УДК 539.12.124.185

О ВОЗМОЖНОСТИ ФОТОЭМИССИИ ЭЛЕКТРОНОВ
ВЫСОКОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ ИЗ $GaAs$, ПОКРЫТОГО СЛОЕМ EuS

Р. А. МЕЛИКЯН, П. С. ОВНАНЯН

Ереванский физический институт

(Поступила в редакцию 7 июля 1983 г.)

Рассматривается возможность фотоэмиссии поляризованных электронов из полупроводника типа $GaAs$, покрытого ферромагнитным полупроводником (например, EuS), обеспечивающим отбор электронов по спинам. Как показывают оценки, предлагаемый источник поляризованных электронов может обеспечить 10^{11} электронов в импульсе (10^{-6} с) с высокой степенью поляризации и с эмиттансом не более 10^{-3} рад·см.

Наиболее эффективным из известных методов получения интенсивного пучка поляризованных электронов (ПЭ) ГэВ-ных энергий в циклических ускорителях является ускорение низкоэнергичных ПЭ. Для этой цели практический интерес представляет источник, обеспечивающий инжекцию ПЭ в ускоритель в импульсном режиме с интенсивностью тока порядка 10^{11} электронов в импульсе (10^{-6} с) и с эмиттансом не более 10^{-3} рад·см. Степень поляризации пучка P должна быть высокой ввиду неизбежной частичной деполаризации в процессе ускорения. Указанные параметры пучка могут обеспечить предлагаемый ниже источник ПЭ, принципиальная схема которого приведена на рисунке.

На металлическую подложку нанесены последовательно слои полупроводника (например, $GaAs$ с толщиной d_1), ферромагнитного полупроводника (ФМП) (EuS с толщиной d_2) и полупроводника n -типа с электронным сродством $\chi_3 < E_{g,2}/2$ (например, CsI с $\chi_3 = 0,1$ эВ, Rb_2Te или Cs_2Te с $\chi_3 < 0,5$ эВ с толщиной d_3).

Во внешнем магнитном поле H при $T < T_c = 16,5$ К дно зоны проводимости ФМП расщеплено по спину на величину Δ (для EuS $\Delta = 0,3$ эВ. $E_{g,2}^+ = E_{g,2} - \Delta \approx 1,5$ эВ, $E_{g,2}^- = E_{g,2} + \Delta$ [1, 2]).

При облучении лазером (вдоль оси z) с энергией фотонов $E_{g,1} < \hbar\omega < E_{g,2} + \Delta$ в EuS и $GaAs$ возбуждаются межзонные переходы и в слое толщиной $\approx 1/\alpha$ (α — коэффициент поглощения) зона проводимости заселяется электронами. Собственное поглощение в указанных полупроводниках n -типа отсутствует, так как в них $\hbar\omega < E_{g,3}$. Поглощением свободными носителями в полупроводнике n -типа при концентрации доноров 10^{17} — 10^{18} см $^{-3}$ также можно пренебречь ввиду того, что $d_3\alpha_3 \ll 1$.

Коэффициенты поглощения $GaAs$ и EuS на облучаемой частоте одного порядка ($\alpha = 10^4$ см $^{-1}$) [3, 4], и при $d_2 \ll d_1 = 1/\alpha$ поглощением в слое EuS можно пренебречь.

Облучение кристалла $GaAs$ циркулярно поляризованным светом приводит, как известно, к ориентации возбужденных в зону проводимости электронов ($cP \approx 0,5$) [5]. При соответствующем согласовании направлений внешнего магнитного поля и поляризации света число ПЭ увеличивается в 1,5 раза. Обращение направления поляризации может осуществляться изменением направления внешнего магнитного поля.

