

Създаване на ядро с висока температура в p-n прехода на полупроводникови прибори за осъществяване на термоядрен синтез

Веселин Ташев, Ангел Манев

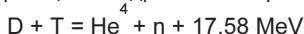
Abstract: *The growing number of nuclear power plants confronts scientists with the problem to increase significantly the proportion of the public security. This requirement gradually makes the projects expensive and unacceptable for energy production. This problem motivates the researchers to generate a variety of ideas, some of them rather exotic at first glance. The utilization of thermonuclear synthesis is part of the efforts to obtain cheap, safe and clean energy. Unfortunately, the fundamental projects for building fusion reactors encounter significant difficulties at this stage. A number of scientists attempt to improve the existing know-how. Others try to realize fundamentally new ideas to control the fusion. The goal of such proposals is in the realization of many consecutive micro-thermonuclear explosions, so that the energy to be absorbed in small portions without destroying the power plant.*

Key word: *Thermonuclear fusion*

ВЪВЕДЕНИЕ.

Непрекъснато нарастващия брой на атомните електроцентрали поставя пред учените непосилната задача за значително повишаване на тяхната сигурност. Решаването на този проблем постепенно ги превръща в скъп и неприемлив начин за добив на енергия. Освен това и рисковете при експлоатацията на тези централи непрекъснато нарастват. Поради тази причина учените и държавните ръководители все по-често обръщат поглед към бъдещите термоядрени централи. Основното предимство на тези централи е, че те са екологично по-чисти, по-безопасни и очакваната цена на енергията по-ниска. Що се касае до контролираното (управляемото) протичане на реакциите на ядрен синтез, то се извършва в усилено разработваните през последните десетилетия термоядрени реактори.

От известните няколко вида реакции на ядрен синтез практически най-интересна е:



Интереса към нея се дължи на факта, че тя е енергетично най-изгодна.

За ефективността на термоядрения синтез може да се съди от следните примери: Един грам от D-T плазма може да произведе 100 000 kWh електроенергия, равняваща се на енергията получена от 8 тона въглища или при "изгарянето" на една чаша с вода от деутерий, в термоядрен реактор ще се отдели толкова енергия, колкото при изгарянето на един тон нефт. Деутерият се съдържа в обикновената вода в съотношение 1 : 7000 спрямо водорода и може лесно да се извлича от нея.

ПО-ВАЖНИ ПРОБЛЕМИ В ТЕРМОЯДРЕНИЯ РЕАКТОР.

За да се осъществи термоядрен синтез, плазмата и съоръженията за нейното удържане трябва да отговарят на определени условия, които са оценени за първи път от Лоусън.

1. Достатъчно висока температура на плазмата от порядъка на $T = 4 \cdot 10^9 \text{ K}$. При толкова висока температура деутерият се превръща в плазма.

2. Плазмата трябва да има достатъчно голяма плътност, за да протичат много реакции на сливане.

3. Силно магнитно поле за удържане на плазмата.

4. Време за удържане на плазмата - произведението от плътността на плазмата по времето, за което тя се удържа в реактора ($\rho \cdot t$) да бъде по-голямо от $10^{20} \text{ m}^{-3} \text{ s}$.

Тези условия пораждат и доста сериозни проблеми, някои от тях нерешими на този етап.

НОВА ФИЛОСОФИЯ НА УПРАВЛЯЕМИЯ ТЕРМОЯДРЕН СИНТЕЗ

Конструирането на лазерни установки за термоядрен синтез е не само технологична новост, но и принципно нов начин на мислене. Доскоро добива на

енергия от термоядрен взрив се отхвърляше категорично, заради разрушителния характер на процеса. Днес, новия подход в мисленето ни подсказва, че би могло да се изготви водородна бомба, толкова малка, че нейното взривяване да няма разрушителен характер.

Най-впечатляващия експеримент досега е проведен в лабораторията на американския научен комплекс National Ignition Facility (NIF), където бе тествана успешно система за запалване на сфера с термоядрено гориво.

