

	VIETTEL AI RACE	TD089
	Vật Liệu Siêu Dẫn Nhiệt Độ Phòng Và Ứng Dụng Trong Truyền Tải Điện Tương Lai	Lần ban hành: 1

1. Giới thiệu

Siêu dẫn là hiện tượng khi một vật liệu dẫn điện **không có điện trở**, nghĩa là dòng điện có thể chạy mãi mãi mà không mất năng lượng. Trong nhiều thập kỷ, các vật liệu siêu dẫn chỉ hoạt động ở nhiệt độ cực thấp (gần 0 K), đòi hỏi làm lạnh bằng heli lỏng đắt đỏ.

Tuy nhiên, những nghiên cứu gần đây đã cho thấy khả năng xuất hiện của **vật liệu siêu dẫn ở nhiệt độ phòng**, mở ra kỷ nguyên truyền tải điện **không tổn thất**, tăng hiệu suất cho lưới điện toàn cầu và cách mạng hóa các ngành công nghiệp từ y tế, năng lượng đến máy tính lượng tử.

2. Vật liệu siêu dẫn là gì?

Siêu dẫn là một hiện tượng xảy ra khi vật thể ở nhiệt độ đủ thấp và từ trường đủ nhỏ. Lúc này mức điện trở của vật dẫn trở về bằng 0, khiến nội từ trường bị suy giảm theo hiệu ứng Meissner.

Trong vật lý, để tạo ra hiện tượng siêu dẫn, người ta sẽ tạo ra một lực hút giữa các electron truyền dẫn. Từ đó làm sản sinh việc trao đổi phonon tạo ra từ cặp electron tương quan.

Ngoài ra còn tồn tại một vật chất siêu dẫn có tính dẫn nhiệt cao hơn lý thuyết và thấp hơn so với nhiệt độ thường trong phòng. Tuy nhiên những nghiên cứu về chất siêu dẫn nhiệt độ cao vẫn chưa hoàn chỉnh.

3. Lịch sử hình thành vật liệu siêu dẫn:

Năm 1911, trong một lần thực hiện thí nghiệm với thủy ngân, nhà vật lý Hà Lan – Maoneis đã vô tình phát hiện ra khi ở nhiệt độ -269°C , thủy ngân sẽ có điện trở bằng không. Lúc này ông gọi đó là tính siêu dẫn.

Việc tìm ra được một hiện tượng mới lạ này đã mở ra các khám phá quan trọng trong ngành khoa học kỹ thuật. Các nhà khoa học bắt đầu sử dụng chất siêu dẫn để chế tạo ra các vật chất có từ tính mạnh. Với mục đích phục vụ cho các lĩnh vực khoa học kỹ thuật và sản xuất khác nhau trong đời sống. Tuy nhiên, “đời

	VIETTEL AI RACE	TD089
	Vật Liệu Siêu Dẫn Nhiệt Độ Phòng Và Ứng Dụng Trong Truyền Tải Điện Tương Lai	Lần ban hành: 1

không như là mơ”, việc ứng dụng tính siêu dẫn lên các kim loại thuần khiết như chì, thiếc... lại cho từ trường rất nhỏ.

Đến những năm 30 của thế kỷ XX, sau nhiều năm nghiên cứu không ngừng, các nhà khoa học đã tìm ra được một loại nguyên tố mới nếu cho vào các kim loại thuần khiết sẽ tạo được một loại hợp kim mà ở đó cường độ dòng điện và cường độ từ trường được tăng lên nhiều.

Giai đoạn năm 1930, các nhà khoa học Liên Xô bắt tay vào chế tạo hợp kim siêu dẫn có giới hạn từ trường đạt 2 tesla. Hai hợp kim siêu dẫn này gọi là hợp kim niobi – ziriconi, và hợp kim vanđi – gali.

Ngoài ra, còn có một số oxit kim loại kiểu cấu trúc A – 15. Ưu điểm của các vật chất siêu dẫn ở giai đoạn này chính là không có điện trở, nhờ đó vừa có thể làm giảm tổn thất điện, không gây ra những tổn thất nhiệt, vừa có thể tích nhỏ và công suất lớn.

Tiếp đến là giai đoạn những năm 60 của thế kỷ XX, các nhà khoa học đã nghiên cứu và chế tạo được loại vật liệu siêu dẫn có từ trường đạt đến 10 tesla. Từ đó được ứng dụng rộng trong các lĩnh vực đòi hỏi công nghệ kỹ thuật cao như cộng hưởng từ hạt nhân, máy gia tốc, buồng bọt, máy phát điện... Thế nhưng một nhược điểm của vật liệu siêu dẫn chính là chỉ hoạt động hiệu quả ở điều kiện nhiệt độ rất thấp. Điều này khiến các kỹ sư đối mặt với nhiều thách thức như tốn nhiều chi phí để tạo nên môi trường có nhiệt độ.

Giai đoạn năm 1957, các nhà khoa học đưa ra lý thuyết BCS nhằm giải thích hiện tượng siêu dẫn. Theo đó, lý thuyết BCS cho rằng lý do dẫn đến hiện tượng siêu dẫn là do ở môi trường nhiệt độ cực thấp, các điện tử tự do trong chất siêu dẫn sẽ sắp xếp nối tiếp nhau tạo thành chuỗi dài. Lúc này, các điện tử sẽ chuyển động định hướng bên trong khiến chất siêu dẫn không còn lực trở của dòng điện tử, từ đó hình thành nên dòng điện không có trở lực.

