeichnung lediglich schematisch Wandungsabschnitte eines solchen Gehäuses 6 skizziert sind. Dadurch, dass die beiden Festkörperaktoren 1, 1*, 2, 2* unter einem Winkel von vorzugsweise 90° relativ zueinander am Antriebskörper 3 angeordnet sind, kann dieser in die translatoren- 10 rische Bewegung versetzt werden.

Verglichen mit bekannten Ausführungsformen verläuft die Längsachse 1 der Festkörperaktoren 1, 1*, 2, 2* somit nicht in einer radialen Richtung r aus Sicht der Antriebskörperöffnungsachse z5 oder unter einem Winkel von weniger als 45° zur 15 radialen Richtung r, sondern im Idealfall senkrecht, d. h. unter einem Winkel α von 90° zur radialen Richtung r der Antriebskörperöffnungsachse z5 bzw. gegebenenfalls auch unter einem Winkel zwischen 44° und 136° zur radialen Richtung r 20 der Antriebskörperöffnungsachse z5.

Gegenüber einer solchen Ausführungsform sind diverse Modifikationen möglich. Beispielsweise muss der Antriebskörper 3 nicht zwingend einen quadratischen oder quaderförmigen Querschnitt aufweisen. Prinzipiell sind auch andere Formen, beispielsweise ringförmige Anordnungen des Antriebskörpers möglich. In einem solchen Fall würden die vom Antriebskörper ab- 25 stehenden Abschnitte gegebenenfalls entsprechend weit in seitlicher Richtung insbesondere tangential von einer ringförmig Außenumfangsfläche des Antriebskörpers abstehen. Bevorzugter wird jedoch eine Ausführungsform, bei welcher solche vom Antriebskörper 3 abstehende Abschnitte 8 als von einer Antriebskörper-Außenwand 7 im Wesentlichen senkrecht ab- 30 stehende kurze Wandungen ausgebildet sind.

35

In jedem Fall werden Ausführungsformen besonders bevorzugt, bei welchen die Längsachse 1 der Festkörperaktoren 1, 1*, 2, 2* parallel zu der kreisförmigen Fläche der Antriebskörper-

öffnung 5 verlaufen, so dass der transversale Abstand der Wirklinie des Festkörperaktors 1, 1*, 2, 2* zur Wellenachse z4 bzw. zur Antriebskörperöffnungsachse z5 vorteilhaft maximiert wird.

5

Bei einer alternativen und besonders einfach aufgebauten Ausführungsform weist die Festkörperaktor-Antriebsvorrichtung in Umfangsrichtung und mit parallel zu den Antriebskörperöffnungs-Innenflächen der Antriebskörperöffnung 5 orientierten Wirklinien der Festkörperaktoren 1, 2 nur zwei solche Festkörperaktoren 1, 2 auf. Durch den im Vergleich zu bekannten Ausführungsformen größeren Hebelarm kann der Antrieb mit einer L-förmigen Anordnung ein größeres Drehmoment erzeugen. Insbesondere bei Rotationsantrieben mit in Relation zur Länge der Festkörperaktoren 1, 2 vergleichbarem oder größerem Wellendurchmesser wird eine derartige Festkörperaktor-Antriebsvorrichtung relativ zu bekannten Anordnungen kompakter, d. h. bauraumsparender, da sie kleinere radiale Abmessungen aufweist.

20

Fig. 1 zeigt eine zur Antriebskörperöffnung 5 tangentielle Anordnung von vier der Linearaktoren als den Festkörperaktoren 1, 1*, 2, 2* am Antriebskörper 3. Die Angriffspunkte der Festkörperaktoren 1, 1*, 2, 2* am Antriebskörper 3 sind dabei sternförmig angeordnet.

25

Neben der besonders bevorzugten Anordnung der Festkörperaktoren 1, 1*, 2, 2* über bzw. unter dem Antriebskörper 3 können neben den erwähnten Vorteilen weitere Bauformen realisiert werden. Diese Antriebe erfordern gegenüber den bekannten Aktoranordnungen zwar einen größeren axialen Bauraum. Im Hinblick auf radiale Abmessungen besitzen sie jedoch eine deutliche kompaktere Bauform. Je nach Einsatzort können damit die Baudimensionen nach Bedarf gewählt werden.

35

Nach dem Aufbau gemäß Fig. 1 wird ein gegenüber bekannten Ausführungsformen geändertes Ansteuerungsschema für die Festkörperaktoren 1, 1*, 2, 2* bevorzugt. Gegenüberliegende

Aktoren werden gegenphasig angesteuert. Da jeweils einer der Festkörperaktoren 1, 1*, 2, 2* als Ladungsspeicher für den gegenüberliegenden Festkörperaktoren 1*, 1, 2*, 2 dient, wird die Entwicklung einer effizienten Ansteuerelektronik wesentlich vereinfacht. Durch eine geeignete Ansteuerschaltung muss lediglich die abgegebene mechanische Leistung und die Verlustleistung einer Ladungspumpe ausgeglichen werden.

Die Steuereinrichtung für eine solche Festkörperaktor-Antriebsvorrichtung umfasst insbesondere eine Steuerschaltung mit zwei Ladungspumpen 11, 12 zum Umladen von Ladungen ΔQ zwischen jeweils einem Paar der Festkörperaktoren 1, 1* bzw. 2, 2*. Eine Steuerung C in Form beispielsweise eines internen oder externen Prozessors oder auch in Form fest verdrahteter Schaltungskomponenten steuert die beiden Ladungspumpen 11, 12 entsprechend an. Vorzugsweise übernimmt die Steuerung C auch sonstige Funktionen zum Antreiben der Festkörperaktoren 1, 1*, 2, 2*, um die Welle 4 in einen gewünschten Rotationszustand oder Stillstand zu versetzen. Eine Spannungsquelle V dient dazu, zusätzliche Ladungen zu den Ladungspumpen 11, 12 zuzuführen, da durch das Umladen in der Regel nicht ausreichend Ladungen von einem Festkörperaktor 1* zu dem anderen Festkörperaktor 1 eines der Festkörperaktoren-Paare 1, 1* umladbar sind. Die beiden Festkörperaktor-Paare aus jeweils zwei einander zugeordneten Festkörperaktoren 1, 1* bzw. 2, 2* sind vorzugsweise antiparallel zueinander angeordnet.