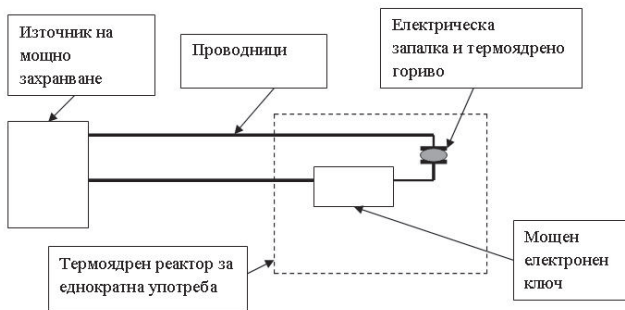
За да се получи термоядрена реакция е нужно D-T ядреното гориво да е във вид на ледено топче с плътност 10^{29} частици на m^3 и диаметър 1мм. Тези минимални количества вещество са необходими с оглед да не би взривът да има разрушителен характер върху реактора. При това 192 лазерни лъча се насочват не върху самата сфера с берилиева обвивка и деутерий-тритиев пълнител, а върху металния цилиндър, в който тя се намира. Той се нагрява и отдава получената енергия във вид на рентгеново излъчване, което си взаимодейства с мишената. Тази енергия трябва да доведе до изпарение и бързо изтичане на вещество (аблация) от повърхността на сферата благодарение на берилия. Взривният процес на аблацията ще даде направление навътре на ударната вълна, която ще свие и нагрее горивото, намиращо се в централната част на мишената до термоядрени параметри, след което горенето ще започне да се разпространява от центъра към периферията.

Тази установка, обаче е доста сложна и може да оскъпи добива на енергия.

За да се реши този проблем ние предлагаме следната идея:

Конструиране на евтина електрическа запалка за еднократна употреба.

В този случай, микро термоядрената бомба (ледена микросфера) заедно с електрическата запалка се монтират в един корпус, поставят се в резервоар с работно вещество, което ще акумулира енергията на взрива и се използват еднократно. За разлика от лазерното запалване обаче, за еднократно използване ще бъде не само мишената, но и самата запалка заедно с електронния ключ. Схемата на съоръжението е показана в силно опростен вид на фиг. 1.



Фигура 1. Електрическа запалка за термоядрен реактор

Целта е да се концентрира електрически ток с много голяма плътност в едно миниатюрно пространство, в което е разположена термоядрената мишена.

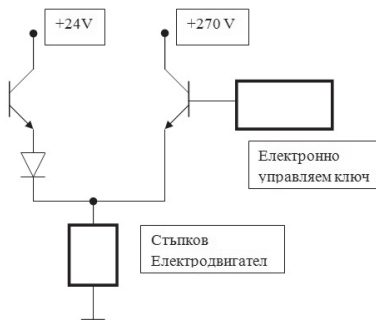
Реакторът, който съдържа освен запалката, гориво и електронен ключ се потапя в резервоара с вода. Бързодействащия електронен ключ се задейства дистанционно и ако запалката осигури необходимите условия за термоядрен синтез би трябвало да последва взрив. Цялата енергия се поема от резервоара, който би трябвало да издържи на ударната механична вълна. Температурата на водата ще се покачи значително. Взривовите могат да се управляват през по-малки или по-големи интервали от време в зависимост от това колко висока искаме да бъде

температурата на водата. Горещата вода се изпраща към съответната турбина за генериране на електрическа енергия.

ИДЕИ ЗА НОВ ВИД ЕЛЕКТРИЧЕСКА ЗАПАЛКА.

Използване на колекторния p-n преход в мощен високочестотен биполярен транзистор като електрическа запалка и термоядрен реактор едновременно!

В нашата експериментална практика, бе разработено електронно управление за стъпков двигател с мощност 4 киловата. Крайната схема е показана на фиг. 2.



Фигура 2. Електронно управление с индуктивен товар.

