

به نام خدا



مرکز دانلود رایگان مهندسی متالورژی و مواد

www.Iran-mavad.com





ابرسیاتناهای اکسیدی و کاربردهای آن

www.iran-mavad.com

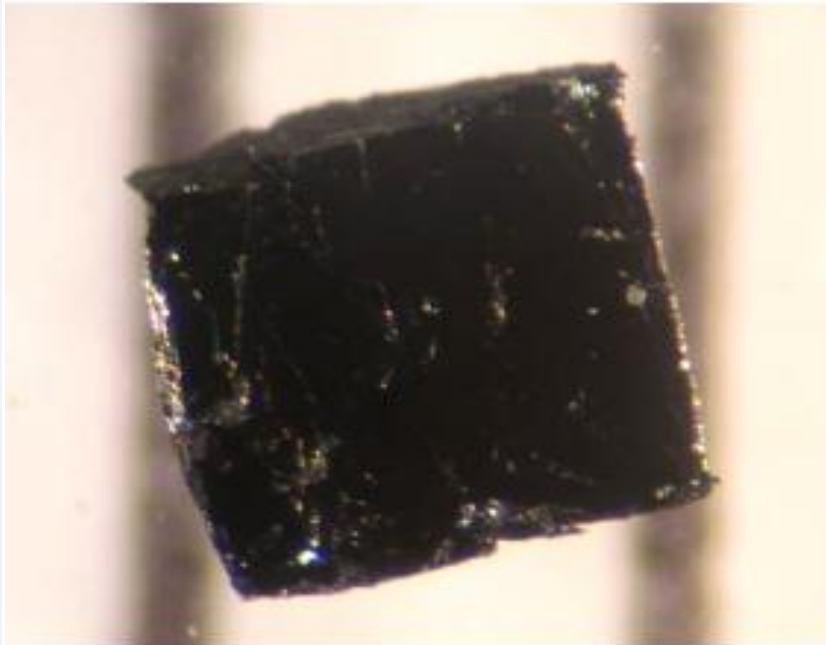
مرجع دانشجویان و مهندسیان مواد

ابررساناهای اکسیدی

oxide superconductors

□ تعریف: انواعی از ابررساناها که در آنها یک جز اکسیدی وجود داشته باشد.

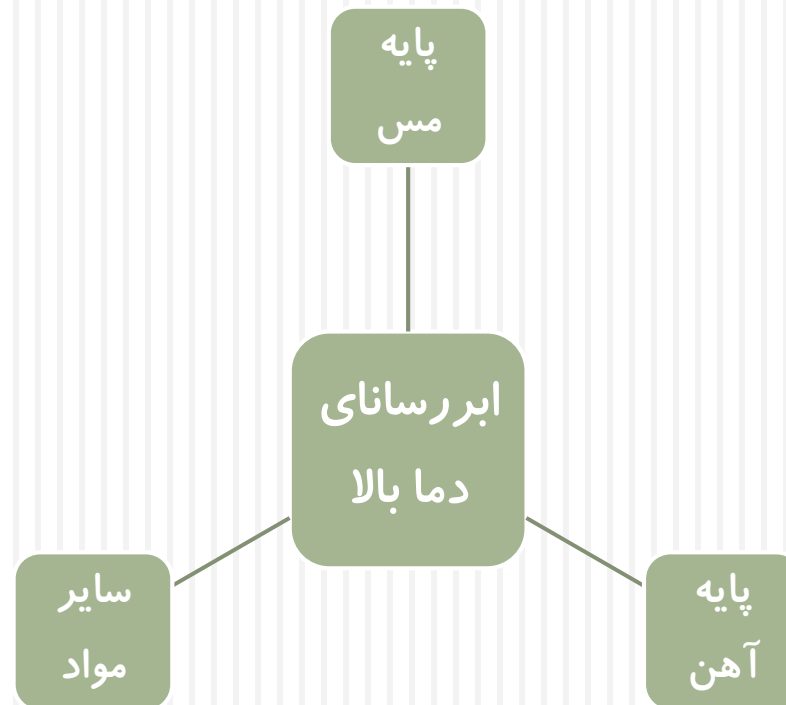
□ اغلب ابررساناهای اکسیدی از نوع ابررساناهای دمای بالا می باشند.



یک نمونه کوچک ابررسانای BSCCO-2223

High Temperature Superconductor

□ تعریف: ابرساناهای با دمای گذار بیشتر از ۳۰ کلوین ابرساناهای دمای بالا نام دارند.



