

51

Int. Cl. 2:

G 21 B 1-00

19 BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT



DT 24 00 274 A1

11

Offenlegungsschrift 24 00 274

21

Aktenzeichen: P 24 00 274.2

22

Anmeldetag: 4. 1. 74

43

Offenlegungstag: 17. 7. 75

30

Unionspriorität:

32 33 31

—

54

Bezeichnung: Pulsierendes Deuterium-Lithium-Kernkraftwerk

61

Zusatz zu: P 23 29 409.9

71

Anmelder: Fischer, Albert George, Prof. Dr., 4600 Dortmund

72

Erfinder: gleich Anmelder

DT 24 00 274 A1

PULSIERENDES DEUTERIUM-LITHIUM-KERNKRAFTWERK

Albert G. Fischer, 46 Dortmund-Wellinghofen, Preinstr. 132 ^{x)}.

Zusammenfassung: Dies ist der Vorschlag eines neuartigen Kernkraftwerks, bei dem periodisch im Innern eines Klotzes aus Lithium-6-Deuterotritid ${}^6\text{LiD}_{1-x}\text{T}_x$ ($0 < x < 0.5$) auf elektrischem Wege winzige Lithium-Deuterium-Plasmen hoher Dichte produziert und in ihnen Mikroexplosionen elektrisch gezündet werden, wobei Lithium und Deuterium zu Helium verbrennt. Ein großer konzentrischer Plattenkondensator niedrigster Induktivität wird periodisch durch eine Masse von geschmolzenem Li_2DT entladen, die sich in seinem Mittelpunkt befindet. Vor jeder Entladung wird ein Leitfähigkeitspfad durch einen Ionenstromstoß vorgeformt. Der starke Kondensatorentladungsstrom bildet sodann einen Hochtemperatur-Hochdruckkanal aus, der sich magnetisch selbstkomprimiert. Er wird von der umgebenden Flüssigkeit und von den Berylliumelektroden begrenzt. Primäre Neutronen werden im Plasma teils durch thermonukleare Kernfusion, teils durch überthermische Kollision kollektiv feldbeschleunigter Deuteronen und Tritonen erzeugt. Sie bilden die Köpfe von Lithium-Triton-Deuteron-Neutron-Reaktionsketten, die sich entlang dem Plasma kanal ausdehnen, aber in den umgebenden nicht-ionisierten Wandungen ausgelöscht werden. Dort brüten sie Tritium, welches chemisch gebunden wird und am nächsten Zyklus teilnehmen kann, und erzeugen Hitze. Die verschiedenen Strahlungen und die Knallwelle werden von den umgebenden Gasen, Flüssigkeiten und Festkörpern geschluckt, und die Hitze wird von einer mit Lithium gefüllten eingetauchten Kühlschlange zum angeschlossenen Turbinengeneratorkraftwerk geleitet. Nach jedem Puls wird der Entladungskanal von der Flüssigkeit durch Konvektion ausgelöscht und homogenisiert.

Dieser einfache Reaktor basiert auf bekannten Effekten, kann nicht explodieren und erzeugt keine radioaktiven Abfälle. Brennstoff für seinen Betrieb ist für Millionen von Jahren vorhanden. Das Konzept kann auf einfache und billige Weise gefahrlos experimentell geprüft werden.

^{x)} Der Autor ist jetzt Professor (Halbleiter-Bauelemente) an der Universität Dortmund. Diese Erfindung ist vor Antritt der gegenwärtigen Stelle entstanden.

Einleitung

- 4 -

Bei der Zügelung der Wasserstoffbombenenergie für friedliche Zwecke ist nur wenig Fortschritt zu verzeichnen. Da diese gewaltige Naturkraft gezähmt die Grundlage für die blühende Weiterentwicklung der menschlichen Zivilisation für künftige Jahrtausende sein könnte, sollte die Suche nach Lösungen das Anliegen jedes Ingenieurs sein. Neue Ideen werden hier benötigt!

Das technische Problem kann in zwei Teile zerlegt werden: I) Die periodische Zündung von Mikroexplosionen in dichten Kleinplasmen auf elektrischem Wege anstatt durch Benützung eines Plutonium-Detonators, der nur eine Makroexplosion auslöst, und II) die Konstruktion eines Behälters, der Millionen von Mikroexplosionen ohne Abnutzung aushalten kann, in Analogie zum chemischen Verbrennungsmotor (1), und welcher es gestattet, die entstehende Hitze als nutzbare Elektroenergie wiederzugewinnen.

Riesige Summen von Steuergeldern werden jährlich zur Lösung Teils I ausgegeben, unter fast ausschließlicher Beschränkung auf die D-D-Fusionsreaktion, die ja nur einen Teil des in einer explodierenden Wasserstoffbombe ablaufenden Kernprozesses darstellt. Aber selbst wenn Kernreaktionen von technischem Ausmaß in den komplizierten bis jetzt gebauten Maschinen (2-9) erzielt werden könnten, würden diese Versuchsapparate wohl kaum mit dem damit einhergehenden intensiven Neutronenfluß (der die Umwelt radioaktiv macht), und der Knallwelle (die ja die Explosivkraft eines Kilogramms TNT hat) fertig werden.