Anhand Fig. 1 bis 4 ist ein Simulationsergebnis für ein mögliches Ausführungsbeispiel einer geeigneten Elektronik für zwei einander gegenüberliegend angeordnete Festkörperaktoren, wie sie gemäß Fig. 1 einsetzbar sind, dokumentiert. Fig. 2 zeigt lediglich eine einfache Simulationsschaltung. Die Festkörperaktoren sind idealisiert durch Kapazitäten in Form von symbolisch skizzierten Kondensatoren 1 und 1* nachgebildet. Ein Vorgabesignal, das an den durch die Kondensatoren 1 und 1* skizzierten Festkörperaktoren nachgebildet werden soll, wird durch eine Spannungsquelle V4 generiert. Das Vorgabesignal von der Quelle V4 soll am ersten Festkörperaktor 1

ohne Phasenverschiebung und am Aktor 1* gegenphasig nachgebildet werden. Eine spannungsgeregelte getaktete Ladungspumpe, bestehend aus einer Taktquelle V1, spannungsgesteuerten Schaltern S1, S2, S3 und S4, Ladeinduktivitäten L1 und L2, 5 einem Koppelkondensator C3, Kondensatoren C4 und C5 sowie Dioden D1, D2, D3 und D4, überträgt geregelt durch weitere Schalter S5, S6 sowie S3 und S4 Ladung von jeweils einem Festkörperaktor bzw. Kondensator 1 und 1* in den gegenüberliegenden Aktor bzw. Kondensator 1* bzw. 1. Energieverluste 10 durch die Elektronik und die Leistungsabgabe der Festkörperaktor wird durch die Schaltung bestehend aus den Elementen in Form einer weiteren Diode D5 und einer weiteren Spannungsquelle V7 ausgeglichen. Diese weitere Spannungsquelle V7 generiert ein zur Spannungsquelle V4 gegenphasiges Sinussignal 15 mit gemäß der einfachen Schaltung gleicher Amplitude und Frequenz.

Dargestellt ist in Fig. 2 somit eine Schaltungsanordnung als beispielhafte Steuerschaltung, welche einen symmetrischen 20 Aufbau aufweist. Zentrale Elemente sind die erste und die vierte Spannungsquelle V1, V4, welche jeweils an Masse 0 geschaltet sind. Ein Spannungsanschluss der ersten Spannungsquelle liegt an dem fünften Schalter S5 in der linken Schaltungshälfte und an einem sechsten Schalter S6 in der rechten 25 Schaltungshälfte jeweils an einem schaltbaren Eingang an. Die jeweils anderen schaltbaren Eingänge des fünften und sechsten Schalters S5, S6 sind über jeweils einen Knoten und einen ersten bzw. zweiten Widerstand R1, R2 auf Masse 0 geschaltet. An den Knoten liegen außerdem Steuer- bzw. Schalteingänge des 30 ersten und des dritten Schalters S1, S3 in der linken Schaltungshälfte bzw. des vierten und des zweiten Schalters S4, S2 in der rechten Schaltungshälfte an. Die jeweils beiden anderen Schalteingänge des ersten, zweiten, dritten und vierten Schalters sind auf Masse 0 geschaltet. Jeweils einer der 35 Schalteingänge des fünften und des sechsten Schalters S5, S6 ist an die als Quelle dienende vierte Spannungsquelle V4 geschaltet. Die beiden anderen Schalteingänge des fünften und des sechsten Schalters S5, S6 sind zwischen eine erste Diode

D1 und den ersten der Festkörperaktoren 1 bzw. symbolisch dargestellt Kondensatoren 1 des Paares aus Festkörperaktoren 1, 1* geschaltet. Über die Festkörperaktoren bzw. Kondensatoren 1, 1* liegt entsprechend eine Spannung zwischen Masse 0 und der ersten bzw. einer zweiten Diode D1, D2 an. Beispielhafte Schaltspannungen für die Schalter S1 - S6 sind für den ersten und zweiten Schalter S1, S2 jeweils eine Einschaltspannung von 4,0 V und eine Ausschaltspannung von 3,8 V, für den dritten und vierten Schalter S3, S4 jeweils eine Einschaltspannung von 0,2 V und eine Ausschaltspannung von 0,0 V und für den fünften und sechsten Schalter S5, S6 jeweils eine Einschaltspannung von 0,5 V und eine Ausschaltspannung von 0,1 V. Die beiden Widerstände R1, R2 haben beispielsweise einen Widerstandswert von 1 kOhm.

Der dritte und der vierte Schalter S3, S4 schalten im geschlossenen Zustand jeweils eine Verbindung über die erste bzw. über die zweite Diode D1, D2, so dass diese im geschalteten Zustand kurzgeschlossen sind. Der zweite Eingang der ersten bzw. zweiten Diode D1, D2 ist jeweils über die entsprechende Ladeinduktivität L1, L2 in Form beispielsweise einer Spule und den vierten bzw. den fünften Kondensator C4 bzw. C5 auf Masse 0 geschaltet. Außerdem sind zwischen Masse 0 und diese den Dioden D1, D2 abgewandten Anschlüsse der Ladeinduktivitäten L1, L2 die dritte und die vierte Diode D3, D4 sowie der dritte Kondensator C3 geschaltet. Die Ladeinduktivitäten L1, L2 können beispielsweise mit einem Wert von 22 μ F geschaltet werden, der dritte Kondensator mit einer Kapazität von 100 nF, der vierte und der fünfte Kondensator mit einer Kapazität von 10 pF, wobei für die beiden Festkörperaktoren 1, 1* als kapazitive Werte 10 μ F angesetzt werden. Die weitere Spannungsquelle V7, welche das gegenphasige Sinussignal erzeugt, ist zwischen Masse 0 und eine fünfte Diode D5 geschaltet. Der ableitende zweite Anschluss der fünften Diode D5 ist zwischen den ableitenden Anschluss der zweiten Diode D2 und den weiteren Festkörperaktor 1* der beiden Festkörperaktoren 1, 1* geschaltet.

Die Schaltung nach Fig. 3 dient zum Vergleich des Leistungsflusses unter Ausnutzung eines Festkörperaktors bzw. Kondensators 1 und 1* als Ladungsspeicher und ohne Ausnutzung der Ladungsspeicherung im Festkörperaktor. Dargestellt ist dabei
5 jeweils eine Anordnung aus einer Spannungsquelle V1 bzw. V2 und einem Festkörperaktor 1 bzw. 1*, welche zwischen zwei Masseanschlüsse geschaltet sind. Durch die Spannungsquellen V1, V2 wird ein im Vergleich zum Signal an den Festkörperaktoren bzw. Kondensatoren 1 und 1* in Fig. 2 äquivalentes Signal
10 an den Vergleichsaktoren 1 und 1* generiert.