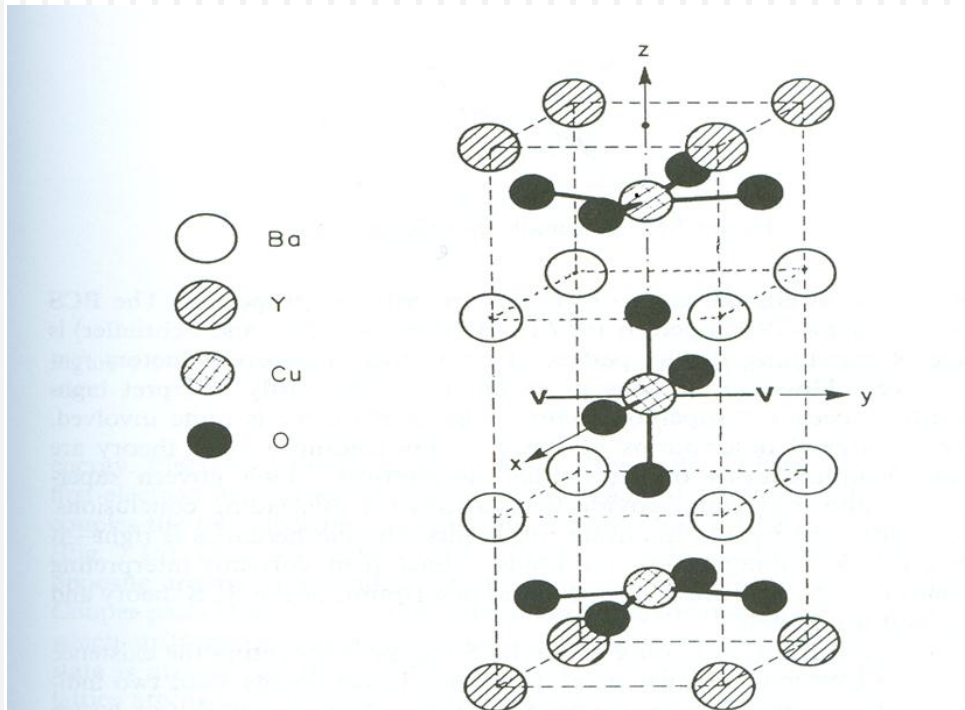
ابرساناهای دمای بالا

High Temperature Superconductor

- ابرساناهای اکسیدی از نوع پایه مس، و سرامیکی می باشند.
- بعضی از مؤلفان ابرساناهای با دمای گذار بیشتر از نقطه جوش نیتروژن مایع (۷۷ کلوین) را ابرسانای دمای بالا تعریف می کنند.

Cuprate Superconductors

- موادی سرامیکی هستند که از لایه های غیر متوالی اکسید مس (Cu_2O) تشکیل شده اند.
- این مواد در دمای محیط عایق اند.



History



- جرج بدنورز و آلکس مولر
در مؤسسه تحقیقاتی IBM در سال
۱۹۸۶ اولین ابررسانای دما بالا
را کشف کردند.
- ابررسانای کشف شده LaBaCuO
بود که دمای بحرانی 35°K داشت
- به خاطر این کشف جایزه نوبل سال
۱۹۸۷ را دریافت کردند.

History

Material	Transition Temp (K)	Critical Field (T)
NbTi	10	15
PbMoS	14.4	6.0
V ₃ Ga	14.8	2.1
NbN	15.7	1.5
V ₃ Si	16.9	2.35
Nb ₃ Sn	18.0	24.5
Nb ₃ Al	18.7	32.4
Nb ₃ (AlGe)	20.7	44
Nb ₃ Ge	23.2	38