На ключовия транзистор първоначално се подава високо напрежение от порядъка на 270 волта, за да се увеличи динамиката на задвижването, след което то се изключва автоматично и се преминава към по-ниско напрежение. В цялата електрическа верига има минимално омическо съпротивление от порядъка на 1-2 ома. Ако управляващата система по някаква причина не изключи своевременно високото напрежение, токът през ключовия транзистор нараства лавинообразно и той се поврежда с лек взрив. Тази повреда е много интересна, защото след нея се вижда, че част от корпуса липсва. В следствие на огромната енергия инжектирана в колектора, който е залепен за корпуса, температурата нараства толкова много, че част от корпуса се изпарява.

От този факт следва важния извод, че термодинамичните процеси в колекторния преход протичат с толкова голяма скорост, че рязкото покачване на температурата там не води до покачване на температурата в базовия извод, въпреки че той е метален, свързан с колекторния преход и е с дължина само няколко милиметра. От това пък следва, че в колекторния преход е налице явление познато като „взрив“.

Взрив или експлозия се нарича явлението, при което работното вещество внезапно и драстично увеличава обема си и е съпроводено с освобождаване на голямо количество енергия, при високи температури, отделяне на газове, радиация и частици във вид на нуклеони. Експлозиите предизвикват ударни механични вълни. В случая на явлението „взрив“ интересното е това, че кинетичната енергия на частиците (температурата) в част от тялото може да се повиши драстично преди да се отнеме топлина за загреване и на останалите частици.

От казаното до тук следва важния извод, че температурата в една част от тялото може рязко да се повиши докато в съседна част на тялото температурата може да е много ниска. И още нещо много важно – оказва се, че дори и не много голяма енергия концентрирана в много малък (нано) обем може да предизвика рязко покачване на температурата до много високи стойности. За това има основно 2 причини – или топлопроводимостта на тялото е много ниска или термодинамичните

процеси протичат с толкова голяма скорост, че топлината не може да се разпространи и да отнеме енергия.

Втория случай е характерен за взривните вещества. Инжектирането на голямо количество енергия в определена част от тялото води до рязко покачване на кинетичната енергия на частиците, а от там и на тяхната температура, преди топлината да се разнесе до съседните частици и да повиши тяхната температура. Известно е, че при взривните вещества с голяма ефективност, ударната механична вълна се разпространява със скорост от порядъка на 6 000 м/сек. Доколкото процесът на окисляване в химическите вещества протича значително по-бързо, то частиците получават огромни количества кинетична енергия преди да се разбягат. Поради тази причина първоначално взривното вещество е с началния си обем и едва когато частиците получат голяма кинетична енергия започват да се разбягват, от което се получава могъща ударна вълна, наречена още детонация.

Следователно, ако се инжектира в p-n прехода на един транзистор поток от електрони (електрически ток) с голяма плътност, да предположим около 100 Ампера, с голяма скорост, да предположим 1000 Волта, в ограничен обем, да предположим 1 кубичен милиметър е възможно да се създадат условия за възникване на микро термоядрен синтез. Корпусът на транзистора може да се покрие от вътрешна страна с литий, така че да се осъществи реакцията от типа Деутерий-Тритий. Този процес условно наричаме нанотехнология, защото разглеждаме процеси, които протичат в един силно ограничен обем. При това рязко намаляване на обема се очакват процеси различни от тези, които се наблюдават при нормални условия.

Подобен е процесът във физически конструираната водородна бомба. Там кинетичната енергия в сместа деутерий-тритий се нагнетява от експлозията на атомна бомба, още преди частиците да се разбягат и осъществят детонацията. Следователно в този случай, не е необходимо да има корпус, наречен термоядрен реактор, който да удържа високо нагрят плазма, както и да я предпазва от топлинни загуби. По същата логика и в цитирания случай на инжектиране на електрически ток посредством p-n прехода на един транзистор не е необходим термоядрен реактор в класическия му вид. Единственото, което трябва да се направи е да се имплантират една или няколко капки смес деутерий-тритий в областта на колекторния преход в един транзистор. Схемата е показана на фиг. 3. Честотата на взривяване автоматично се регулира в зависимост от желаната температура на водата.

