

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Abstrahlen von Ultraschallenergie in eine Flüssigkeit nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1, mit einem Resonator, welcher an wenigstens einen Schallwandler gekoppelt ist.

Eine derartige Vorrichtung ist im Stand der Technik hinlänglich bekannt. So ist beispielsweise aus der EP 0 455 837 A1 ein Ultraschall-Resonator bekannt, welcher ein stab- oder rohrförmiges, schallabstrahlendes Teil hat, welches mit seinen beiden Stirnseiten jeweils an einen longitudinale Schwingungen ausführenden Schallwandler angekoppelt ist. Der als Resonator dienende Schall abstrahlende Teil besteht in der Praxis regelmäßig aus einer Titanlegierung, wie beispielsweise AL6V4, da dieses Material im Hinblick auf die Schwingungseigenschaften sehr gute Eigenschaften hat. Nachteilig bei diesem Material ist jedoch, daß es nicht säurebeständig ist. Es ist daher nur bedingt möglich, den bekannten Resonator in aggressive Flüssigkeiten wie beispielsweise Säuren einzutauchen.

Die Gehäuse der Schallwandler bestehen regelmäßig aus Edelstahl, welche eine relativ gute Säurebeständigkeit haben. Da Edelstahl jedoch keine guten Eigenschaften im Hinblick auf das Schwingungsverhalten hat, sieht man regelmäßig davon ab, den Resonator aus Edelstahl herzustellen. Die Nachteile bei den Schwingungseigenschaften werden durch die Verbesserung der Säurebeständigkeit nicht aufgehoben.

Es hat Versuche gegeben, die Oberfläche eines aus einer Titanlegierung bestehenden Resonators mit einem säurebeständigen Material wie beispielsweise Chrom zu beschichten. Durch die Schwingungen, die der Resonator ausführt, bekommt die Beschichtung jedoch nach kurzer Zeit Risse, welche einen guten Angriffspunkt für Säure darstellen. So tritt bei einem derartigen Resonator nach relativ kurzer Zeit ein sogenannter Kavitationsfraß auf.

Es ist Aufgabe der Erfindung, eine eingangs genannte Vorrichtung derart auszubilden, daß sie im Hinblick auf aggressive Flüssigkeiten wie beispielsweise Säuren verbesserte Eigenschaften hat.

Die Lösung dieser Aufgabe ergibt sich aus den Merkmalen des kennzeichnenden Teils des Anspruchs 1. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Gemäß der Erfindung ist bei einer Vorrichtung zum Abstrahlen von Ultraschallenergie in eine Flüssigkeit, mit einem Resonator, welche an wenigstens einen Schallwandler gekoppelt ist, ein Schutzrohr vorhanden, welches wenigstens den Resonator dicht umschließt.

Durch das Schutzrohr wird in vorteilhafter Weise erreicht, daß der Resonator nicht mehr mit der Flüssigkeit in Berührung kommt, in die die Ultraschallenergie abgestrahlt werden soll. Er ist somit der Flüssigkeit nicht mehr direkt ausgesetzt, so daß er im Falle von aggressiven Flüssigkeiten wie beispielsweise Säuren von der Flüssigkeit nicht mehr angegriffen werden kann.

In vorteilhafter Weise ist das Schutzrohr mit einer Ultraschall leitenden Flüssigkeit gefüllt. Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Flüssigkeit entgast ist. Sehr gut geeignet hat sich beispielsweise entgastes Wasser.

Durch die Flüssigkeit, welche den Resonator nicht angreift, wird ein sehr guter Wirkungsgrad erreicht. Der Wirkungsgrad ist so hoch, daß nahezu nicht feststellbar ist, daß sich der Resonator innerhalb eines Schutzrohres befindet.

Zwar kann bei dem Schutzrohr im Laufe der Zeit auch ein Kavitationsfraß auftreten, da das Schutzrohr jedoch relativ dickwandig sein kann, ist die Standzeit eines mit einem Schutzrohr versehenen Resonators sehr hoch. Darüber hinaus wirkt sich das Schutzrohr sehr günstig auf die Kosten

aus, da lediglich das Schutzrohr ausgetauscht werden muß und ein Schutzrohr wesentlich preiswerter herstellbar ist, als ein Resonator. Zudem könnte die Oberfläche des Schutzrohrs auch spanabhebend wie beispielsweise durch Drehen so bearbeitet werden, daß sie wieder glatt ist.