From Blatt, Modern Physics

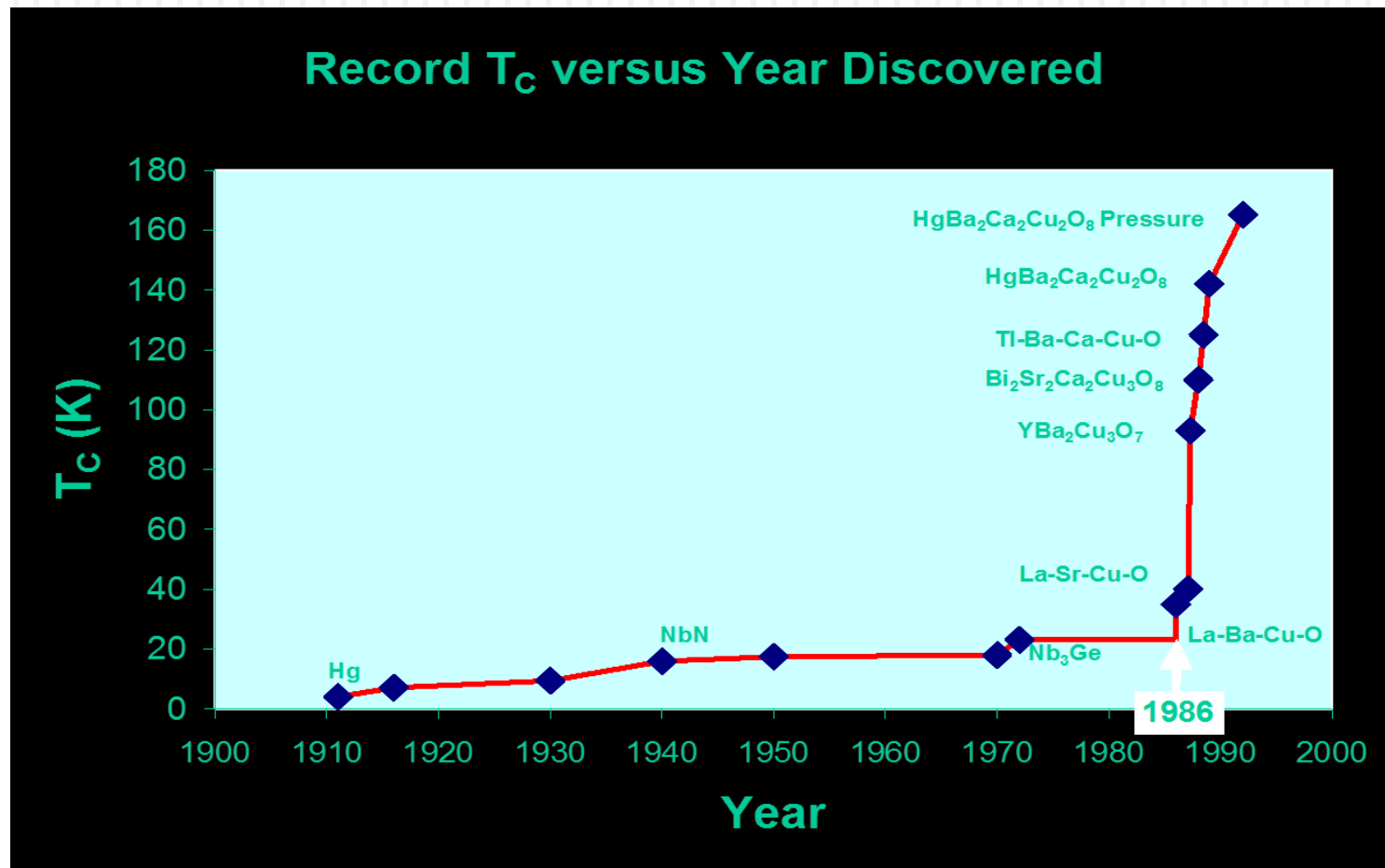
□ بیشترین دمای ابررسانایی تا آن زمان ۲۳ کلوین بود.

□ مطابق تئوری BCS ابررسانایی در دمای بالای ۳۰ کلوین ممکن نیست.

□ این کشف موجی از تحقیقات برای کشف ابررساناهای دمای بالا به راه انداخت.

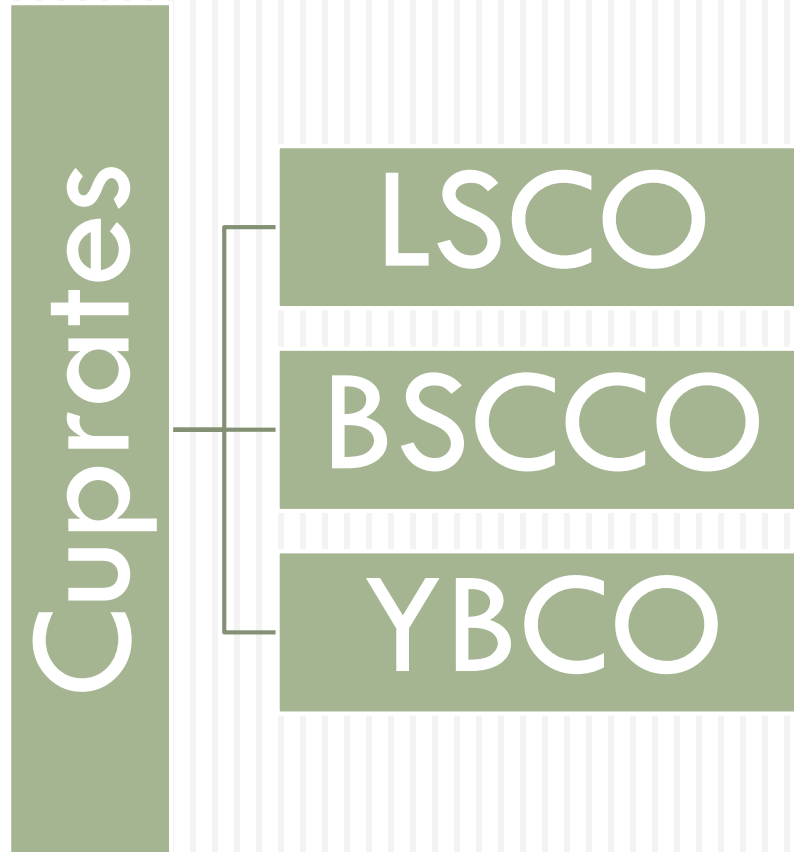
□ در سال ۱۹۸۷ YBaCuO با دمای بحرانی ۹۰ کلوین کشف شد که بالای دمای جوش نیتروژن مایع است.