Auch wird bisher nur wenig Notiz genommen vom Teil II, dem Behälterproblem. Wie müßte ein Gefäß konstruiert sein, daß es Millionen von kleinen Kernexplosionen unbeschädigt aushalten kann? Wie kann man die Sprengenergie ohne Umweltgefährdung in nützliche Elektroenergie umwandeln?

Die Konstruktionserfordernisse eines solchen Behälters bestimmen ausschlaggebend, welche physikalischen Prozesse für den elektrischen Zündvorgang im Innern des Behälters verwandt werden müssen, und welche Anordnungen von vornherein unpraktisch sind.

Wie wir zeigen werden, führt diese ingenieurmäßige Annäherungsmethode (die vom Verfasser bereits 1956 begonnen wurde (10), als er erkannte, daß die Kernreaktionskammer nur durch Flüssigkeiten umwandelt werden kann), zur Konzeption eines überraschend einfachen Reaktors, dessen Prinzip überdies auf billige und bequeme Weise auf seine Gültigkeit

geprüft werden kann, ohne Gefahr für die Umgebung.

Grundlegende Überlegungen

Wie zuerst von Ulrich Jetter veröffentlicht (11) und kürzlich von McNally voll bestätigt (12), besteht die Wasserstoffbombe aus einem Plutoniumspaltungs-Detonator, der den umgebenden Mantel aus ${}^6\text{LiD}$ (mit Beryllium dotiert) in ein dichtes, heißes Plasma umwandelt, in dem sich n-Li-t-d-Spaltungs-Fusionsketten, gestartet von den Neutronen des Pu-Detonators, ausdehnen können ^{x)}. (Die Be-Dotierung wirkt als Neutronenvervielfacher; wenn von einem Neutron getroffen, spaltet sich Be in zwei Neutronen und zwei Alphateilchen).

Ehe wir zu Einzelheiten unseres Vorschlags, Mikroexplosionen in LiD durch Kondensatorentladungen zu zünden, übergehen, sind einige allgemeine Bemerkungen angebracht. Wie verhindern wir, daß wir nicht eine weitere Wasserstoffbombe bauen?

Es ist wichtig zu erkennen, daß n-Li-t-d-Kernreaktionsketten sich nur in einem voll-ionisierten, heißen Plasma ausdehnen können. In einem kalten Plasma, und erst recht in unionisierter Materie, werden die Tritonen bereits nach kurzer Weglänge unter die Reaktionsenergie abgebremst, lange ehe sie mit einem Deuteron verschmelzen können (2).

Am allmählichen Übergang: Heißes Li-D Plasma/kalte, nichtionisierte Wandung werden die Reaktionsketten abgestoppt. Das Neutron spaltet Li, aber das resultierende Triton bleibt stecken und wird chemisch gebunden. Selbstverständlich muß die bei jeder Mikroexplosion freiwerdende Energie zu klein sein, eine nennenswerte Menge der umgebenden Flüssigkeit in ein heißes Plasma zu verwandeln, sonst würde eine unaufhaltsame Vergrößerung, eine Makroexplosion, resultieren.

Zwecks Sicherung dieser unergiebigsten Mikroexplosion müssen wir dem Plasma eine "ungünstige" Form geben, also Fadenform statt Kugelform.

^{x)} Ein primäres Neutron des Pu-Detonators spaltet ein ${}^6\text{Li}$ in ein Triton und ein Alphateilchen, $n + {}^6\text{Li} \rightarrow t + \alpha + 4.8 \text{ MeV}$. Das energiereiche Triton kollidiert und verschmilzt mit einem Deuteron, $t + d \rightarrow n + \alpha + 17.6 \text{ MeV}$. Eine Anzahl anderer Fortpflanzungs- und Verzweigungsreaktionen treten in einem heißen Plasma auf, das H, D, T, ${}^6\text{Li}$, ${}^7\text{Li}$, ${}^9\text{Be}$ enthält (12). Das Endresultat ist die Verbrennung von Li und D zu He.

Dies ergibt sich ohnehin zwangsläufig durch unseren Kondensator-entladungskanal. Lange Lawinenketten mit vielen Generationen können sich nur längs, aber nicht quer zum Plasmafaden ausbreiten. Das starke selbstmagnetische Feld, das den Entladungsstrom konzentrisch umgibt, biegt radial nach außen entfliehende geladene Kerne zum Kanal zurück und verhindert damit ebenfalls die Ausweitung der Explosion nach außen.

Der gemeinhin erhobene Einwand gegen den dynamischen linearen Pinch, daß sich das Plasma an den Elektroden abkühlt, ist hier ungültig aus verschiedenen Gründen: Wegen der sehr hohen Teilchendichte unseres Plasmas (ungefähr $10^{23}/\text{cm}^3$) ist die mittlere freie Weglänge kurz (~ 1 cm) verglichen mit der Kanallänge (angenommen zu 20 cm), so daß nur ein Bruchteil der Kerne die Elektrode treffen. Das Gegenteil war bei den bisherigen Gasentladungen der Fall(2). Weiterhin bestehen die Elektroden aus Be, welches Neutronen re-emittiert (und das ohne Entstehung radioaktiven Abfalls), wodurch das Plasma nahe der Elektrode vielleicht sogar heißer wird. Jedoch brauchen wir die hohen Temperaturen, wie sie in den reinen D-D-Fusionsmaschinen nötig sind, garnicht zu erreichen. In den D-D-Fusionsmaschinen mußte das gesamte Plasma auf Fusionstemperatur geheizt werden, in Analogie zum Verbrennungsprozess im Dieselmotor, infolge der Abwesenheit von Lawinenreaktionen. In unserem Fall ist das Li-D-T-Plasma eine explosive Mischung, die nur an einer oder ein paar Stellen gezündet zu werden braucht, wie beim Otto-Motor, wo sich die Verbrennung durch Kettenreaktion ausbreitet. Von einem primären Neutron eingeleitet, kann eine Lawine Millionen von Neutronen erzeugen. Natürlich breitet sich die Verbrennung umso schneller aus, je mehr Zündzentren ursprünglich da sind.

