



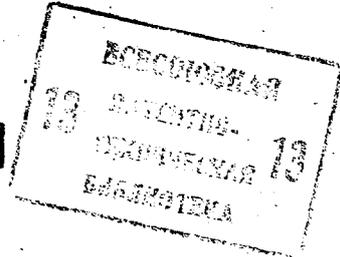
СОЮЗ СОВЕТСКИХ
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ
РЕСПУБЛИК

(19) SU (11) 1056303 A

3 (5) H 01 J 3/02; H 01 J 1/30

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ И АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ



- (21) 3352186/18-21
(22) 04.11.81
(46) 23.11.83. Бюл. № 43
(72) Р.Т.Мина, К.Ш.Агабабян и
В.К.Кроль
(53) 621.385.213 (088.8)
(56) 1. W. von Brachinfels et al.
A pulsed source for polarized electrons with high repetition rate.-
Nucl. Instruments and Meth, 140,
1977, p. 47-55.
2. Kisker E. et al. Electron Sield
emission from ferromagnetic Europium
Sulphide of Tungstem.-Phys. Rev.,
B18, 1978, p. 2256.
(54)(57) СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ПУЧКОВ
ПОЛЯРИЗОВАННЫХ ЭЛЕКТРОНОВ, вклю-
чающий охлаждение рабочей поверхности
катода, размещенной в вакууме в магнит-
ном поле, ее зарядку и формирование
импульсов тока поляризованных электро-
нов с помощью импульсного электричес-
кого поля, отличающийся тем,
что, с целью увеличения интенсивности
и степени поляризации пучка, а также

снижения требований к глубине вакуума,
в качестве материала катода используют
жидкий гелий, а зарядку его рабочей по-
верхности осуществляют путем осаждения
электронов в электрическом поле, при этом
предельную поверхностную плотность осаж-
денных электронов определяют из условия
потери макроскопической устойчивости
рабочей поверхности, а интервал времени
 τ между окончанием зарядки и нача-
лом формирования импульса тока поляри-
зованных электронов выбирают из соот-
ношения

$$e n_0 S / J \geq \tau \geq h / \mu_0 H,$$

- где n_0 - предельная поверхностная плот-
ность осажденных электронов;
 S - площадь рабочей поверхности
катода;
 J - ток зарядки;
 h - постоянная Планка;
 μ_0 - магнетон Бора;
 H - напряженность магнитного поля;
 e - заряд электрона.

(19) SU (11) 1056303 A

Изобретение относится к способам получения поляризованных электронов и может быть использовано в технике физических экспериментов при выполнении фундаментальных и прикладных исследований.

Известен способ получения пучков поляризованных электронов, основанный на фотоионизации щелочных атомов с большим зарядовым числом циркулярно поляризованным светом [1].

Недостатком этого способа является его низкая эффективность.

Известен способ получения пучков поляризованных электронов, включающий охлаждение эмитирующей поверхности, размещенной в вакууме в магнитном поле, ее зарядку и формирование импульса тока поляризованных электронов с помощью импульсного электрического поля, перпендикулярного эмитирующей поверхности. Эмиттером в этом способе служит вольфрамовое острие, покрытое пленкой ферромагнитного полупроводника [2].

Недостатками известного способа являются низкая интенсивность пучка электронов (ток пучка $\sim 10^{-8}$ А), а также необходимость поддержания сверхвысокого ($\sim 10^{-10}$ торр) вакуума для обеспечения стабильных во времени характеристик поверхности эмиттера.

Целью изобретения является увеличение интенсивности и степени поляризации пучка, а также снижение требований к глубине вакуума.

Поставленная цель достигается тем, что согласно способу получения пучков поляризованных электронов, включающему охлаждение рабочей поверхности катода, размещенной в вакууме в магнитном поле, ее зарядку и формирование импульса тока поляризованных электронов с помощью импульсного электрического поля, в качестве материала катода используют жидкий гелий, а зарядку его рабочей поверхности осуществляют путем осаждения электронов в электрическом поле, при этом предельную поверхностную плотность осажденных электронов определяют из условия потери макроскопической устойчивости рабочей поверхности, а интервал времени τ между окончанием зарядки и началом формирования импульса тока поляризованных электронов выбирают из соотношения

$$en_0 s / J \geq \tau \geq h / \mu_0 H. \quad (1)$$

где n_0 - предельная поверхностная плотность осажденных электронов;
 S - площадь рабочей поверхности катода;
 J - ток зарядки;
 h - постоянная Планка;
 μ_0 - магнетон Бора;
 H - напряженность магнитного поля;
 e - заряд электрона.

Способ осуществляется следующим образом.