Die Simulationsergebnisse sind im Diagramm nach Fig. 4 dargestellt. Spannungszeitfunktionen F3 und F4 mit teilweise gestuftem Verlauf im unteren Diagramm zeigen den Spannungsverlauf
15 an den Festkörperaktoren bzw. Kondensatoren 1 und 1* nach Figur 2. Die Funktion F5 mit glattem Verlauf entspricht dem Vorgabesignal der Quelle V4. Deutlich zeigt sich das gegenphasige Verhalten der Spannungszeitfunktionen F3 und F4 der Aktoren. Die Stufen im Signalverlauf werden durch die getaktete und sehr einfach aufgebaute Ladungspumpe verursacht.
20 Die angestrebte Funktion der Schaltung wird erreicht und durch die Simulation bestätigt. Eine Leistungszeitfunktion F2 im oberen Diagramm stellt eine mittlere Leistungsaufnahme der Schaltung dar. Durch die weitere Spannungsquelle V7 wird die
25 Verlustleistung der Ladungspumpe ausgeglichen. Eine weitere Leistungszeitfunktion F1 im oberen Diagramm stellt einen mittleren Leistungsfluss in der Vergleichsschaltung dar. In Abhängigkeit von der verwendeten Treiberstufe tritt bei der dargestellten Schaltung eine Verlustleistung von 50% der weiteren
30 Leistungszeitfunktion F1 auftritt. Selbst mit einer vereinfachten Ladungspumpe nach Fig. 2 lässt sich jedoch eine wesentlich geringere Leistungsaufnahme erreichen.

Vorteile des Grundprinzips gegenüber bekannten Ausführungen
35 sind durch einen Vergleich einer parallelen mit einer antiparallelen Anordnung der Festkörperaktoren gemäß Fig. 5 bis 7 erkennbar. Soweit Bemaßungen angegeben sind, dienen solche,

wie auch in den übrigen Figuren, lediglich als beispielhafte Angaben und nicht beschränkend.

5 Eine geringere Leistungsaufnahme durch einen geringeren Leistungsfluss zwischen einer Stromquelle und den zwei Festkörperaktoren ist systembedingt. Anhand Fig. 5 bis 7 wird eine Anordnung aus zwei parallel und zwei antiparallel geschalteten Festkörperaktoren verglichen. Jeweils ein mögliches Ausführungsbeispiel für eine parallele und antiparallele Anordnung
10 ist in Fig. 5 links bzw. rechts dargestellt.

In Figur 6 ist links eine Ladungszeitfunktion $F6(t)$ und $F7(t)$ zur Ansteuerung der antiparallelen Festkörperaktoren und in rechts eine Ladungszeitfunktion $F8(t)$ und $F9(t)$ der parallelen Aktoren dargestellt. In Figur 7 ist der Leistungsfluss für beide Anordnungen dargestellt. Deutlich ist für die parallele Anordnung $F11(t)$ ein höherer mittlerer Leistungsfluss im Vergleich zur Funktion $F10(t)$ zu erkennen. Unter der Annahme, dass für beide Ausführungsformen eine vergleichbare
15 Treiberelektronik mit gleicher Effizienz verwendet wird, ist der Wirkungsgrad der antiparallelen Anordnung aufgrund des verringerten Leistungsflusses wesentlich höher. Hierin zeigt sich der Vorteil des bevorzugten Aufbaus.
20

25 Abweichend von besonders bevorzugten Ausführungsformen mit antiparallel zueinander angeordneten Festkörperaktoren 1, 1* bzw. 2, 2* sind auch modifizierte Ausführungsformen möglich, bei welchen die beiden Festkörperaktoren, zwischen welchen eine Umladung erfolgt, unter einem anderen Winkel als senkrecht oder parallel zu der radialen Richtung r der Antriebskörperöffnung 5 ausgerichtet werden. Insbesondere sind auch Anordnungen möglich, bei welchen die Längsachsen l des Paares aus Festkörperaktoren, zwischen welchen eine Umladung stattfindet, nicht parallel zueinander ausgerichtet sind. Obgleich
30 nur relativ wenig effizient, wäre prinzipiell sogar eine Ausrichtung der Längsachsen l der beiden Festkörperaktoren, zwischen welchen die Umladung stattfinden soll, unter einem Winkel von 90° möglich.
35

Umsetzbar ist auch eine gegenüber Fig. 1 in radialer Richtung noch raumsparendere Anordnung einer Festkörperaktor-Antriebsvorrichtung. Diese beansprucht jedoch einen größeren
5 Bauraum in axialer Richtung der Antriebskörperöffnungsachse z5. Bei einer solchen Ausführungsform sind die Festkörperaktoren 1, 1*, 2, 2* nicht benachbart zu einem radial zur Antriebskörperöffnung 5 umlaufenden Außenwandungsabschnitt 7 angeordnet, sondern in achsparalleler Richtung zur Antriebskörperöffnungsachse z5 seitlich des Antriebskörpers 3 angeordnet. Mit anderen Worten sind die Festkörperaktoren parallel und benachbart zu einer Seitenwand 10 des Antriebskörpers 3 angeordnet, welche in einer Ebene x, y senkrecht zur Antriebskörperöffnungsachse z5 aufgespannt und durch die Antriebskörperöffnungsachse z5 durchstoßen ist.
15

Bei der dargestellten Ausführungsform sind wieder jeweils zwei mit ihren Längsachsen 1 parallel zueinander ausgerichtete Festkörperaktoren 1, 1 bzw. 2, 2 am Antriebskörper 3 angeordnet. Als vom Antriebskörper abstehender Abschnitt 8 steht
20 in achsparalleler Richtung zur Antriebskörperöffnungsachse z5 bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel anstelle einzelner schmaler Abschnitte eine durchgehende Wand ab. Um eine derart raumsparende Ausgestaltung zu ermöglichen, ist die erste
25 Gruppe der zueinander parallelen Festkörperaktoren 1, 1* benachbart zu einer ersten in der Ebene x, y aufgespannten Seitenwand 10 des Antriebskörpers 3 angeordnet, während die zweite Gruppe der Festkörperaktoren 2, 2* zu der in Richtung der Antriebskörperöffnungsachse z5 gegenüberliegenden Seitenwand benachbart angeordnet ist.
30

Gemäß einer noch weiteren beispielhaft umsetzbaren Ausführungsform sind ebenfalls z.B. vier Festkörperaktoren 1, 1*, 2, 2* zu den beiden in axialer Richtung der Antriebskörperöffnungsachse z5 beabstandeten Seitenwänden 10 des Antriebskörpers 3 benachbart angeordnet. Bei dieser Ausführungsform sind zwei mit zueinander senkrecht verlaufenden Längsachsen 1 angeordnete Festkörperaktoren auf der einen Seite angeordnet,
35

während die beiden weiteren mit ebenfalls zueinander senkrecht verlaufenden Längsachsen angeordneten Festkörperaktoren auf der gegenüberliegenden Seite des Antriebskörpers 3 angeordnet sind. Auf jeder Seite des Antriebskörpers ist bei dieser Ausführungsform somit jeweils ein Antriebspaar der Festkörperaktoren angeordnet. Jedem der Festkörperaktoren ist dabei ein vom Antriebskörper abstehender Abschnitt zugeordnet, wobei diese von dem Antriebskörper abstehenden Abschnitte vorzugsweise nur klein dimensioniert sind und seitlich von der Seitenwand des Antriebskörpers abstehen. Neben dieser Ausführungsform sind noch verschiedene weitere Ausführungsformen möglich, bei welchen beispielsweise alle vier Festkörperaktoren 1, 1*, 2, 2* auf nur einer Seite des Antriebskörpers 3 angeordnet sind.