Zur Unterstützung des hier vorgeschlagenen Kondensatorzündvorgangs muß erwähnt werden, daß man kürzlich bei Experimenten mit durch Kondensatorentladung induzierten "Drahtexplosionen" von deuterierten Metalldrähten, Polyäthylen- oder Nylonfäden bis zu 10^{10} Neutronen pro Puls erzeugt hat (13-15), und daß bei ähnlichen "Explosionen" von Li-dotiertem ND_3 (flüssiger Ammoniak) 10^7 Neutronen pro Puls erzeugt worden sind (16). Diese D-D-Drahtexplosionen stellen einen ungünstigeren Fall dar als der hier vorgeschlagene: Die Plasmen

waren stark verunreinigt durch hochgeladene Kerne (Metalle, Kohle, Stickstoff), welche das Plasma durch ihre starke elektromagnetische Strahlung abkühlten. In unserem Falle ist ${}^3\text{Li}$ der höchstgeladene Kern. Das umgebende, allmählich kühler werdende LiD bildet Strahlungsmäntel, welche die Energie zusammenhalten. Die schädliche "Kink"-Instabilität, welche den Entladungsstrom zu unterbrechen versucht, war in diesen Versuchen vorhanden, während sie in unserem Falle wegen der flüssigen Wandungen (die während der 10^{-7} sec des Entladungspulses nicht weichen) unterdrückt ist. Und die benutzten Kondensatoren waren nicht so induktionsarm wie der hier vorgeschlagene Kondensator, sie hatten infolgedessen nicht die steil ansteigende Stromfront, die für die selbstmagnetische Kompression des Plasmas, bei der offenbar die Neutronen erzeugt werden, so wichtig ist.

Was den physikalischen Prozess angeht, durch den die primären Neutronen erzeugt werden, so ist es wahrscheinlich, daß die D-T und D-D-Fusionen nicht alle thermonuklearen Ursprungs sind (wo sich alle Kerne auf der gleichen hohen Energie im KeV-Bereich befinden), sondern durch feldbeschleunigte überthermische Zusammenstöße entstehen (15).

Der vorgeschlagene pulsierende Kernreaktor

Die Konstruktionsmerkmale des vorgeschlagenen pulsierenden Kernreaktors sind schematisch in der Figur 1 dargestellt.

Der konzentrische Plattenkondensator 1 hat einen Durchmesser in der Größenordnung von 10 m. Er kann aus radial konvergierenden Streifen 3 bestehen, wie in Fig. 1a illustriert, wodurch die Herstellung erleichtert wird. Seine Größe ist begrenzt von der Lichtgeschwindigkeit - die Entladungsfront muß von einer Kante der Platten durch den zentralen Entladungskanal zur anderen Kante der Platten wandern, innerhalb der gewünschten Entladungszeit von höchstens 10^{-6} sec.

In der Mitte ist dieser Kondensator zur Aufnahme der Entladungskammer aufgewölbt.

Bei einer Ladesspannung von etwa 200 kV speichert der Kondensator etwa 1 Megajoule. Wegen seiner geringen Induktivität wird diese Energie während des rasch-ansteigenden ersten Pulses abgegeben.

Für das dielektrische Isoliermaterial des Kondensators werden heißgepresste Platten eines ferroelektrischen Materials wie Blei-Lanthanzirkonat-Titanat (abgekürzt PLZT) vorgeschlagen. PLZT ist kürzlich auf dem Gebiet der Elektro-Optik für Lichtmodulation wichtig geworden. Es hat eine hohe Dielektrizitätskonstante, selbst bei Frequenzen von 10^7 Hz. Die Platten 7 sind ungefähr 1 cm dick und haben gefaltete Kanten zwecks geeigneter Überlappung. Die Spalten sind mit Titan-Zirkonoxyzement hoher DK ausgefüllt. Die Platten sind beidseitig metallisiert, und die elektrische Verbindung wird durch aufgelötete Streifen 8 hergestellt.

Die zentrale Flüssigkeitsmasse 5 besteht anfänglich aus LiD, welches sich dann während des Betriebs mit LiT anreichert. Sie wird vom Behälter 13 von etwa 1 m^3 Inhalt umgeben. Die physikalisch-chemischen Eigenschaften von LiD-LiT (oder LiH) sind für unsere Zwecke sehr günstig: Der Schmelzpunkt ist 688°C . Die Schmelze ist eine stabile, klar durchsichtige Flüssigkeit mit geringem Zersetzungsdruck. Die Wärmekapazität und die Schmelzwärme sind hoch, wie die von Wasser. Die Stoffe sind die besten existierenden Neutronen-Moderatoren und -Absorber. Festes LiH hat NaCl-Struktur, hat zu 90 % ionische Bindung, und die verbotene Zone ist ungefähr 6 eV. Geschmolzenes LiH ist ein guter Ionenleiter, wobei Li^+ das Kation, H^- (entgegen sonstigen Verbindungen) das Anion^{ist}. Die ionische Leitfähigkeit kann unterdrückt werden, wenn man das Material anionen-überschüssig hält. Die Leitfähigkeit steigt stark mit der Temperatur an. In hochfrequenten Feldern ($>10^6$ Hz) verhält sich die anionen-überschüssige Flüssigkeit wie ein Isolator, da die Ionen dem Feld nicht mehr folgen können. Es gibt keine elektronische Halbleitung, es sei denn, überschüssiges Lithium (leicht ersichtlich durch Blaufärbung) ist vorhanden.