В процессе эмиссии электронов вследствие неравенства подвижностей электронов (μ_e) и дырок (μ_h) образуется избыток положительного заряда N_h , создающий запирающее электрическое поле $E_{зап}$, для компенсации которого и увеличения скорости дрейфа дырок вводится внешнее электрическое поле E . Число электронов, эмиттированных при заданном E , определяется из условия

$$U = -eEz + \frac{4\pi N_h e^2 z}{\epsilon S} < E\tau, \quad (5)$$

где U — потенциальная энергия электронов, ϵ — диэлектрическая проницаемость полупроводника (для EuS $\epsilon = 11,1$, для $GaAs$ $\epsilon = 12$). Например, при токе 10^{11} электронов в импульсе для нейтрализации положительного заряда в заданном темпе необходимо, чтобы $(E + E_{зап})\mu_h \geq 10^6$ см/с. Отсюда следует целесообразность использования достаточно чистого кристалла $GaAs$ с большой дырочной подвижностью.

Интенсивность лазера, а следовательно, и ток ПЭ ограничены тем, что поглощение света может вызвать нагрев ФМП до температуры $T > T_c$, при которой магнитное упорядочение нарушается. Однако освещение короткими импульсами (10^{-6} с) с большой скважностью между ними (0,02 с) (в соответствии с режимом работы ускорителя) может существенно уменьшить тепловые эффекты в кристалле. Если квантовый выход оценить величиной $Y = 10^{-1}$, то для указанного темпа возбуждения требуется лазер с импульсной мощностью всего в 0,1 Вт.

Для полного анализа следует более детально рассмотреть зонную структуру полупроводников, учесть граничные эффекты контактов, возможность образования неоднородных состояний, дисперсию коэффициента поглощения и т. д.

ЛИТЕРАТУРА

1. Kisker E. et al. Phys. Rev., B18, 2256 (1978).
2. Назаров Э. Л. Физика магнитных полупроводников. Изд. Наука, М., 1979.
3. Guntherodt G., Schoens J., Wachter P. J. Appl. Phys., 41, 1083 (1970).
4. Зеегер К. Физика полупроводников. Изд. Мир, М., 1977.
5. Захарченя Б. П. и др. УФН, 136, 459 (1982).
6. Ашкрофт Н., Мермин Н. Физика твердого тела. Изд. Мир, М., 1979.
7. Pierce D. T. et al. Rev. Sci. Instrum., 51, 478 (1980).

ԲԵՎԵՌԱՅՄԱՆ ԲԱՐՁՐ ԱՍԻՃԱՆՈՎ ԷԼԵԿՏՐՈՆՆԵՐԻ ՅՈՏՈԱՌՔՈՒՄԸ EuS-ի ՇԵՐՏՈՎ ԾԱՄԿՎԱԾ GaAs-իՅ

Բ. Ա. ՄԵԼԻՔՅԱՆ, Պ. Ս. ՀՈՎՆԱՆՅԱՆ

Դիտարկվում է բեկոսցված էլեկտրոնների ֆոտոառաքման հնարավորությունը GaAs-ի տիպի կիսահաղորդիչից, որը ծածկված է ֆերոմագնիսական կիսահաղորդիչով (օրինակ,

EuS-ով) վերջինս ապահովում է էլեկտրոնների ջոկումը ըստ սպինի: Ինչպես ցույց են տալիս
գնահատումները, առաջարկվող բեռնացած էլեկտրոնների աղբյուրը կարող է ապահովել 10^{11}
էլեկտրոն մեկ իմպուլսի ընթացքում (10^{-6} վրկ) բեռնացման բարձր աստիճանով և 10^{-3}
ռադ. սմ էմիտանսով:

ON THE POSSIBILITY OF PHOTOEMISSION OF HIGHLY POLARIZED ELECTRONS FROM *GaAs* COATED WITH *EuS*

R. A. MELIKYAN, P. S. OVNANYAN

The possibility of polarized electrons photoemission from *GaAs* type semiconduc-
tor coated with ferromagnetic semiconductor (e. g., *EuS*), providing the selection of
electrons by their spins, is considered. As the estimates show, the proposed source
can provide the emission of up to 10^{11} electrons per pulse (10^{-6} sec) with high degree
of polarization and the emittance no more than 10^{-3} radn. cm.