Patentansprüche

1. Festkörperaktor-Antriebsvorrichtung-Steuereinrichtung mit
 - einem ersten Anschluss (13) zum Ansteuern eines ersten
 - 5 Festkörperaktors (1),
 - einem zweiten Anschluss (14) zum Ansteuern eines weiteren Festkörperaktors (1*) und
 - einer Steuerschaltung (10) zum Laden und Entladen der Festkörperaktoren (1, 1*) derart, dass diese eine Welle
 - 10 (4), welche in einer kreisförmigen Antriebskörperöffnung (5) eines Antriebskörpers (3) gelagert ist, antreiben, dadurch gekennzeichnet, dass
 - die Steuerschaltung (10) geschaltet und/oder angesteuert ist zum Umladen von Ladung (ΔQ) aus dem ersten Festkörper-
 - 15 raktor (1) in den weiteren Festkörperaktor (1*) beim Laden des weiteren Festkörperaktors (1*).
2. Steuereinrichtung nach Anspruch 1, bei welcher die Steuerschaltung (10) geschaltet und/oder angesteuert ist zum Umladen von Ladung (ΔQ) aus dem weiteren Festkörperaktor (1*) in
- 20 den ersten Festkörperaktor (1) beim Laden des ersten Festkörperaktors (1).
3. Steuereinrichtung nach Anspruch 1 oder 2, bei welcher die Steuerschaltung (10) geschaltet und/oder angesteuert ist zum
- 25 zusätzlich Laden des zu ladenden Festkörperaktors (1, 1*) aus einer Energieversorgungsquelle (V).
4. Steuereinrichtung nach einem vorstehenden Anspruch, bei
- 30 welcher die Steuerschaltung (10) geschaltet und/oder angesteuert ist zum gegenphasigen Ansteuern des ersten Festkörperaktors (1) und des weiteren Festkörperaktors (1*) relativ zueinander.
5. Steuereinrichtung nach einem vorstehenden Anspruch, bei
- 35 welcher die Steuerschaltung (10) geschaltet und/oder angesteuert ist zum Ansteuern des ersten Festkörperaktors (1) und des weiteren Festkörperaktors (1*) mit einer Phasenverschie-

bung von 175° – 185° relativ zueinander, insbesondere 180° Phasenverschiebung relativ zueinander.

6. Verfahren zum Betreiben einer Festkörperaktor-Antriebs-
5 vorrichtung, bei dem

- mittels einer Steuereinrichtung ein erster Festkörperaktor
(1) und ein weiterer Festkörperaktor (1*) angesteuert wer-
den, wobei die Festkörperaktoren (1, 1*) derart geladen und
entladen werden, dass diese eine Welle (4), welche in einer
10 kreisförmigen Antriebskörperöffnung (5) eines Antriebskör-
pers (3) gelagert ist, antreiben,

dadurch gekennzeichnet, dass

- beim Laden des weiteren Festkörperaktors (1*) Ladung (ΔQ)
aus dem ersten Festkörperaktor (1) in den weiteren Festkör-
15 peraktor (1*) umgeladen wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, bei dem beim Laden des ersten
Festkörperaktors (1) Ladung (ΔQ) aus dem weiteren Festkörpe-
raktor (1*) in den ersten Festkörperaktor (1) umgeladen wird.

8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, bei dem zu ladende der
Festkörperaktoren (1, 1*) zusätzlich zum Umladen mit Ladung
aus einer Energieversorgungsquelle (V) geladen werden.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 8, bei dem der
erste Festkörperaktor (1) und der weitere Festkörperaktor
(1*) zumindest während des Umladens zueinander gegenphasig
angesteuert werden.

10. Festkörperaktor-Antriebsvorrichtung mit

- einem Antriebskörper (1, 1*; 2, 2*),
- einer kreisförmigen Antriebskörperöffnung (5) im Antriebs-
körper,
- einer in die Antriebskörperöffnung (5) zumindest hineinfüh-
35 renden Welle (4), wobei ein Wellendurchmesser der Welle (4)
kleiner als ein Öffnungsdurchmesser der Antriebskörperöff-
nung (5) ist und wobei die Welle (4) im Betrieb reibschlüs-

sig und/oder formschlüssig an einer Wandung der Antriebskörperöffnung (5) anliegt,

- zumindest zwei Festkörperaktoren (1, 1*; 2, 2*), welche ansteuerbar sind zum Ausdehnen und/oder zum Zusammenziehen längs ihrer Längsachse (1), wobei die zumindest zwei Festkörperaktoren am Antriebskörper (5) angekoppelt oder befestigt sind, und
- einer Steuereinrichtung zum Laden und Entladen der Festkörperaktoren (1, 1*; 2, 2*) zum Antreiben des Antriebskörpers (5) derart, dass durch eine Verschiebewegung des Antriebskörpers die Welle (4) in Rotation versetzbar ist, dadurch gekennzeichnet, dass
- die Steuereinrichtung eine Steuerschaltung (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 5 aufweist und/oder die Steuereinrichtung zum Durchführen eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 6 bis 9 ausgebildet und/oder ansteuerbar ist.

11. Festkörperaktor-Antriebsvorrichtung nach Anspruch 10, bei welcher der erste und der weitere Festkörperaktor (1, 1*; 2, 2*) auf aus Sicht der Antriebskörperöffnung (5) gegenüber liegenden Seiten des Antriebskörpers (3) angeordnet sind.

12. Festkörperaktor-Antriebsvorrichtung nach Anspruch 10 oder 11, bei welcher der erste und der weitere Festkörperaktor (1, 1*; 2, 2*) antiparallel zueinander angeordnet sind.

13. Festkörperaktor-Antriebsvorrichtung nach Anspruch 11 oder 12, bei welcher der erste und der weitere Festkörperaktor (1, 1*; 2, 2*) in deren Längsrichtung voneinander beabstandet und in zueinander entgegen gesetzter Wirkrichtung ansteuerbar sind.