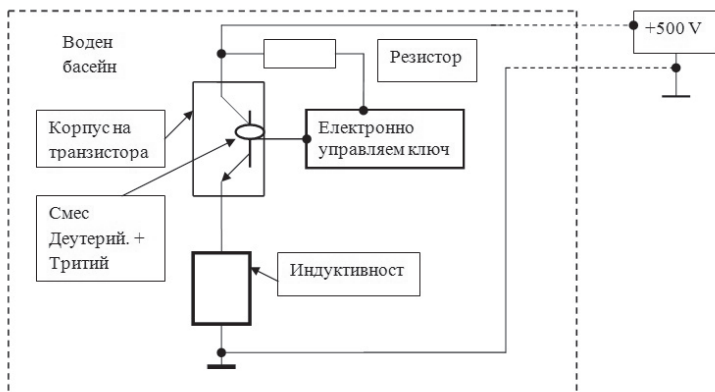
ЕНЕРГИЕН И ЕЛЕКТРИЧЕСКИ РАЗЧЕТ НА ЕКСПЕРИМЕНТАЛНАТА УСТАНОВКА.

Като имаме в предвид закона на Авогадро лесно можем да пресметнем, че 18 грама вода или 18 милилитра вода съдържат $6.02 \cdot 10^{23}$ частици. Тогава в една капка, която среднестатистически е 1/40 от милилитъра ще се съдържат $0,00836 \cdot 10^{23}$ частици. Тъй като в термоядрената реакция участват 2 частици и се отделя 17,58 MeV енергия, то общия добив на енергия от една капка ще е:

$$E = 0.5 \times 0.00836 \times 10^{23} \times 1.6 \times 10^{-19} [J] \times 17.6 \times 10^6 = 0.1177 \times 10^{10} [J] \quad (1)$$

където числото $1.6 \cdot 10^{-19}$ превръща енергията от електронволт в джаули.

От друга страна 1 литър нефта отделя $4,19 \cdot 10^7 J$ енергия. Следователно при пълното изгаряне на 1 капка деутерий и тритий се отделя енергия колкото от 28 литра нефта. Това е цялата излъчена енергия, но каква част от нея реално ще се усвои на този етап е трудно да се разчете.



Фигура 3. Схема на полупроводников термоядрен реактор

Освен това можем да пресметнем и енергията необходима за загряване на една капка вода до температура от $10 \cdot 10^6$ °C, каквато е необходима за осъществяване на термоядрен синтез. При предположение, че в 1 милилитър вода се съдържат около 40 капки и че в първо приближение деутерия и трития са с топлинни параметри като тези на водата, за енергията получаваме:

$$E = 0.025 \times 10 \div 10^6 \times 4.19 [J] = 1.05 \times 10^6 [J] \quad (2)$$

Това предполага, че за да се осигури тази енергия в р-п прехода трябва да се инжектира ток с големина от 500 А, при напрежение 2000 V, в рамките на 1 секунда. За сведение можем да споменем, че в плазмения шнур на съвременните термоядрени реактори протича ток от порядъка на 2 до 20 милиона ампера.

Както енергийните така и електрическите разчети имат на този етап предимно качествен характер. За местоположение на термоядрения заряд избираме биполярен транзистор и то в колекторния р-п преход, защото той е управляем от базовия. Точно на базовия р-п преход подаваме управляващия импулс, за да стартираме термоядрения процес. Този транзистор трябва да е високочестотен, за да обезпечи бързо нарастване на тока през него, респективно бързо покачване на температурата.

В момента липсват достатъчно експериментални данни, за да се проектира в подробности конкретната електрическа схема.

ЛИТЕРАТУРА:

[1]. Динко Динев ст.н.с.д-р, ИЯИЯЕ - БАН ,УПРАВЛЯЕМИЯТ ТЕРМОЯДРЕН СИНТЕЗ ПРЕД ВАЖНИ РЕШЕНИЯ

За контакти:

Веселин Любенов Ташев; Институт за космически изследвания и технологии (ИКИТ), Българска Академия на Науките, Филиал Стара Загора, ПК 73, 6000 Стара Загора, България; 042/62-73-15, тел. 0889797597; E-mail – veselinlt@abv.bg

Докладът е рецензиран.