Das flüssige LiD 5 ($T > 688^\circ\text{C}$) im inneren Raum 5 ist umgeben von einer dicken Kruste von ungeschmolzenem LiD 11 ($T < 688^\circ\text{C}$). Darin ist die Kühlspirale 14 suspendiert, die mit flüssigem Lithium gefüllt ist. Um dem Angriff des heißen Li und LiD zu widerstehen, besteht sie aus Mo, V, Zr oder Ti. Der Schmelzpunkt von Li ist 186°C ,

der Siedepunkt 1336°C . Dieses Lithium ist das Wärmeübertragungsmedium zum Wärmeaustauscher und Turbogenerator. Seine Arbeitstemperatur ist ungefähr 670°C , womit wirksamer Betrieb der angeschlossenen Carnot-Prozess-Wärme­kraftmaschine ($\sim 35\%$) möglich ist. Lithium ist auch ein guter Neutronenmoderator.

Das geschmolzene LiD befindet sich unter einer komprimierten Deuterium-Gasatmosphäre 15, deren Primäraufgabe ist, das LiD anionen-überschüssig und damit hochohmig zu halten. Dieses Gaskissen wird zusätzlich zur Dämpfung der Schockwelle benutzt: Durch eine ringförmige Anordnung von kleinen Düsen 12 wird Deuterium am Boden in die heiße Flüssigkeit injiziert, wodurch sich ein Vorhang von aufsteigenden Bläschen 11 bildet! Im Oberteil 15 des Gefäßes 13 wird das Deuterium (jetzt beladen mit Tritium und Helium) gesammelt, durch Diffusion durch Palladium gereinigt, und über eine Pumpe erneut zirkuliert, ähnlich dem anderswo (3) benutzten Prinzip.

Die Berylliumelektroden 2 und 4 ragen weit in die Schmelze hinein. Sie sind von isolierenden Berylliumoxyd-Ringen 17 umschlossen, und von Krusten von gefrorenem LiD überzogen. Zum Ausgleichen des Abbrands können diese Elektroden nachstellbare innere Kerne 19 enthalten. Verunreinigung der Schmelze mit Be ist erwünscht, doch nimmt flüssiges LiD nur wenig Be auf. Abgefunkte Be-Partikel sammeln sich am Boden der Kammer als Schlamm an.

Während des Betriebs geschehen die folgenden Vorgänge:
Zur Inbetriebnahme müssen die Li- und LiD-Massen geschmolzen werden, z. B. mittels der elektrischen Heizung 21. Nach vollständigem Schmelzen wird die Heizung abgestellt und gewartet, bis sich die gefrorene Kruste 10 an den Wänden gebildet hat. Sie bildet eine Schutzwand gegen die Schockwellen, und sie stabilisiert die Temperatur der Schmelze. Dann wird der Kondensator auf etwa 200 kV geladen. Danach wird durch einen Ionenstromstoß ein vorionisierter Leitfähigkeitskanal in der LiD-Flüssigkeit zwischen den Elektroden vorgeformt. Dazu wird niederfrequenter Wechselstrom durch die Zuleitungen 23 und Schalter 25 angeliefert. Infolge des stark negativen Temperaturkoeffizienten des Widerstands zieht sich der Ionenstrom im wärmeren Zentrum zusammen und bildet einen heißen Stromfaden 6. Dieses Vorformen des Kanals dauert etwa $1/10$ sec.^{x)}

^{x)} Durch Überlagern von Gleichstrom über den Wechselstrom ist es möglich, die Schmelze vor den Elektroden mit Kationen oder Anionen anzureichern. Dies ist für die Neutronenausbeute vorteilhaft.

Dann wird der Schalter 25 geöffnet und gleichzeitig der Hauptschalter 27 pneumatisch geschlossen. Sobald der Kolben 27 der Oberfläche des flüssigen Galliums 29 nahekommmt (Gallium wurde gewählt wegen seines niedrigen Dampfdruckes; es ist durch eine neutrale Gasatmosphäre geschützt), zündet ein Lichtbogen und der Kondensator entlädt sich rasch, wobei ihm dieser Schalter nur einen äußerst niedrigen Widerstand bietet (10). Der Hauptwiderstand im vorionisierten Kanal 6 sinkt rasch wegen der Ausbildung des vollionisierten Plasmas ab. Der steil ansteigende Strom, welcher das leitfähige Plasma wegen des Skineffekts zylindrisch umhüllt, selbst-kontrahiert sich implotionsartig (siehe (2) Kapitel 7). Die gleichfalls schrumpfenden kreisförmigen magnetischen Feldlinien fegen die geladenen Teilchen, welche um sie kreisen, zum Zentrum, wo sie miteinander kollidieren und verschmelzen. Die aus diesen D-D, D-T und T-T-Fusionen resultierenden Neutronen bilden die Köpfe von Li-Spaltungs- und D-T-Fusionslawinen (12) entlang der Kanalachse. Seitwärts wegfliegende Neutronen brüten im umgebenden LiD Tritium, wodurch sich die Wandung stark erhitzt und ausdehnt. Der momentane Druck im Kanal mag auf 10^8 atm. ansteigen, die Temperatur auf viele Millionen Grad. Die radial nach außen abwandernde Schockwelle wird von der Kompressibilität des heißflüssigen LiD, vom Deuterium-Blasenvorhang, von der lithiumgefüllten Kühlturbine, und von der halbfesten LiD-Kruste gedämpft und abgefangen, ehe sie auf die feste Wand 13 trifft.

