

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РУБИНА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СВЕРХНИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР
МЕТОДОМ АДИАБАТИЧЕСКОГО РАЗМАГНИЧИВАНИЯ

Н. Е. Алексеевский

Для получения сверхнизких температур методом адиабатического размагничивания обычно используются соединения, содержащие ионы парамагнитных металлов. Такими соединениями являются, например, квасцы железа и марганца, сульфаты, нитраты и др. Однако необходимо заметить, что практически все используемые для размагничивания в настоящее время соединения имеют ряд существенных недостатков: они легко разлагаются, имеют относительно низкую теплопроводность, особенно при работе с поликристаллами, являются хрупкими и пр.

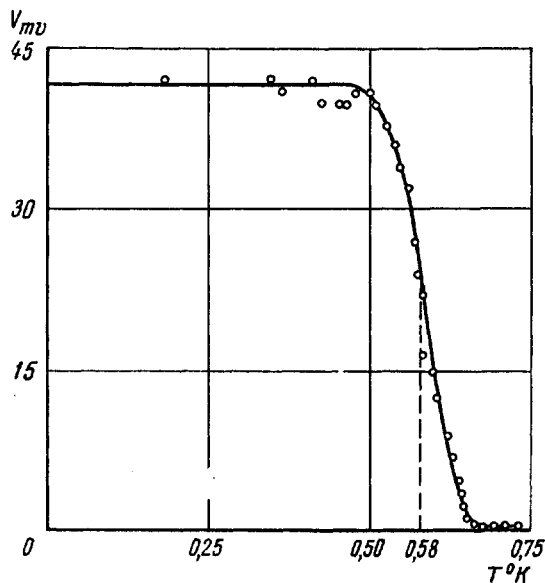
Поэтому естественно попытаться заменить применяемые сейчас соли другими магнитными системами. Удобными объектами для этой цели являются, например, окислы, в которые введено небольшое количество парамагнитных ионов. К числу таких веществ, как известно, относится рубин, представляющий собой кристалл Al_2O_3 , в котором растворен Cr^{+++} , находящийся в виде ионов Cr^{+++} .

Магнитная восприимчивость монокристаллов рубина была подробно исследована в [1,2]. В работе Севастьянова и Байбакова [3] были проведены исследования анизотропии магнитной восприимчивости и ее зависимости от концентрации.

Для проведения экспериментов использовался цилиндрический кристалл рубина, ось которого составляла угол $\approx 60^\circ$ с главной осью кристалла. Содержание хрома составляло $\approx 0,5\%$. Для измерений обычно использовался электромагнит, создававший поле ≈ 23 кэ. Начальная температура при работе с этим прибором составляла $1,4^\circ K$. Ряд экспери-

ментов был проведен также с прибором, в котором поле создавалось сверхпроводящим соленоидом и составляло 55 кэ при внутреннем диаметре 37 мм.

Измерение магнитной температуры нельзя было проводить в сверхпроводящем соленоиде, так как остаточное поле соленоида оказывало существенное влияние на результаты измерений. Поэтому внутренний сосуд Дюара вместе с ампулой поднимался после размагничивания таким образом, что ампула во время измерений температуры находилась над соленоидом на расстоянии, составлявшем приблизительно 200 мм. Для измерений использовались как ампулы с откачкой теплообменного гелия сорбционным насосом, так и ампулы с постоянным заполнением, подобно тому, как это было сделано в работе Алексеевского и Мигунова [4]. В этом случае ампула, имевшая объем $\approx 15 \text{ см}^3$, заполнялась при комнатной температуре газообразным гелием до давления $\approx 20 \text{ мм рт.ст.}$ Оценка восприимчивости некоторых образцов рубина проведена баллистическим методом. Полученные данные согласуются с данными, приведенными в [1,2].



Было проведено определение температур перехода пленок Cd , испаренных при гелиевой температуре на один из полированных торцов рубина. На рисунке приведена одна из таких кривых перехода, получен-

ная на пленке кадмия толщиной $1,46 \cdot 10^{-5}$ см. При снятии такой кривой земное поле компенсировалось системой катушек Гельмгольца и не превышало 0,01 кэ. Измерения кривой перехода проводились индукционным методом, подобным изложенному ранее [5].

На основании полученных результатов можно заключить, что рубин, несмотря на более низкое значение магнитной восприимчивости, чем у парамагнитных солей, вполне может быть использован в приборах адиабатического размагничивания для получения сверхнизких температур. При этом, в качестве источника магнитного поля удобно использовать сверхпроводящий соленоид, создающий поле ≈ 50 кэ, в этом случае конечная температура T_4 может составлять $\approx 0,05^\circ\text{K}$, что вполне достаточно для решения многих экспериментальных задач.

Поскольку точка Кюри рубина может быть достаточно низка, то в ряде случаев рубин можно использовать в качестве второй ступени в двухступенном приборе адиабатического размагничивания. В циклических установках также можно использовать рубин, причем применение сверхпроводящих ключей при этом может оказаться более удобным, чем в установках с парамагнитной солью. Использование рубина особенно удобно для исследования тонких пленок металлов и полупроводников в области сверхнизких температур, так как его поверхность может быть хорошо отполирована, а сам кристалл имеет высокую теплопроводность.

Институт физических проблем
Академии наук СССР

Поступило в редакцию
15 сентября 1966 г.

Литература

- [1] I.G.Daunt, K.Brugger. *Z. Phys. Chem.*, **10**, 203, 1958.
- [2] K.Brugger, J.W.Snider, J.G.Daunt. *Low Temp. Phys. and Chemistry, Madison*, **547**, 1958.
- [3] Б.К.Севастьянов, В.И.Байбаков. *ЖЭТФ*, **47**, 73, 1964.
- [4] Н.Алексејевскы, Л.Мигунов. *J. Phys. (U.S.S.R.)*, **11**, 95, 1947.
- [5] Н.Е.Алексеевский. 10-я международная конференция по физике низких температур, М., 1966.