Darüber hinaus hat ein aus einem nicht leitenden Material bestehendes Schutzrohr überall dort einen großen Vorteil, wo durch Kavitationslochfraß abgelöste Metallpartikel störend sind, wie dies beispielsweise bei der Waferreinigung in der Halbleitertechnik der Fall ist.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn das Schutzrohr aus einem gut Ultraschall leitenden Material wie Glas oder Keramik besteht, wie dies bei einer besonderen Ausführungsform der Erfindung vorgesehen ist. Dadurch, daß das Schutzrohr aus einem gut Ultraschall leitenden Material besteht, werden die Verluste, die durch das Schutzrohr bedingt sind, sehr gering gehalten.

Des weiteren ist es sehr vorteilhaft, wenn das Schutzrohr aus einem Säure resistenten Material wie Glas oder Keramik besteht. Dadurch, daß das Schutzrohr aus einem Säure resistenten Material besteht, läßt sich der Resonator problemlos in einer aggressiven Flüssigkeit verwenden. Durch die Säurebeständigkeit des Materials wird erreicht, daß das Schutzrohr zumindest für eine sehr lange Zeit unbeschädigt bleibt.

Als besonders vorteilhaft hat sich herausgestellt, das Schutzrohr aus PVDF-Kunststoff herzustellen. PVDF-Kunststoff hat hervorragende Eigenschaften im Hinblick auf eine Leitung des Ultraschalls bei einer sehr hohen Säurebeständigkeit. Ein aus PVDF-Kunststoff hergestelltes Schutzrohr hat somit einen hohen Wirkungsgrad als auch eine sehr lange Standzeit.

Wenngleich PVDF-Kunststoff auch sehr gut zur Herstellung eines Schutzrohrs geeignet ist, so kann das Schutzrohr jedoch aus einem anderen Material bestehen, welches im Hinblick auf eine gute Leitung von Ultraschall sehr hart ist und darüber hinaus resistent gegen die Flüssigkeit, in welcher der Resonator verwendet werden soll.

Bei einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, daß an den Stirnseiten des Resonators jeweils ein Schallwandler angeordnet ist. Hierbei ist es besonders vorteilhaft, wenn die Schallwandler eine der inneren Kontur des Schutzrohrs entsprechende äußere Kontur haben, wobei zwischen den Schallwandlern und dem Schutzrohr ein Abstand vorhanden ist, der so gering ist, daß in ihn keine Flüssigkeit eindringen kann. Hierdurch wird in vorteilhafter Weise erreicht, daß die Schallwandler im Schutzrohr nicht besonders befestigt werden müssen. Dadurch, daß die äußere Kontur der Schallwandler an die innere Kontur des Schutzrohrs angepaßt sind, sitzen sie ohne besondere Maßnahmen sehr gut im Schutzrohr.

Besonders vorteilhaft ist auch eine Ausführungsform der Erfindung, bei der das Schutzrohr als einseitig offener Zylinder ausgebildet ist, welcher an seinem offenen Ende einen Flansch aufweist. Durch den Flansch läßt sich das Schutzrohr auf sehr einfache Weise mit einem Schallwandler verbinden, da diese häufig zu ihrer Befestigung ebenfalls einen Flansch aufweisen. Des weiteren läßt sich die gesamte Anordnung sehr einfach beispielsweise in einem Behälter befestigen.

Besonders vorteilhaft ist auch eine Ausführungsform der Erfindung, bei der das Schutzrohr an seinem geschlossenen Ende eine Abschlußkappe aufweist, welche mit dem Schutzrohr verschweißt ist. Durch die Verschweißung der Abschlußkappe mit dem Schutzrohr wird eine sehr zuverlässige und absolut dichte Verbindung der Abschlußkappe mit dem Schutzrohr erreicht. Dies ist besonders wichtig, da das Schutzrohr den vom Resonator abgestrahlten Schwingungen ausgesetzt ist. Ein derartiges Schutzrohr läßt sich sehr