Da die Teilnahme von Tritium die Zündtemperatur erniedrigt, kann die Ladespannung des Kondensators in dem Maße erniedrigt werden, wie sich der Reaktor mit Tritium anreichert. Durch Dosieren des Vor- und Hauptstrompulses kann die Energieausbeute pro Puls optimalisiert werden.

Nach Beendigung des Pulses verschwindet der Entladungskanal in der Flüssigkeit, und die konzentrierten Hitzestellen und chemischen Segregationen werden von Konvektionsströmungen homogenisiert. Die Durchschnittstemperatur der Flüssigkeit steigt an, wodurch ein Teil der äußeren LiD-Wandungen abschmilzt und damit den Hitzestoß abfängt. Das flüssige Lithium in der Kühlturbine 14 kann deshalb gleichmäßig erwärmt und zirkuliert werden, ohne plötzliche Spitzenbelastungen, was die erforderliche Leistung der Zirkulationspumpe erniedrigt.

Der Kondensator wird neu aufgeladen, und ein neuer Puls kann beginnen. Die Pulsfrequenz ist etwa 1/sec. Die Energie pro Puls ist begrenzt durch die Festigkeit des Behälters 13, und ist bei einer ähnlichen Situation auf 100 Megajoule geschätzt worden (3). Kleinere Reaktoren sind möglich.

Verschiedene Reaktoren können um eine zentrale Turbogeneratoranlage herumgruppiert werden. Eine zentrale Hochspannungsquelle kann alle Kondensatoren aufladen.

Es ist ein wichtiger Vorteil dieses Reaktors, daß er automatisch die zum Betrieb aufgewandte Elektroenergie wiedergewinnt, mit dem Wirkungsgrad der Wärmekraftmaschine.

Vorschlag eines Testexperiments

Der entscheidende Test des hier vorgeschlagenen Prinzips ist natürlich die Demonstration eines Netto-Energiegewinns durch eine elektrisch gezündete Kernreaktion. Dies kann relativ einfach und billig durchgeführt werden, ohne Gefahr für die Umgebung.

Da die erforderliche ${}^6\text{LiD}$ -Füllung für den kompletten Reaktor wie in Abb. 1 gezeigt, zu teuer würde ^{x)}, wird vorgeschlagen, ein kleines, dünnwandiges Beryllium-Röhrchen (das durch elektrolytische Abscheidung hergestellt werden kann) mit geschmolzenem ${}^6\text{LiD}$ zu füllen. ${}^6\text{Li}_2\text{DT}$ wäre noch besser, kostet jedoch 10^6 dollars/kg (12). Diese Röhre wird dann zwischen die Elektroden einer der existierenden Kondensatorbänke plaziert. Um die Bedingungen des kompletten Reaktors so getreu wie möglich zu kopieren, wird die Be-Röhre mit einer großen Masse von geschmolzenem, normalen billigen LiH umgeben.

Die durch die Kernreaktion erzeugte Wärme kann leicht gemessen werden, ohne teure Neutronendetektoren, indem man den Temperaturanstieg des LiH-Bades vergleicht nach einem Puls, wo die Be-Röhre mit LiH gefüllt war (höchst wahrscheinlich keine Kernreaktion), mit dem Temperaturanstieg nach einem Puls, wo die Be-Röhre mit ${}^6\text{LiD}$ gefüllt war.

Nach Gelingen dieses Tests sollte man als nächstes das umgebende LiH allmählich durch ${}^6\text{LiD}$ ersetzen, um auch experimentell absolut sicherzustellen, daß wirklich keine Runaway-Situation eintritt. Die gefüllte Be-Röhre kann durch die durchbohrte Elektrode 4 an Stelle der Be-Stange 19 eingeführt werden. Durch Nachschieben nach jedem Puls wird übrigens periodischer Betrieb möglich.

^{x)} Oak Ridge National Laboratory, Tennessee, USA. Ungefähr 1000 dollar pro Gramm.

Zusammenfassung

Es gibt nur wenige leichte Elemente, und ihre Eigenschaften, die für unsere Aufgabe in Frage kommen, und sie können nur auf eine sehr begrenzte Anzahl von Weisen so arrangiert werden, daß sie die große Aufgabe erfüllen können. Der hier vorgelegte Entwurf, der auf Bekanntem basiert, ist realisierbar.

Die hier benutzten Kernreaktionen sind bekannt und sind in der Wasserstoffbombe bereits vielfach praktisch getestet worden. Sie stehen zu unser aller Zerstörung bereit. Dies muß verhindert werden.