14. Festkörperaktor-Antriebsvorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 13, bei welcher der erste und der weitere Festkörperaktor (1, 1*; 2, 2*) deckungsgleiche Längsachsen (1) aufweisen und in zueinander entgegen gesetzter Wirkrichtung ansteuerbar sind.

15. Festkörperaktor-Antriebsvorrichtung nach Anspruch 11 oder 12, bei welcher zumindest einer der zumindest zwei Festkörperaktoren (1, 1*; 2, 2*) unter einem Winkel (α) zwischen 44° und 136° zu einer radialen Richtung (r) der Antriebskörper-
5 öffnung (5) am Antriebskörper (3) ausgerichtet ist.

FIG 1

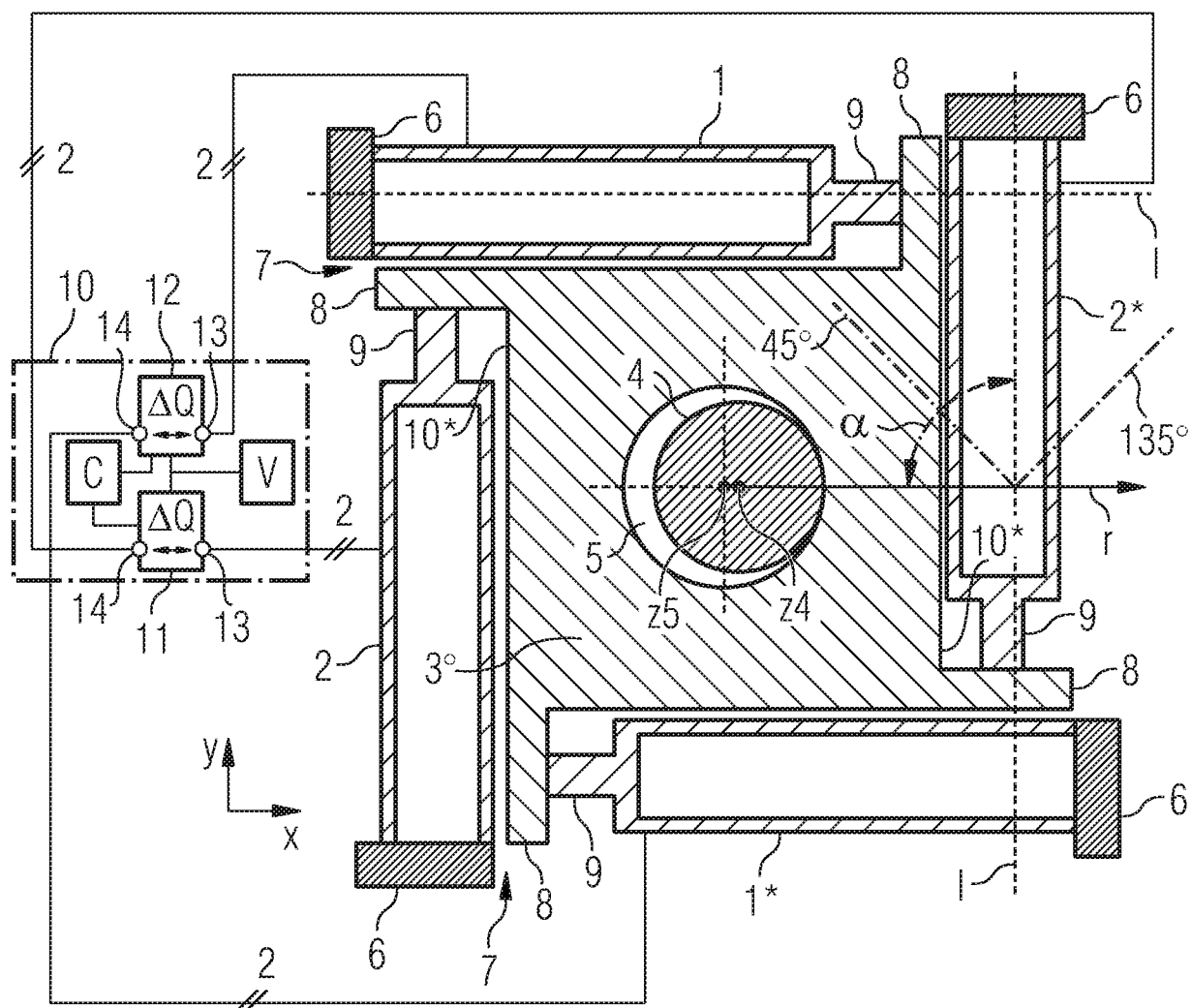


FIG 2

