

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

**БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ**

ВЫСШИЙ КОЛЛЕДЖ СВЯЗИ

3-я МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

**Современная технология
гибридных интегральных микросхем
включая элементы сверхпроводниковой электроники**

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

Нарочь 1994

ВОЗДЕЙСТВИЕ ГРАДИЕНТНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ
НА ЭЛЕКТРОПЕРЕНОС В ГИПЕРПРОВОДЯЩЕМ Al

Различные эффекты в проводниках в значительной степени связаны с самовоздействием на движение носителей собственного магнитного поля, которое поперечно по своей природе и неоднородно по сечению. Кроме того, многие физические процессы в магнитном поле H сопровождаются неидеальными условиями из-за неоднородности поля, генерируемого магнитной системой конечных размеров. Имеется ряд работ о влиянии неоднородного магнитного поля (НМП) на низкотемпературный перенос заряда в проводниках [1-3]. Показано, что гальваномагнитные свойства проводящих образцов конечных размеров в случае НМП обнаруживают сильную зависимость от поперечной координаты. Наблюдается неоднородность распределения потенциала и плотности тока по поперечному сечению. Причем это явление обладает коммутационным свойством относительно направления магнитного поля и его градиента, и одновременно четностью по отношению к току. Вместе с тем вопрос об определении характера и масштаба изменения регистрируемых величин под воздействием такого рода неоднородностей остается актуальным.

В данной работе ставится задача смоделировать в большом пространственном масштабе воздействие регулярно неоднородного вдоль транспортного направления магнитного поля, изменяющегося по определенному закону, и непосредственно рассмотреть градиент холловского поля, его роль в формировании потенциальной картины, определяющей тип вихревой структуры тока. Подобные исследования требуют привлечения не только новых методов анализа результатов, но и нетрадиционной постановки эксперимента. Для моделирования воздействия неоднородного поперечного поля на перенос заряда использовался метод "изогнутого образца", суть которого состоит в том, что в однородном внешнем H располагается образец исследуемого материала, изогнутый вдоль транспортного направления x с переменной кривизной так, что нормальная к поверхности составляющая внешнего H изменяется вдоль образца по заданному закону, в данном случае - по экспоненциальному, так что $H_{\perp} = H \exp(kx')$. В эксперименте реализованы значения относительной неоднородности $k = 0.05 \pm 1 \text{ см}^{-1}$. Схема расположения образца в плоскости ZX изображена на вставке рис. 1, там же показана рабочая зона с потенциальными контактами. Образцы имели размеры $6 \times 2 \times 35 \text{ мм}^3$ с расстоянием между контактами (1-2) - 1.5 мм, а между контактами

(1-1') - 5 мм.

В качестве материала использовался высокочистый поликристаллический Al - гиперпроводник с высокой холловской подвижностью и большой длиной свободного пробега носителей заряда. Магнитное поле генерировалось сверхпроводящим соленоидом гелиевого криостата УИС-1 с рабочим полем до 85 кЭ и собственной неоднородностью в радиальном направлении не более 0.1%. Измерения производились при гелиевой температуре в режиме заданного тока. Плотность тока возбуждения составляла 12 A/мм^2 . Регистрируемая экспериментально величина - потенциал электрического поля φ_x вдоль координаты x при $y = \text{const}$ и φ_y вдоль координаты y при $x = \text{const}$. Данная методика дает возможность точно фиксировать внешние параметры в точке измерения потенциала, иными словами, каждой конкретной координате здесь соответствует собственные характеристики.

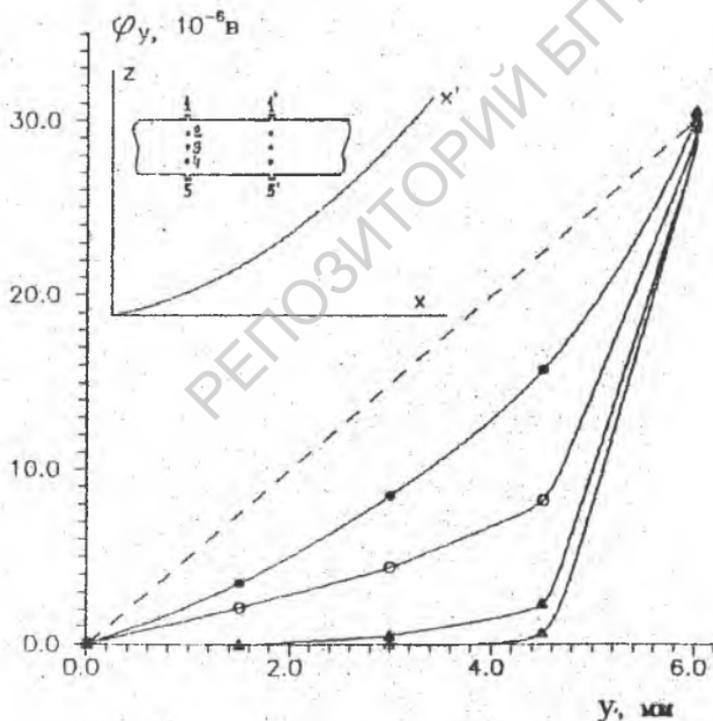


Рис. 1. Распределение потенциала в направлении, нормальном потоку транспорта, при различных уровнях градиентности k : \bullet - 0.05; \circ - 0.1; Δ - 0.3; \blacktriangle - 0.5 см^{-1} ; $H_z = 40 \text{ кЭ}$. Пунктирная линия соответствует однородному магнитному полю. На вставке - схема геометрии эксперимента.