Die elektrische Erzeugung und Zündung eines Li-D-Plasmas durch Kondensatorentladung ist die einfachste mögliche Methode, und ist dadurch wahrscheinlich gemacht, daß bereits 10^{10} Neutronen pro Puls mit primitiven Drahtexplosionen erzielt werden. Die Umgebungsprobleme eines 10-Megawatt-Reaktors mit 10^{15} Neutronen pro Puls sind im vorliegenden Reaktor bereits gelöst.

Der Einschluß des heißen, explodierenden Mikroplasmas durch eine große Masse von geschmolzenem und außen festem LiD erfüllt zahlreiche begehrenswerte Funktionen gleichzeitig und auf einfachste Weise: Unzerstörbarer Einschluß der Mikroexplosionen, niedrigere Zündtemperatur als der reine D-D-Fusionsreaktor, keine Gefahr der Verunreinigung des Plasmas durch schwere Kerne, Unterdrückung der Kink-Instabilität, wirksame Ausnützung der Streu-Neutronen zum Tritium-Brüten, sichere Abschirmung der Umgebung gegen Radioaktivität, bequeme Überführung der Reaktionshitze zum Wärmeaustauscher, automatische Wiedergewinnung eines Teils der elektrischen Betriebsenergie. x)

Es ist zu hoffen, daß diese überzeugenden Vorteile zu einer raschen Realisierung dieser Erfindung führen, zum Wohle aller. xx)

x) Als einprägsamer Name des vorgeschlagenen Prinzips wird "Fiscatron" empfohlen, wegen der Ähnlichkeit der Anordnung mit dem griechischen Buchstaben Φ (Phi) und mit dem Namen des Erfinders.

xx) Um diese Erfindung vor privatem und nationalem Eigennutz zu schützen, hat der Erfinder seine internationalen Patentrechte den Vereinten Nationen zur Obhut angeboten.

Literatur

- (1) E. Teller, "A Future Internal Combustion Engine (thermonuclear, that is) IEEE Spectrum, Januar 1973, p. 60.
- (2) S. Glasstone, und R. H. Lovberg "Controlled Thermonuclear Reactions", Van Nostrand Reinhold Co, 1960.
- (3) M. J. Lubin, und A. P. Fraas, "Fusion by Laser", Scientific American 224, Juni 1971 p. 21.
- (4) D. J. Rose, "Controlled Nuclear Fusion: Status and Outlook", Science 172 Mai 1971 p. 797.
- (5) J.L. Tuck, "Outlook for Controlled Fusion Power", Nature 233, Okt. 29, 1971, p. 595.
- (6) R.G. Mills, "Promise of Controlled Fusion", IEEE Spectrum Nov. 1971 p. 24.
- (7) W.C. Gough, und B.J. Eastlund, "The Prospects of Fusion Power", Scientific American 224, Feb. 1971, p. 50.
- (8) R.F. Post, "Prospects for Fusion Power", Physics Today, April 1973, p. 31.
- (9) Festschrift, Institut für Plasmaphysik GmbH, Garching bei München, 1970
- (10) A.G. Fischer, "Periodisch arbeitender thermonuklearer D-D-Fusionsreaktor", Deutsches Patent DBP 1 022 711, angem. April 3, 1956.
- (11) U. Jetter, "Die sogenannte Superbombe", Physikal. Blätter 6, 199 (1950).
- (12) J.R. McNally, Jr., "Fusion, Nuclear", in The Encyclopedia of Chemistry, 3. Auflage, , 1973, Van Nostrand Reinhold Co., p. 481.
- (13) F.C. Young, S.J. Stephanakis, I.M. Vitkovitsky, und D. Mosher, "Neutron Production By Hot Dense Plasmas Generated With High Power Pulsers", IEEE Transactions on Nuclear Science NS-20, Feb. 1973 p. 439.
- (14) D.Y. Cheng, "Formation of a Fusionable Plasma in a High-Pressure Arc Channel", Nuclear Fusion 13, Januar 1973, p. 129.
- (15) S.J. Stephanakis et al., Phys. Rev. Letters 29, 568 (1972).
- (16) U. Fischer, H. Jäger, und W. Lochte-Holtgreven, Phys. Letters 44 B, 161 (1973).

Abbildungen

Fig. 1: Schematischer Querschnitt des vorgeschlagenen D-Li-Reaktors

Fig. 1a: Draufsicht des konzentrischen Plattenkondensators mit seinen radial-konvergierenden Bahnen.

Erklärung der Ziffern:

1 konzentrischer Plattenkondensator. 2 radiale Bahnen des Kondensators. 3 Obere Berylliumelektrode. 4 untere Berylliumelektrode. 5 flüssiges ${}^6\text{LiD}_{1-x}\text{T}_x$. 6 Entladungskanal. 7 keramische Dielektrik-Platten des Kondensators. 8 aufgelötete Stege zur elektrischen Verbindung der Platten 7. 9 Lithium-gefüllte Kühlschlange (Zirkon-Vanadin-Legierung)^x). 10 festes LiD ($T < 688^\circ\text{C}$). 11 Deuteriumblasen-Vorhang zum Aufnehmen der Schockwelle. 12 kreisförmige Anordnung von Deuteriumdüsen. 13 äußerer Behälter. 14 Kühlschlangen für die Elektroden. 15 Deuterium-Gasbehälter zur Aufrechterhaltung der Stöchiometrie der Schmelze. 16 Deuterium-Auslassöffnung zur Umlaufpumpe und Heliumabscheider. 17 Keramik-Formstücke zur Isolierung der Elektroden. 19 Nachstellbare innere Kerne der Berylliumelektroden. 21 elektrische Heizung zum Starten des kalten Reaktors. 23 elektrische Zuleitungen zur Lieferung des Stroms zur Kanal-Vorformung. 25 elektrischer Schalter des Vorform-Stromes. 27 pneumatisch betriebener Kolben des Hauptentladungs-Schalters. 29 flüssiges Gallium des Hauptentladungsschalters. 31 Röhren, welche das heiße Lithium zum Wärmeaustauscher leiten.