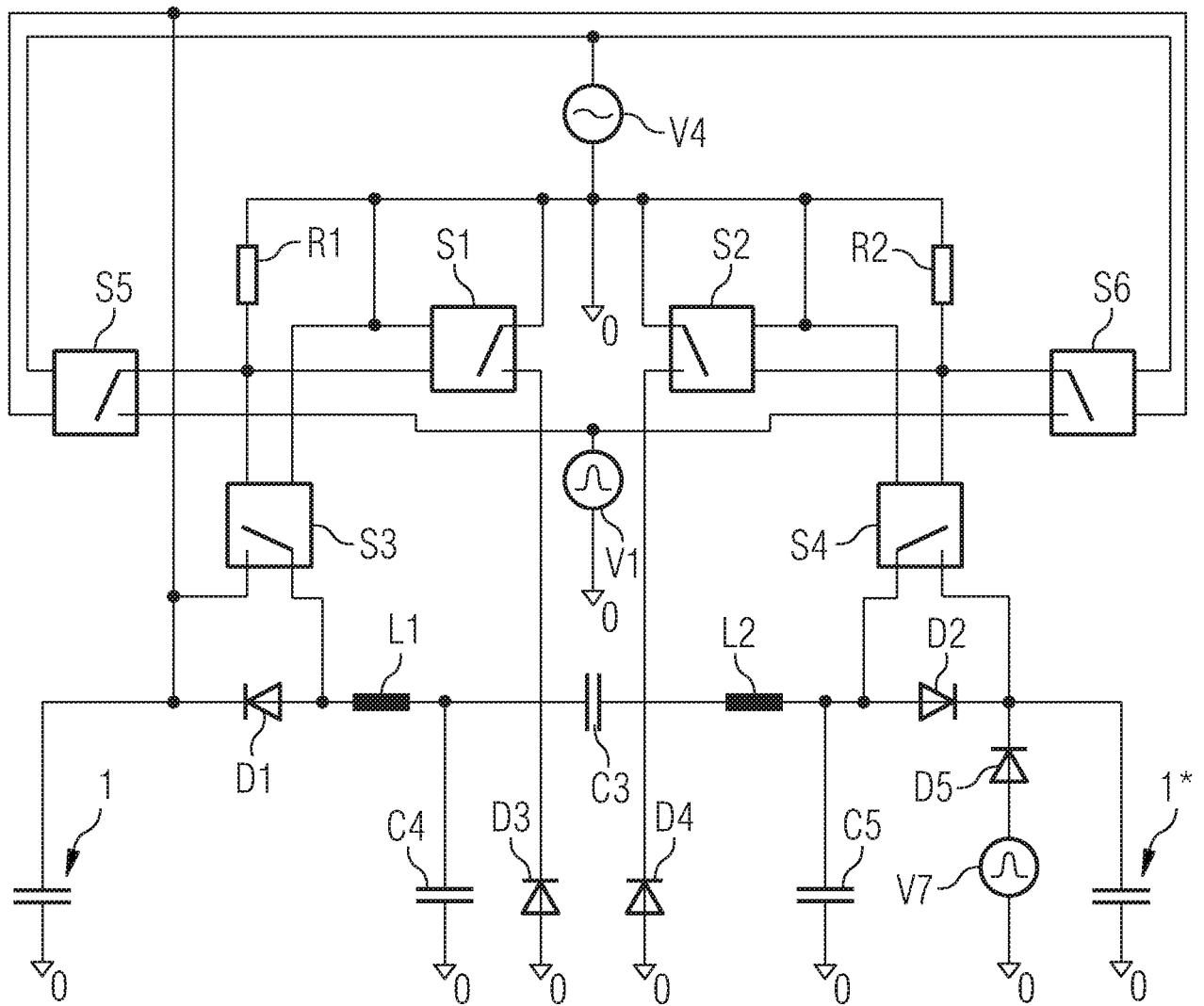


FIG 3

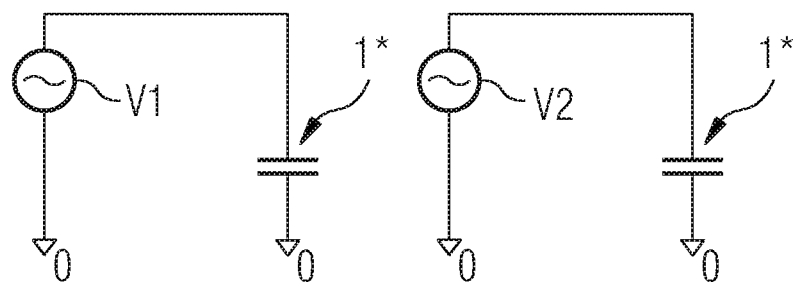


FIG 4

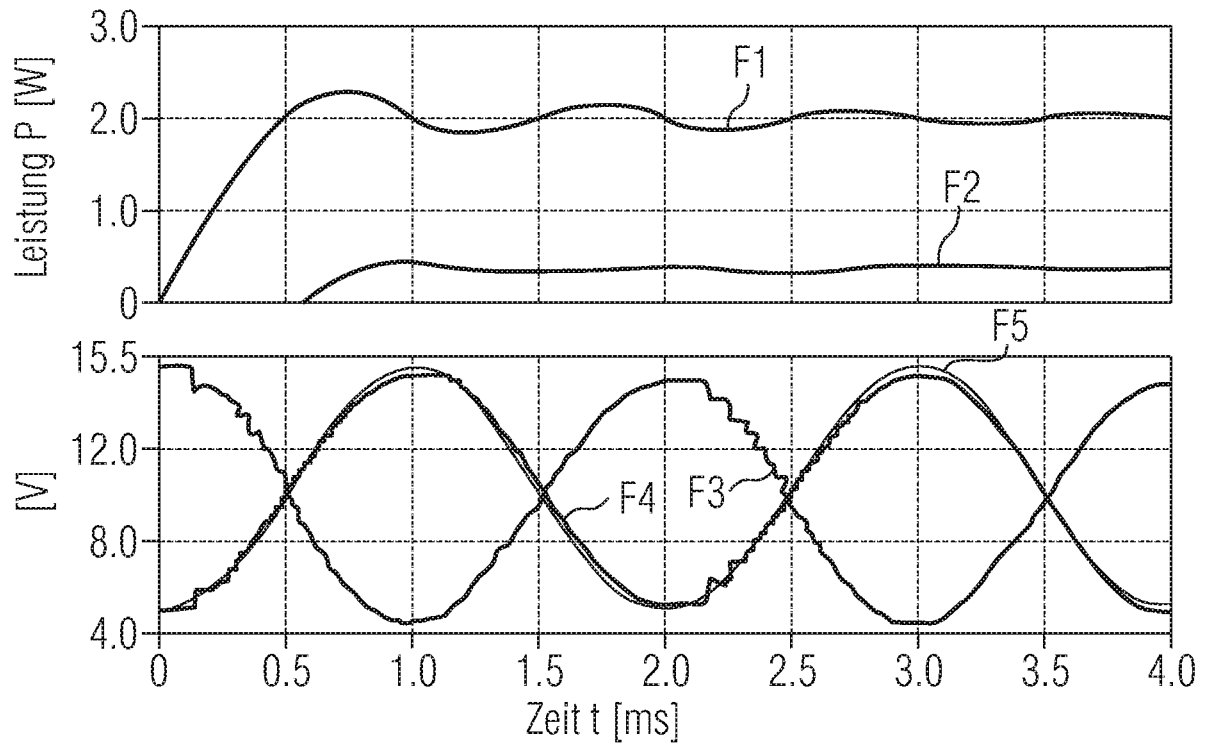


FIG 5

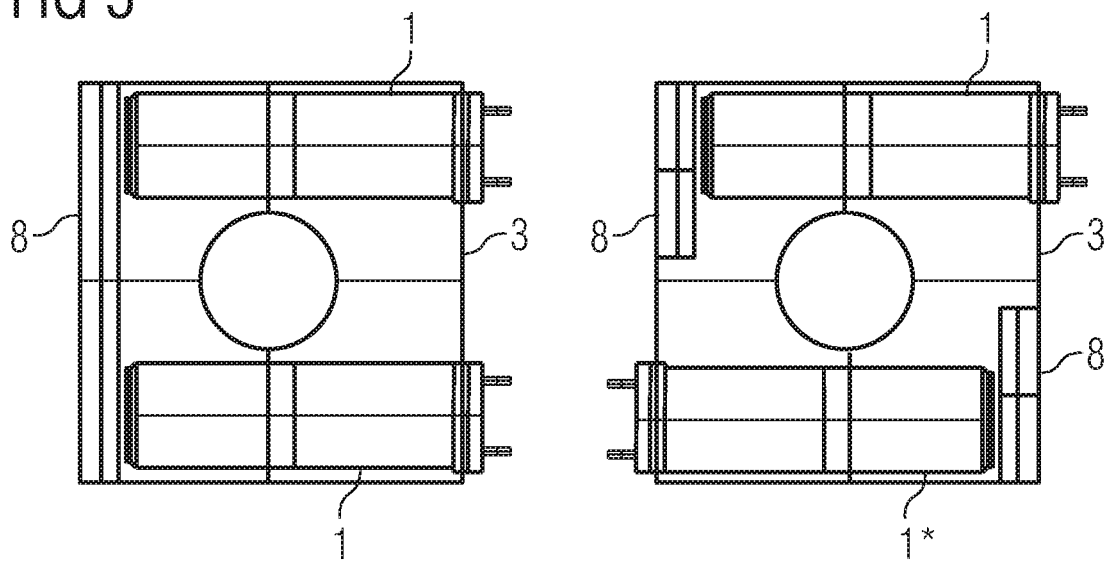


FIG 6

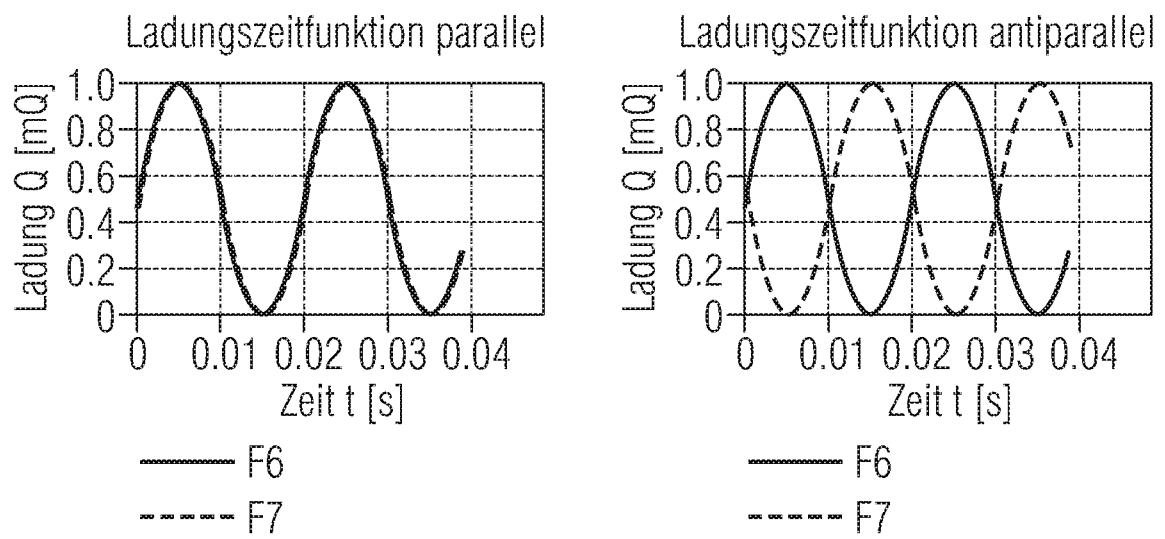


FIG 7

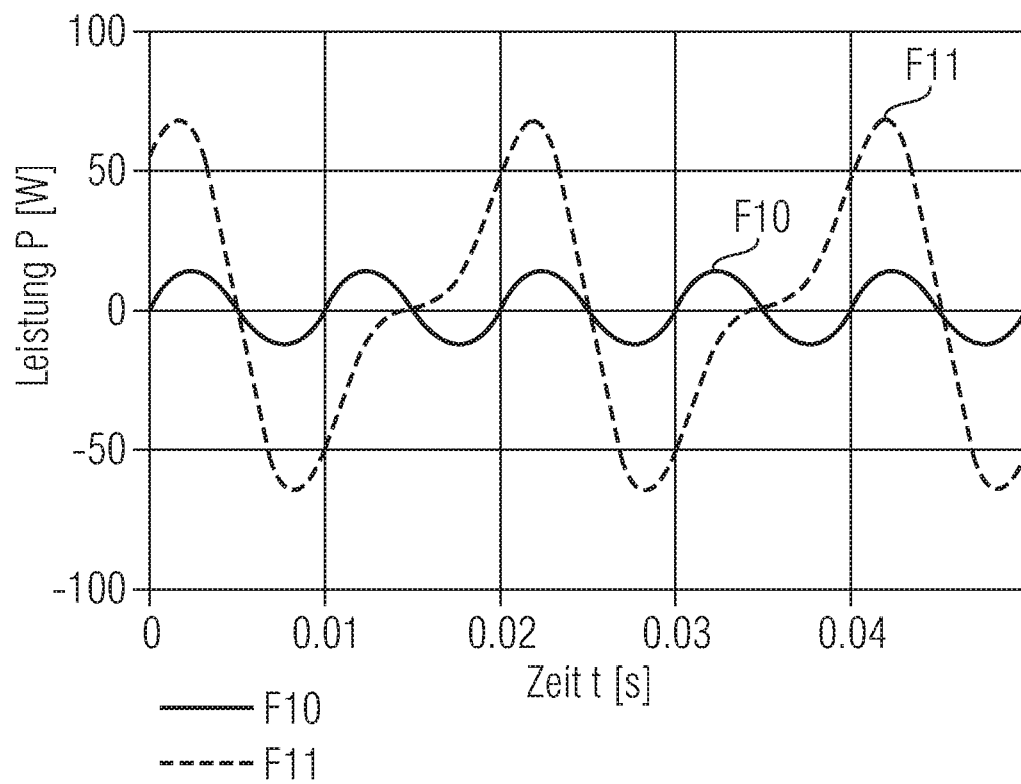
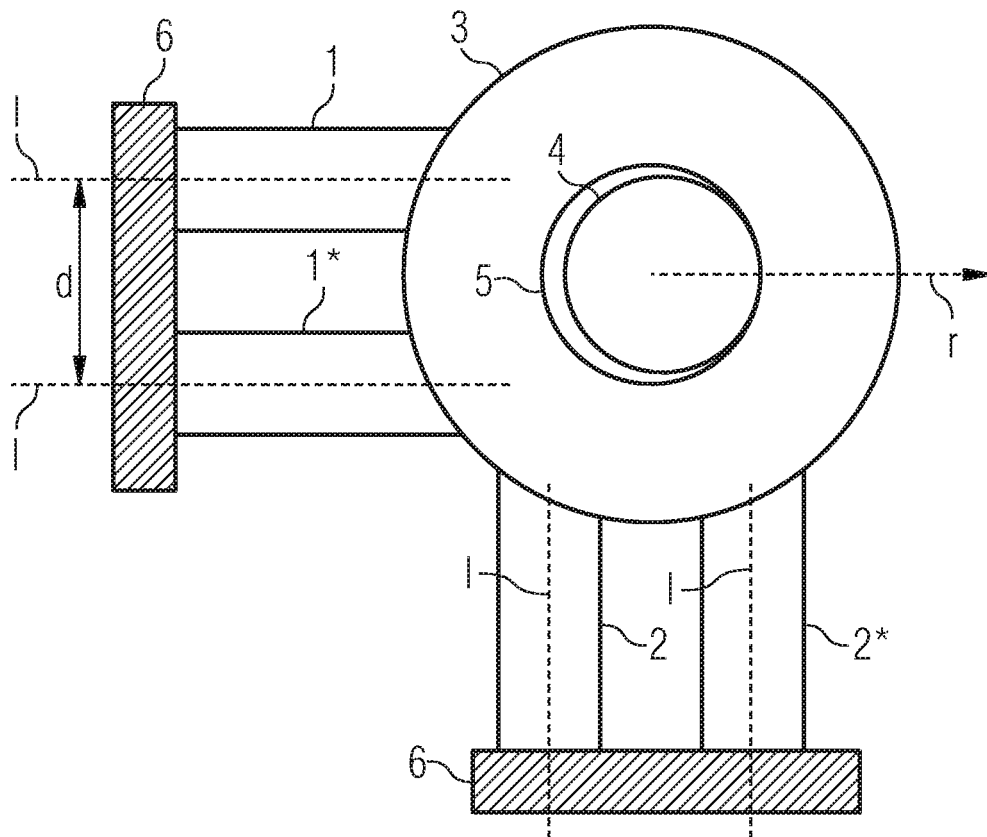