Как показывает эксперимент, при заданном законе изменения H наблюдаются эффекты перераспределения потенциала и плотности тока. Зависимость φ_y (рис. 1) является нелинейной функцией координаты y . Скинирование, как видно, особенно сильно проявляется при большой неоднородности (большие значения k), и вся холловская разность потенциалов $\Delta\varphi$ (контакты типа 1-5) приходится на приграничную область. Так для неоднородности с $k = 0.5 \text{ см}^{-1}$ практически весь регистрируемый по сигналу ток сосредоточен в области между контактами 1-2 (и соответственно 4-5 для магнитного поля противоположного знака).

Характерно, что интегральная холловская разность потенциалов между гранями практически одинакова как для неоднородных полей с разной степенью градиентности, так и для однородного магнитного поля при равенстве значений H_1 в данном сечении $x = \text{const}$. Это обстоятельство дает возможность достаточно точно контролировать интегральную разность потенциалов на холловских гранях в неоднородном поле. Что же касается локального распределения потенциала вдоль оси y , то его "острота", как следует из вышеизложенного, определяется степенью градиентности магнитного поля.

Зависимость потенциала вдоль потока заряда φ_x дает вследствие скинирования большую и малую разность потенциалов на противоположных гранях. При этом инвертирование магнитного поля "переключает" эти значения, и полезный сигнал лежит внутри данного диапазона, но не посередине, как предполагается при обычной операции коммутирования. Двукратное инвертирование тока возбуждения и поля, используемое при геометрической некорректности в расположении потенциальных контактов в однородных условиях, теряет свои преимущества при конечной градиентности магнитного поля.

На рис. 2 представлены значения разности потенциалов $\Delta\varphi_x$ в области максимального скинирования в зависимости от относительной неоднородности магнитного поля k . В данном случае центр фиксированного отрезка, на котором измеряется $\Delta\varphi_x$, приведен к одной величине магнитного поля H_1 . Наблюдается нелинейный рост потенциала с увеличением степени градиентности поля, отражающий острый характер скинирования тока по сечению образца.

В данной работе, и это важно, неоднородность поля Холла наблюдалась непосредственно. Полученные картины потенциального и токового распределения дают основание говорить о том, что при заданном законе градиентности магнитного поля в ограниченных

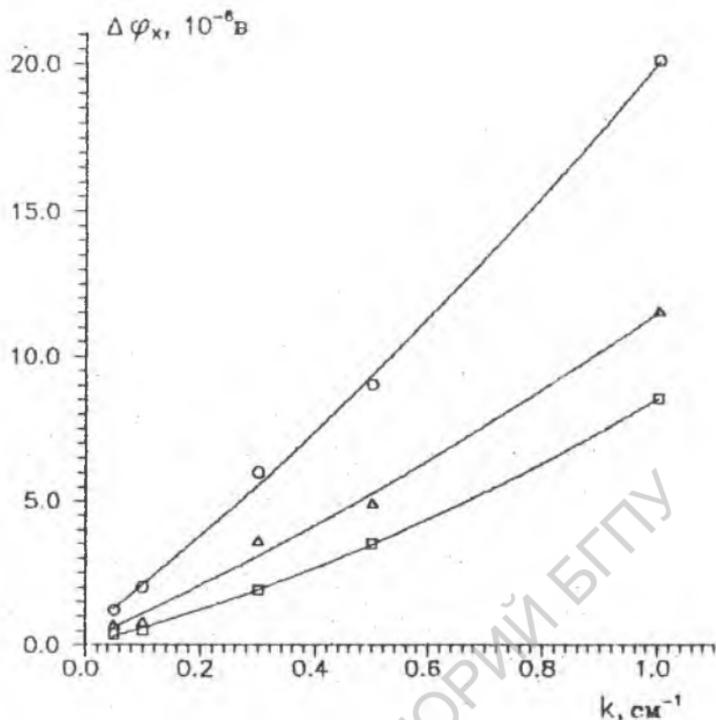


Рис. 2. Разность потенциалов вдоль потока заряда в области максимального скинирования в зависимости от степени градиентности поля при различных H_1 : \square - 10; \triangle - 25; \circ - 40 кЭ.

средах вихревой характер тока реализуется в перераспределении токовой плотности по образцу, а существование сколь-нибудь значительного холловского тока, по крайней мере в предположении его влияния на интегральную холловскую разность потенциалов, проблематично.

Работа выполнена при поддержке Фонда фундаментальных исследований Беларуси (проект N Ф40-249).

ЛИТЕРАТУРА

1. Beer A.C. Solid State Physics. N.Y.; London: Academic Press, 1963, v. 4. 418p.
2. Гостищев В.И. и др. Физ. низк. температур, 4(1978)1131.
3. Гостищев В.И. и др. Физ. мет. и металловед., 57(1984)699.