x) Falls benötigt, kann diese Spule 14 zusätzlich als Magnetspule verwandt werden. Das longitudinale Feld kann benutzt werden, die Entladung zu stabilisieren.

Patentansprüche:

- 73 -

- 1) Ein pulsierender Kernreaktor zur Erzeugung nutzbarer Elektroenergie durch Verbrennung von Deuterium und Lithium zu Helium unter Hitzeerzeugung, bei dem das Kernreaktionsplasma erzeugt wird durch die rasche Entladung eines konzentrischen Plattenkondensators entlang einem thermisch vorgeformten Leitfähigkeitspfad durch geschmolzenes 6-Lithium-Deutero-Tritid ${}^6\text{LiD}_{1-x}\text{T}_x$ ($0 < x < 1$), und in dem die durch Fusion im dadurch entstandenen Hochtemperatur-Hochdruckkanal erzeugten Primärneutronen als Köpfe von Spalt-Verschmelz-Reaktionsketten dienen, die durch die umgebenden flüssigen Wände eingeschlossen werden, in denen sie nur Tritium erzeugen, welches dann chemisch gebunden wird, und wo die Schockwellen, die Strahlungen und die Reaktionshitze von der Flüssigkeit absorbiert werden, die somit als Wärmeübertrager zum angeschlossenen Turbogenerator-Kraftwerk, und außen, wo sie gefroren ist, auch als feste Behälterwandung und Wärmepuffer dient.
- 2) Kernreaktor nach Anspruch 1, in dem der Leitfähigkeitspfad im mit Lithium-6 und Wasserstoff-3-angereicherten Lithiumdeuterid für jede folgende Kondensatorentladung vorgeformt wird durch einen ionischen Strompuls und durch die Stromkonstriktion, welche wegen des starken negativen Temperaturkoeffizienten des Widerstands des Ionenleiters eintritt.
- 3) Kernreaktor gemäß Ansprüchen 1 und 2, bei dem die ${}^6\text{LiD}_x\text{T}_{1-x}$ -Flüssigkeit im vorgeformten Leitfähigkeitskanal während der Kondensatorentladung durch Stromfluß erhitzt wird, wobei sie sich zersetzt, ionisiert und zum Plasma verwandelt wird das sich dann weitererhitzt, wobei sich dieser Kanal durch sein Magnetfeld selbstkontrahiert, und bei dem die unerwünschte Kink-Unstabilität von den umgebenden Flüssigwandungen verhindert wird, und wo die um die schrumpfenden azimuthalen Magnetfeldlinien kreisenden Kerne mit diesen zum feldfreien Zentrum gefegt werden, wo sie kollidieren und miteinander verschmelzen.
- 4) Kernreaktor gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, bei dem die Wandungen des Reaktionskanals aus den gleichen chemischen Elementen bestehen wie das Entladungsplasma, nämlich H, D, T, ${}^6\text{Li}$, ${}^7\text{Li}$ und Spuren von Be, so daß Ionen, welche aus der Wand stammen, das Entladungsplasma nicht mit schweren, vielfach-geladenen Ionen verunreinigen können, welche das Plasma abkühlen.

- 5) Kernreaktor gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, in welchem der Entladungskanal, in dem die Mikroexplosion stattfindet, nach jedem Arbeitstakt verschwindet, da er von Konvektionsströmungen der umgebenden Flüssigkeit homogenisiert wird.
- 6) Kernreaktor gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, in dem die seitwärts entweichenden, im Entladungskanal erzeugten Neutronen mit hohem Wirkungsgrad benutzt werden, durch Spaltung von Lithium-6 Tritium zu brüten, und daß dieses Tritium sodann in der Flüssigkeit chemisch gebunden wird, zur Teilnahme im nächsten Arbeitstakt.
- 7) Kernreaktor gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, in welchem die Elektroden Beryllium enthalten, als Legierungskomponente und auch als nachstellbarer Innenkern, damit auftreffende Neutronen vervielfacht werden und die dabei entstehenden Alpha-Teilchen das Plasma aufheizen.
- 8) Kernreaktor gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7, in dem sich fortpflanzende und verzweigende Spaltungs- und Verschmelzungsreaktionsketten zwischen den Elementen H, D, T, ^3He , ^6Li , ^7Li , ^7Be , ^8Be , ^9Be in einem elektrisch-erzeugten Mikroplasma stattfinden, jedoch in der umgebenden unionisierten Flüssigkeit gestoppt werden.
- 9) Kernreaktor gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 8, in dem der konzentrische Plattenkondensator, in dessen Mittelpunkt die Entladung stattfindet, aus überlappenden ferroelektrischen Keramikplatten aufgebaut ist, welche auf beiden Seiten metallisiert sind, und die als radial konvergierende Streifen angeordnet sind.
- 10) Kernreaktor gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 9, in welchem die von der Mikro-Kernexplosion ausgehende Schockwelle durch einen Vorhang von aufsteigenden Deuteriumblasen abgeschwächt wird, welches in die LiD-Flüssigkeit am Boden injiziert werden.
- 11) Kernreaktor gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 10, bei dem sich die LiD-Masse in der Form eines festen Klotzes befindet, der in der Mitte nahe der Entladungselektroden geschmolzen ist, so daß die festen äußeren Wandungen als Behälter und Temperatur-Stabilisator wirken können.
- 12) Kernreaktor gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 11, bei dem die Arbeitsflüssigkeit, welche die Reaktionshitze zum äußeren thermodynamischen Kraftwerk befördert, flüssiges Lithium ist, welches durch eine schraubenförmig aufgewundene Metallröhre gepumpt wird, die in den festen Reaktorwandungen eingebettet ist, und bei dem diese Kühlschlange außerdem als Magnetspule verwendet werden kann, welche ein longitudinales Feld liefert, das den Entladungsvorgang stabilisiert.