Giai đoạn năm 1986, hai kỹ sư Muler và Baines của công ty IBM Mỹ và Thụy Điển đã khám phá ra được oxit các kim loại lantan – bari – đồng có đặc tính siêu dẫn ở nhiệt độ tương đối cao ngay cả trong điều kiện phòng thí nghiệm. Chính

	VIETTEL AI RACE	TD089
	Vật Liệu Siêu Dẫn Nhiệt Độ Phòng Và Ứng Dụng Trong Truyền Tải Điện Tương Lai	Lần ban hành: 1

những nghiên cứu này đã nhen nhóm một tia hy vọng về tương lai của việc ứng dụng vật liệu siêu dẫn trong sản xuất và đời sống.

Đến nay, có không ít các nhà khoa học ở nhiều nước triển khai nghiên cứu cách nâng cao giới hạn nhiệt độ siêu dẫn. Tiêu biểu trong số đó là nhà khoa học quốc tịch Mỹ gốc Hoa – Chu Kinh Hoà và nhà khoa học Trung Quốc – Triệu Trung Hiền.

4. Nguyên lý siêu dẫn

- **Điện trở bằng 0:** Khi vật liệu đạt trạng thái siêu dẫn, các electron ghép cặp thành **cặp Cooper**, di chuyển mà không va chạm.
- **Hiệu ứng Meissner:** Vật liệu siêu dẫn đẩy từ trường ra ngoài, tạo hiện tượng “nổi” nam châm – nền tảng cho tàu đệm từ.
- **Chuyển pha lượng tử:** Khi nhiệt độ, áp suất hoặc thành phần hóa học đạt điều kiện thích hợp, vật liệu chuyển từ trạng thái bình thường sang siêu dẫn.

5. Tiến bộ mới trong vật liệu siêu dẫn nhiệt độ phòng

- **Hydride giàu hydro:** Hợp chất lưu huỳnh-hydro hoặc carbon-hydro được nén ở áp suất hàng triệu atm đã cho thấy siêu dẫn ở $\sim 15^\circ\text{C}$.
- **Siêu dẫn áp suất thấp:** Nghiên cứu mới hướng tới vật liệu hoạt động ở điều kiện gần áp suất khí quyển, giúp ứng dụng thực tế.
- **Kết hợp với công nghệ tính toán AI:** Mô hình học sâu dự đoán cấu trúc tinh thể và tính chất điện tử, rút ngắn thời gian khám phá.

6. Ứng dụng trong truyền tải điện

- **Lưới điện không tổn thất:** Dây dẫn siêu dẫn truyền tải điện hàng nghìn km mà không mất mát, giảm lãng phí hàng tỷ USD mỗi năm.

	VIETTEL AI RACE	TD089
	Vật Liệu Siêu Dẫn Nhiệt Độ Phòng Và Ứng Dụng Trong Truyền Tải Điện Tương Lai	Lần ban hành: 1

- **Trạm biến áp và máy phát:** Thiết bị nhỏ gọn, hiệu suất cao, giảm chi phí bảo trì.
- **Lưu trữ năng lượng từ gió, mặt trời:** Vật liệu siêu dẫn hỗ trợ pin từ trường siêu dẫn (SMES), cho phép nạp/xả cực nhanh.

7. Ứng dụng ngoài truyền tải điện

- **Tàu đệm từ (Maglev):** Tốc độ trên 600 km/h, vận hành êm ái và tiết kiệm năng lượng.
- **Máy cộng hưởng từ MRI:** Giảm chi phí vận hành khi không cần helium lỏng.
- **Máy tính lượng tử:** Siêu dẫn nhiệt độ phòng giúp qubit ổn định hơn, giảm yêu cầu làm lạnh phức tạp.
- **Động cơ điện công suất cao:** Cho hàng không, tàu thủy, giảm trọng lượng và nâng hiệu suất.

8. Thách thức triển khai

- **Ổn định vật liệu:** Giữ tính siêu dẫn ở điều kiện môi trường bình thường vẫn là bài toán khó.
- **Sản xuất hàng loạt:** Quy trình chế tạo cần kiểm soát cấu trúc tinh thể và tạp chất ở mức nguyên tử.
- **Chi phí đầu tư ban đầu:** Dù vận hành tiết kiệm, giai đoạn chuyển đổi hạ tầng đòi hỏi vốn lớn.
- **Chuẩn hóa an toàn:** Vật liệu mới cần được kiểm chứng lâu dài trước khi đưa vào lưới điện quốc gia.

9. Tác động kinh tế – xã hội

- **Cách mạng năng lượng:** Giảm thất thoát truyền tải từ mức 8–10% hiện nay xuống gần 0%, tiết kiệm hàng trăm tỷ USD.
- **Giảm phát thải carbon:** Hiệu suất cao đồng nghĩa với ít năng lượng hóa thạch hơn.

	VIETTEL AI RACE	TD089
	Vật Liệu Siêu Dẫn Nhiệt Độ Phòng Và Ứng Dụng Trong Truyền Tải Điện Tương Lai	Lần ban hành: 1

- **Khuyến khích năng lượng tái tạo:** Truyền tải xa giúp điện gió, điện mặt trời từ vùng hẻo lánh đến đô thị dễ dàng.
- **Tạo ngành công nghiệp mới:** Từ thiết bị y tế, giao thông, đến máy tính siêu hiệu năng.

10. Xu hướng tương lai

- **Khám phá vật liệu bằng AI:** Học sâu và tính toán lượng tử hỗ trợ tìm kiếm hợp chất siêu dẫn áp suất thấp.
- **Kết hợp nano và 2D materials:** Graphene và các vật liệu lớp hứa hẹn tính siêu dẫn độc đáo.
- **Hạ tầng lưới điện thế hệ mới:** Chuẩn hóa toàn cầu để tích hợp dây dẫn siêu dẫn vào mạng lưới hiện tại.
- **Ứng dụng dân dụng:** Thiết bị gia dụng tiết kiệm điện, phương tiện cá nhân siêu hiệu quả.