

создания эффективных МГД-электростанций, которые смогут конкурировать с обычными электростанциями.

### Литература

1. <http://ru.wikipedia.org/wiki/> (27.02.2006)
2. <http://fiziks.org.ua/na-stole-mgd-generator/> (19.11.2008)
3. <http://www.historylive.ru/0mmm.htm> (01.05.2011)
4. <http://bse.sci-lib.com/article072415.html> (14.12.2005)
5. [http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc\\_physics/1588](http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_physics/1588) (07.01.2004)
6. [http://physics.kgsu.ru/index.php?option=com\\_content&view=article&id=216&Itemid=72](http://physics.kgsu.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=216&Itemid=72) (08.06.2006)
7. [http://www.ntpo.com/patents\\_electricity/electricity\\_4/electricity\\_3.shtml](http://www.ntpo.com/patents_electricity/electricity_4/electricity_3.shtml) (17.03.2005)
8. [http://rnd.cnews.ru/army/news/top/index\\_science.shtml?2007/11/30/277467](http://rnd.cnews.ru/army/news/top/index_science.shtml?2007/11/30/277467) (30.11.2007)

УДК 539.125.5

### СВЕРХПРОВОДИМОСТЬ

Ковалёва К. И.

Научный руководитель – Шеденков С. И.

Сверхпроводимость – это свойство многих проводников, состоящее в том, что их электрическое сопротивление скачком падает до нуля при охлаждении ниже определённой критической температуры  $T_k$ , характерной для данного материала.

В 1911 г. Камерлинг-Оннес открыл явление сверхпроводимости, изучение которого интенсивно продолжается до наших дней и составляет одно из важнейших направлений физики твёрдого тела. Оказалось, что при температуре, близкой к  $4^0\text{K}$ , электрическое сопротивление ртути скачком обращается в нуль.

Нулевое сопротивление — не единственная отличительная черта сверхпроводимости. Одним из главных отличий сверхпроводников от идеальных проводников является эффект Мейснера, открытый Вальтером Мейснером и Робертом Оксенфельдом в 1933 году. Они обнаружили, что если цилиндрический образец поместить в продольное магнитное поле и охладить ниже температуры перехода, то он полностью выталкивает из себя магнитный поток. Эффект Мейснера, как назвали это явление, был важным открытием, поскольку благодаря ему физикам стало ясно, что сверхпроводимость — это квантово-механическое явление. Если бы сверхпроводимость заключалась только в исчезновении электрического

сопротивления, то её можно было пытаться объяснить законами классической физики.

Первое теоретическое объяснение сверхпроводимости было дано в 1935 году Фрицем и Хайнцем Лондоном. Более общая теория была построена в 1950 году Л. Д. Ландау и В. Л. Гинзбургом. Она получила широкое распространение и известна как теория Гинзбурга — Ландау. Однако эти теории имели феноменологический характер и не раскрывали детальные механизмы сверхпроводимости.

Впервые сверхпроводимость на микроскопическом уровне получила объяснение в 1957 году в работе американских физиков Джона Бардина, Леона Купера и Джона Шриффера. Центральным элементом их теории, получившей название теории БКШ, являются так называемые куперовские пары электронов.

Квантово-механическая теория сверхпроводимости (теория БКШ) рассматривает явление сверхпроводимости как сверхтекучесть бозе-эйнштейновского конденсата куперовских пар электронов в металле с присущим сверхтекучести отсутствием трения.

В квантовой теории металлов притяжение между электронами (обмен фононами) связывается с возникновением элементарных возбуждений кристаллической решётки. Электрон, движущийся в кристалле и взаимодействующий с другим электроном посредством решётки, переводит её в возбуждённое состояние. При переходе решётки в основное состояние излучается квант энергии звуковой частоты — фонон, который поглощается другим электроном. Притяжение между электронами можно представить как обмен электронами фононами, причём притяжение наиболее эффективно, если импульсы взаимодействующих электронов противоположно направлены.

Возникновение сверхпроводящего состояния вещества связано с возможностью образования в металле связанных пар электронов (куперовских пар). Оценка показывает, что электроны, образующие пару, находятся друг от друга на расстояниях порядка ста периодов кристаллической решётки. Вся электронная система сверхпроводника представляет собой сплочённое образование, простирающееся на громадные по атомным масштабам расстояния.

Если при сколь угодно низких температурах кулоновское отталкивание между электронами преобладает над притяжением, образующим пары, то вещество (металл или сплав) сохраняет обычные свойства. Если же при температуре  $T_k$  силы притяжения преобладают над силами отталкивания, то вещество переходит в сверхпроводящее состояние.

Важнейшей особенностью связанного в пары коллектива электронов в сверхпроводнике является невозможность обмена энергией между электронами и решёткой малыми порциями, меньшими, чем определенная энергия. Это означает, что при движении электронов в кристаллической

решётке не изменяется энергия электронов и вещество ведёт себя как сверхпроводник с нулевым удельным сопротивлением. Квантово-механическое рассмотрение показывает, что при этом не происходит рассеяния электронных волн на тепловых колебаниях решётки или примесях. А это и означает отсутствие электрического сопротивления.

Для того чтобы разрушить состояние сверхпроводимости, необходима затрата определенной энергии. При температуре  $T=T_k$  происходит нарушение связанных состояний электронных пар, прекращается притяжение между электронами и состояние сверхпроводимости исчезает.

Спектр применений сверхпроводников удобно разделить на относительно маломощную электронику (быстродействующие вычислительные устройства, детекторы магнитного поля и излучений, оборудование для связи в микроволновом диапазоне) и силовые применения (кабели, токоограничители, магниты, моторы, генераторы, накопители энергии).

В силовых применениях сверхпроводники позволяют снизить энергопотери и сократить массогабаритные показатели оборудования. Отсутствие электрического сопротивления позволяет использовать сверхпроводники для эффективной передачи электроэнергии.

УДК 621.311

## **ПРИМЕНЕНИЕ ТЕРАГЕРЦОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ**

Ярохович А.Н.

Научный руководитель – Кононова Т.С.

Терагерцовое излучение было открыто в 100 метрах от Кремля, около 100 лет назад в лаборатории Глаголевой-Аркадьевой Александры Андреевны в МГУ. Дело заключается в том, что ещё со времен Ньютона было известно электромагнитное излучение видимого спектра. Потом стало известно, что вне предела видимого излучения существуют ещё излучения.

Александра Андреевна закрыла щель между оптической областью и радиочастотной областью. Она первая сделала генератор терагерцового излучения на основе, так называемой пасты, т.е. это так называемый терагерцовый пастовый генератор, он был создан ещё в 1924 году. Суть действия сводилась к тому, что в сосуд помещалась паста, состоящая из металлических частиц и некой жидкости. Через эту массу пропускаться электрический разряд. Оказалось, что во время того, как пропускаться электрический разряд, эта смесь излучает волны терагерцового спектрального диапазона.