FIG 8 Stand der Technik

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2007/055416

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H01L41/04 H01L41/09

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 449 048 A1 (ROCKWELL INTERNATIONAL CORP [US]) 2 October 1991 (1991-10-02)	1-3,6-8
Y	column 2, line 47 - column 3, line 46 column 6, lines 19-29 figures 1,5	4,5,9-15
Y	EP 1 098 429 A2 (SIEMENS AG [DE]) 9 May 2001 (2001-05-09) cited in the application	10,15
A	paragraphs [0004] - [0009] paragraphs [0011] - [0017] figures 1,9	1,6
Y	JP 60 160384 A (MURATA MANUFACTURING CO) 21 August 1985 (1985-08-21) abstract; figures 1-4	4,5,9-15
	-/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

24 August 2007

Date of mailing of the international search report

10/09/2007

Name and mailing address of the ISA/
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Steiner, Markus

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2007/055416

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P,A	WO 2007/028780 A (SIEMENS AG [DE]; GOTTLIEB BERNHARD [DE]; KAPPEL ANDREAS [DE]; SCHWEBEL) 15 March 2007 (2007-03-15) page 1, paragraph 3 - page 2, paragraph 1 page 3, paragraph 2 - page 4, paragraph 1 -----	1,6,10
P,A	WO 2006/125798 A (SIEMENS AG [DE]; KAPPEL ANDREAS [DE]; SCHWEBEL TIM [DE]; GOTTLIEB BERN) 30 November 2006 (2006-11-30) page 1, line 26 - page 2, line 2 page 3, line 15 - page 4, line 5 figure 1 -----	1,6,10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2007/055416

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0449048	A1	02-10-1991	BR 9101039 A	05-11-1991
			CA 2038465 A1	24-09-1991
			CN 1055264 A	09-10-1991
			DE 69109164 D1	01-06-1995
			DE 69109164 T2	04-01-1996
			DK 449048 T3	26-06-1995
			ES 2074185 T3	01-09-1995
			JP 4229082 A	18-08-1992
EP 1098429	A2	09-05-2001	DE 19952946 A1	17-05-2001
			ES 2228378 T3	16-04-2005
			JP 2001161083 A	12-06-2001
			US 6664710 B1	16-12-2003
JP 60160384	A	21-08-1985	JP 1825926 C	28-02-1994
			JP 5034908 B	25-05-1993
WO 2007028780	A	15-03-2007	DE 102005042108 A1	15-03-2007
WO 2006125798	A	30-11-2006	DE 102005024318 A1	07-12-2006

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2007/055416

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. H01L41/04 H01L41/09

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
H01L

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 0 449 048 A1 (ROCKWELL INTERNATIONAL CORP [US]) 2. Oktober 1991 (1991-10-02)	1-3, 6-8
Y	Spalte 2, Zeile 47 - Spalte 3, Zeile 46 Spalte 6, Zeilen 19-29 Abbildungen 1,5	4, 5, 9-15
Y	EP 1 098 429 A2 (SIEMENS AG [DE]) 9. Mai 2001 (2001-05-09) in der Anmeldung erwähnt	10, 15
A	Absätze [0004] - [0009] Absätze [0011] - [0017] Abbildungen 1,9	1, 6
Y	JP 60 160384 A (MURATA MANUFACTURING CO) 21. August 1985 (1985-08-21) Zusammenfassung; Abbildungen 1-4	4, 5, 9-15
	-/--	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

24. August 2007

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

10/09/2007

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Steiner, Markus

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2007/055416

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
P,A	WO 2007/028780 A (SIEMENS AG [DE]; GOTTLIEB BERNHARD [DE]; KAPPEL ANDREAS [DE]; SCHWEBEL) 15. März 2007 (2007-03-15) Seite 1, Absatz 3 - Seite 2, Absatz 1 Seite 3, Absatz 2 - Seite 4, Absatz 1 -----	1,6,10
P,A	WO 2006/125798 A (SIEMENS AG [DE]; KAPPEL ANDREAS [DE]; SCHWEBEL TIM [DE]; GOTTLIEB BERN) 30. November 2006 (2006-11-30) Seite 1, Zeile 26 - Seite 2, Zeile 2 Seite 3, Zeile 15 - Seite 4, Zeile 5 Abbildung 1 -----	1,6,10

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2007/055416

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0449048 A1	02-10-1991	BR 9101039 A	05-11-1991
		CA 2038465 A1	24-09-1991
		CN 1055264 A	09-10-1991
		DE 69109164 D1	01-06-1995
		DE 69109164 T2	04-01-1996
		DK 449048 T3	26-06-1995
		ES 2074185 T3	01-09-1995
		JP 4229082 A	18-08-1992
EP 1098429 A2	09-05-2001	DE 19952946 A1	17-05-2001
		ES 2228378 T3	16-04-2005
		JP 2001161083 A	12-06-2001
		US 6664710 B1	16-12-2003
JP 60160384 A	21-08-1985	JP 1825926 C	28-02-1994
		JP 5034908 B	25-05-1993
WO 2007028780 A	15-03-2007	DE 102005042108 A1	15-03-2007
WO 2006125798 A	30-11-2006	DE 102005024318 A1	07-12-2006