

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



20/1 - 2

Б-825

P6 - 7408

2074/2-74

Н.С.Борисов, Э.И.Бунятова, Ю.Ф.Киселев, Б.С.Неганов,
Л.Б.Парфенов, Э.Г.Розанцев, В.Б.Стрюков, Г.Феллер

ДИНАМИЧЕСКАЯ ПОЛЯРИЗАЦИЯ ПРОТОНОВ
В ПОЛИЭТИЛЕНЕ
ПРИ СВЕРХНИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

1973

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

Р6 - 7408

Н.С.Борисов, Э.И.Бунятова, Ю.Ф.Киселев, Б.С.Неганов,
Л.Б.Парфенов, Э.Г.Розанцев,¹ В.Б.Стрюков,² Г.Феллер

ДИНАМИЧЕСКАЯ ПОЛЯРИЗАЦИЯ ПРОТОНОВ
В ПОЛИЭТИЛЕНЕ
ПРИ СВЕРХНИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Направлено в "Письма в ЖЭТФ"

**Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА**

¹ Институт химической физики АН СССР, Москва.

² Филиал Института химической физики АН СССР,
г. Черноголовка.

Метод получения сверхнизких температур путем растворения ^3He в ^4He /1/ открывает новые возможности в технике поляризованных мишеней. Например, высокая поляризация, получаемая обычным динамическим методом в сильном и однородном магнитном поле 25 кэ, может быть сохранена на длительное время после прекращения динамической "подкачки" поляризации, если произвести достаточно быстрое охлаждение рабочего вещества мишени до температуры порядка $0,1 \div 0,01^\circ \text{K}$. Величина магнитного поля тогда может быть снижена до ~ 5 кэ. Это открывает новые перспективы использования подобных мишеней в физических экспериментах.

В существующих поляризованных протонных мишенях, работающих при температурах до $0,5^\circ \text{K}$, основными рабочими веществами являются бутиловый спирт и этиленгликоль, применяемые в виде замороженных шариков /2,3/. Однако эти вещества не технологичны для использования в криостатах, в основе действия которых лежит растворение ^3He в ^4He .

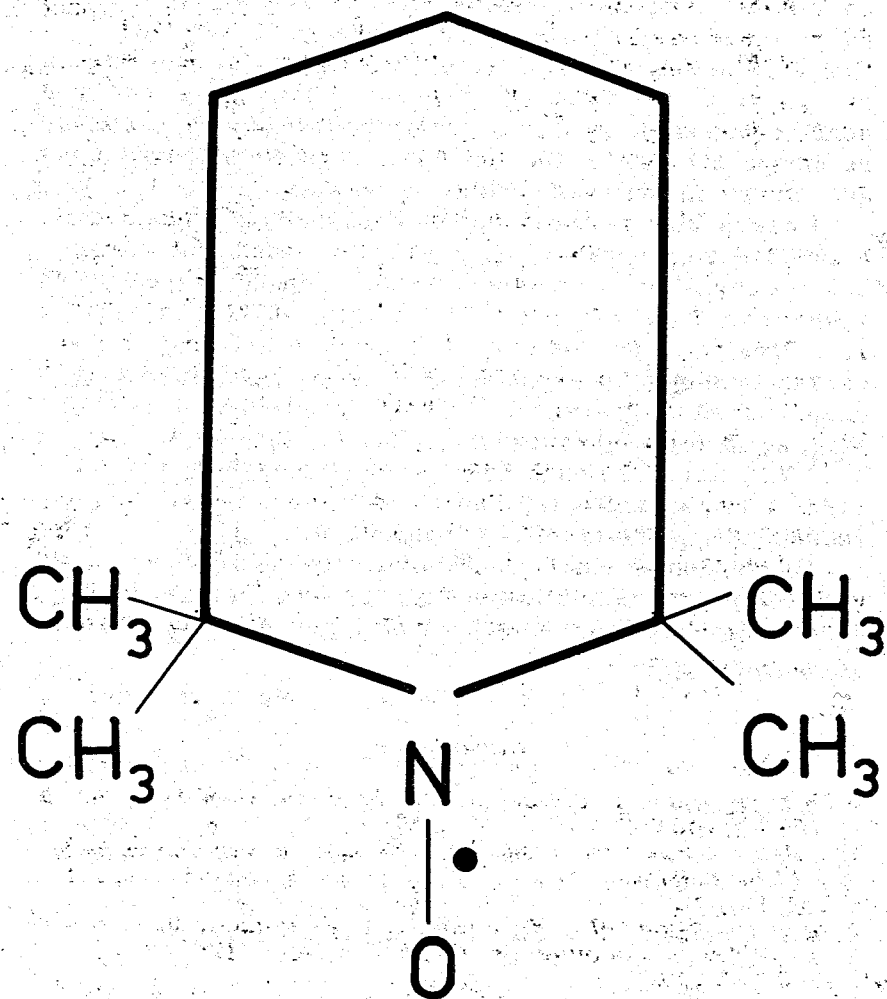
Наиболее удобным является вещество, твердое при комнатной температуре, достаточно богатое водородом и содержащее в качестве парамагнитных примесей радикалы, стабильные при комнатной температуре. Поэтому в качестве рабочего вещества на основании рекомендаций работы /4/ мы выбрали полиэтилен, который использовался либо в виде пленки толщиной 200 мкм, либо в виде порошка с размером зерен порядка 200 мкм. В качестве парамагнитной добавки были взяты стабильные аминокислотные радикалы. Для введения радикала в полиэтилен необходимое количество радикала и полиэтилена помещалось в герметичную стеклянную ампулу, последняя нагревалась до 80°C и выдерживалась при этой температу-