Поверхность жидкого гелия охлаждают до температуры $\approx 0,5$ К путем откачки паров гелия. Затем поверхность заряжают от расположенного над ней источника заряженных частиц (электронов), которые садятся на поверхность благодаря прижимающему полю, создаваемому силами электростатического изображения либо внешним источником. Накладывают магнитное поле H , перпендикулярное поверхности, напряженностью $\approx 2T$. Через время, не превышающее верхнего предела в соотношении (1), накладывают импульсное электрическое поле напряженностью $1 - 10$ кВ/см, которое вытягивает накопленные поляризованные частицы с поверхности гелия и инжектирует их в систему формирования пучка. Нижний предел интервала времени в соотношении (1) выбирают из соображений, состоящих в том, что за это время происходит поляризация ансамбля электронов за счет теплообмена с гелием.

Накопление частиц на поверхности жидкого гелия может осуществляться за счет притяжения заряженной частицы к поверхности жидкого гелия силой электростатического изображения, равной

$$F = \frac{e^2(\epsilon - 1)}{4(\epsilon + 1)Z^2} \approx \frac{Qe^2}{Z^2}, \quad (2)$$

где Z - координата по нормали к поверхности;

e - заряд частицы;

ϵ - диэлектрическая проницаемость;

$Q = (\epsilon - 1) / 4(\epsilon + 1)$

С другой стороны, проникновение внутрь частице мешает энергетический барьер высотой около 1 эВ. Таким образом, частица должна подойти к поверхности диэлектрика и остаться где-то вблизи нее. Движение частицы в направлении Z квантуется, причем энергия основного состояния равна

$$E = \frac{Q^2 me^4}{2h^2}, \quad (3)$$

где m — масса частицы;

h — постоянная Планка.

Если температура T такова, что

$$T \ll \frac{E}{k}, \quad (4)$$

где K — постоянная Больцмана, то практически все частицы находятся в низшем энергетическом состоянии на среднем расстоянии от поверхности, равном

$$\langle Z \rangle = \frac{h^2}{m Q e^2}. \quad (5)$$

Для удержания частиц на поверхности неровности должны быть по крайней мере на порядок меньше этой величины. Для жидкого гелия-4 и электронов типичные значения указанных величин следующие:

$$E = 1,0572, E = 1,05 \cdot 10^{-15} \text{ эрг}, \langle Z \rangle = 114 \text{ \AA}. \quad (6)$$

Условие (4) выполняется при $T \ll 1 \text{ K}$, поэтому при температуре $0,5 \text{ K}$ почти все электроны локализованы вблизи поверхности гелия на расстоянии $\sim 100 \text{ \AA}$. При этом неоднородность поверхности жидкого гелия-4 не превышает 1 \AA . Частицы остаются над поверхностью жидкости и при более высокой температуре, а их плотность значительно возрастает, если перпендикулярно к поверхности приложить статическое прижимающее поле E , которое может быть создано внешним источником.

Предельно возможная концентрация частиц ограничивается потерей макроско-

пической устойчивости заряженной поверхности. Для электронов на поверхности гелия-4 она составляет величину $\sim 10^{10}$ электронов на см^2 .

В магнитном поле H энергетические уровни частиц, обладающих спином J , расщепляются на $2J+1$ эквидистантных подуровней, причем энергетическое расстояние между подуровнями (Зеемановская энергия) составляет $\mu_0 H$, где μ_0 — магнетон Бора. Ансамбль заряженных частиц, приведенный в состояние теплового равновесия с гелием, находящимся при температуре T , в магнитном поле $H \gg kT/\mu_0$ принимает значение энергии нижнего подуровня, которому соответствует одинаковое направление спина частиц ансамбля. При этом степень поляризации определяется соотношением

$$p = \frac{n_+ - n_-}{n_+ + n_-} = \tanh \frac{\mu_0 H}{kT},$$

где n_+ , n_- — плотности электронов с противоположными направлениями спинов.

Для рассматриваемого случая жидкого гелия и значениях спина электронов $T = 1/2$, количестве подуровней 2 , $T = 0,5 \text{ K}$, $H = 2T$, поляризация составляет $p = 99\%$.

По сравнению с существующим уровнем техники использование изобретения позволяет по крайней мере на порядок повысить интенсивность пучков поляризованных электронов, обеспечив поляризацию, близкую к 100% .

Составитель А. Захаров
Редактор Н. Бобкова Техред А. Бабинец Корректор В. Бутяга

Заказ 9319/48 Тираж 703 Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета СССР

по делам изобретений и открытий

113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Филиал ППП "Патент", г. Ужгород, ул. Проектная, 4