.15.

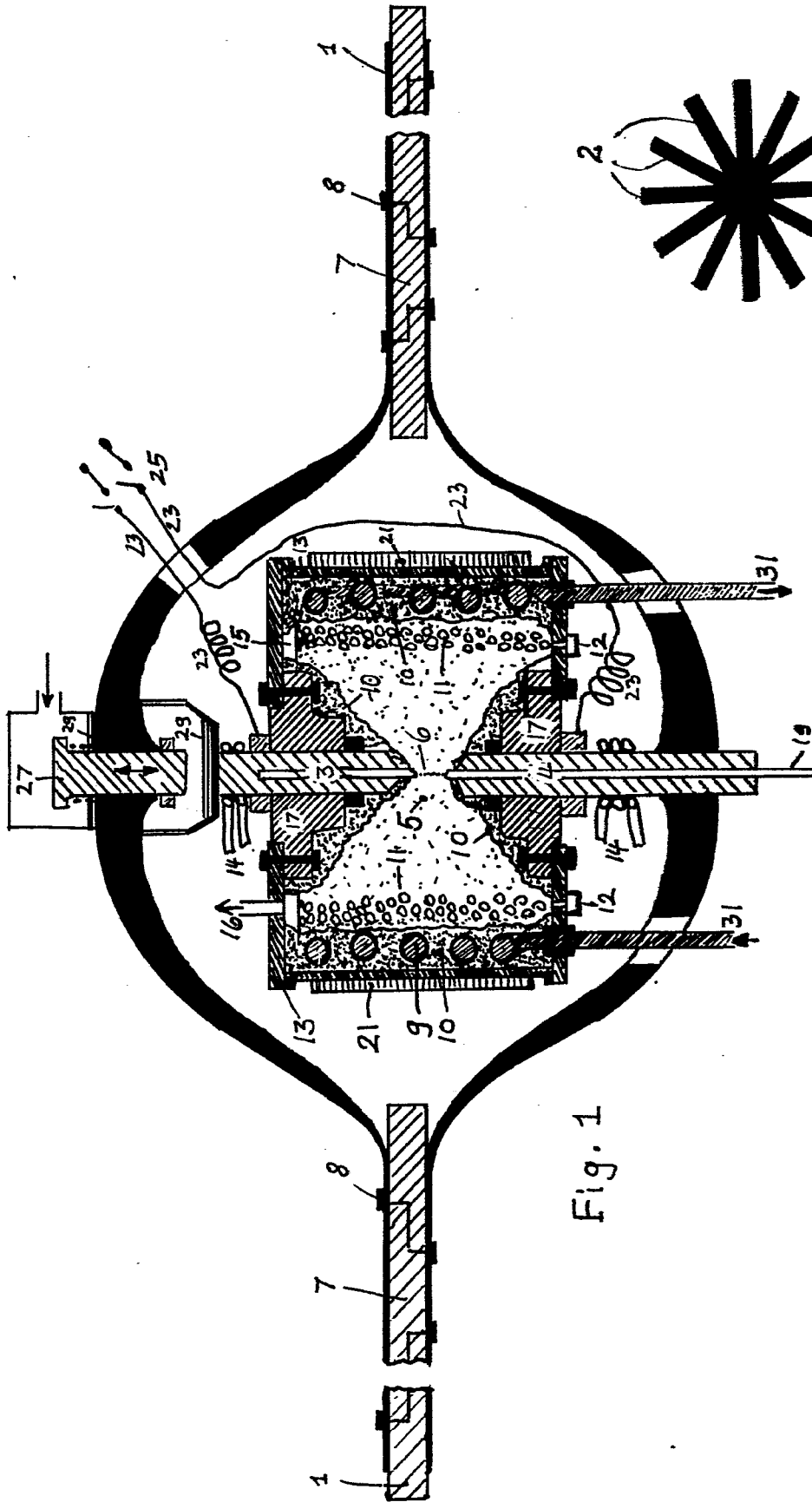


Fig. 1

Fig. 1 a

G21B 1-00 AT:04.01.1974 OT:17.07.1975 wg

509829/0040