ре 8-10 час. С целью исследования поляризации протонов в полиэтилене производились предварительные опыты при температуре $1,3^{\circ}\text{K}$ в магнитных полях 13 и 27 кэ. Наиболее перспективным оказался высокостабильный легколетучий радикал 2, 2, 6, 6-тетраметилпиперидиноксил, структурная формула которого показана на рисунке. Парамагнетизм этого радикала обусловлен наличием свободного валентного электрона.

При некоторой оптимальной концентрации радикала в магнитном поле 13 кэ в полиэтиленовой пленке была получена поляризация $5\div 7\%$, что соответствовало коэффициенту усиления поляризации $E = 50\div 70$. Время протонной спин-решеточной релаксации T_1 составляло 2,5 мин. Переход в магнитное поле 27 кэ не привел к увеличению коэффициента усиления поляризации, возросло лишь T_1 . Однако было обнаружено, что применение полиэтилена более низкой плотности и большей чистоты /ГОСТ 16337-70, марка 15802-020/ в виде порошка с размером зерен 200 мкм приводило к увеличению E до $70\div 100$. Таким образом, в поле 27 кэ при $T = 1,3^{\circ}\text{K}$ была получена поляризация 14-20%.

В опытах при сверхнизких температурах порошок полиэтилена подвергался предварительному отжигу в вакууме $/10^{-5}$ мм рт.ст./ при температуре 80°C в течение 5-6 суток. Затем ампула с порошком заполнялась чистым газообразным гелием, и в его атмосфере проводилось насыщение порошка парами радикала. Как показал опыт, такая процедура отжига заметно не влияет на скорость спин-решеточной релаксации, но увеличивает конечную поляризацию почти в 2 раза. Приготовленный таким образом образец в количестве 150 мг вводился при комнатной температуре в стеклянную камеру растворения ^3He в ^4He , расположенную в микроволновой ячейке бегущей волны. Ячейка помещалась в сверхпроводящий соленоид и охлаждалась до температуры $1,3^{\circ}\text{K}$. Образец находился в непосредственном контакте с раствором, минимальная температура которого составляла $0,04-0,05^{\circ}\text{K}$.

Для накачки поляризации использовался с.в.ч. генератор типа ОВ-13 / $\lambda = 4$ мм/ мощностью около 70 мвт. Обычно в криостат достаточно было вводить 1,5-2,0 мвт.



Структурная формула 2,2,6,6-тетраметилпиперидин-1-оксила

При этом температура раствора увеличивалась до $0,1^{\circ}$ К. Поляризация протонов 50% была получена в образцах полиэтилена /ГОСТ 16337-70, марка 15802-020/ в виде порошка с оптимальной концентрацией радикала 10^{19} спинов на грамм полиэтилена. Время накачки поляризации составляло около 3,5 часов. После выключения с.в.ч. поля температура $^3\text{He} - ^4\text{He}$ понижалась до $0,05^{\circ}$ К. При этой температуре в магнитном поле 27 кэ разрушения поляризации практически не наблюдалось. В магнитном поле, сниженном до 5 кэ, время релаксации составляло не менее 30 час, лишь при понижении магнитного поля до 1,5 кэ время релаксации сокращалось до 1,5 час.

Спектр ЭПР тетраметилпиперидиноксила, введенного в полиэтилен в количестве, указанном выше, при комнатной температуре представляет собой хорошо разрешенный триплет с расстоянием между компонентами структуры 15 э. При температуре ниже 1° К спектр ЭПР трансформируется в линию с полушириной 80 э со слабовыраженной сверхтонкой структурой. С целью упрощения структуры ЭПР нами была предпринята попытка заменить радикал с ^{14}N , у которого спин ядра $I = 1$, радикалом с $^{15}\text{N} / I = 1/2$ в той же концентрации. Однако такая замена не дала увеличения максимальной поляризации.

Проведенные опыты показали, что в настоящее время имеется реальная возможность создания "замороженной" поляризованной протонной мишени в небольшом $\approx 5,0$ кэ/ магнитном поле.

Литература

1. Б.С.Неганов, Н.С.Борисов, М.Ю.Либург. ЖЭТФ, 50, 6, 1445 /1966/.
2. S.Mango, O.Runolfsson, M.Borghini. Nucl.Instr. & Meth., 72, 45 (1969).
3. H.Glutti, M.Odehnal, J.Ezratty, A.Malinovski, A.Abraham. Phys.Lett., 29A, 250 (1969).
4. В.Б.Стрюков, Ю.С.Каримов, Э.Г.Розанцев. Высокмолекулярные соединения. Сер. Б, 7, 493 /1967/.

Рукопись поступила в издательский отдел
14 августа 1973 года.