History



Types Of

Cuprate



LSCO

□ فرمول عمومی آن عبارتست از: $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_2$

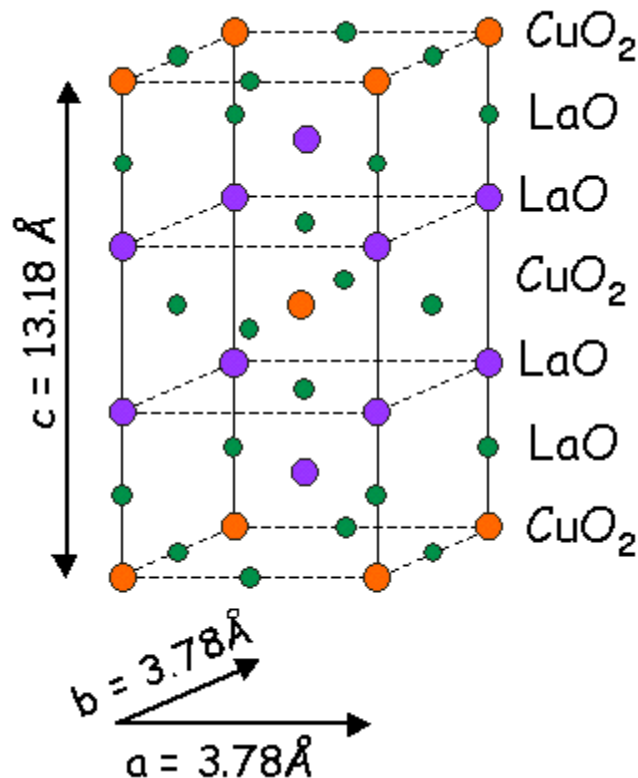
□ ابررسانای بد نورز و مولر از این نوع ابررسانا

اما بدون Sr بود. (شکل)

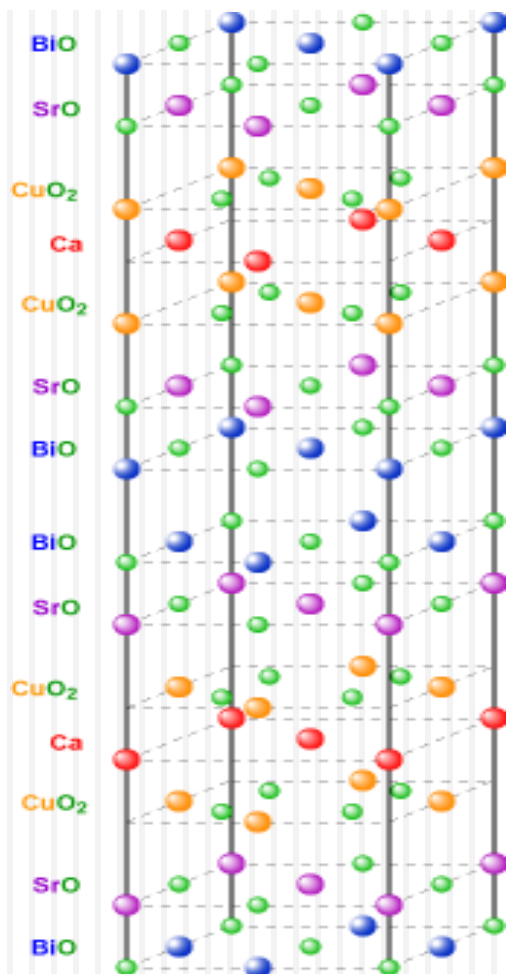
□ ترکیبی سخت با پیوندهای محکم دارد.

□ بیشترین دمای گذار به دست آمده این

گروه ۴۲ کلوین است.



BSCCO

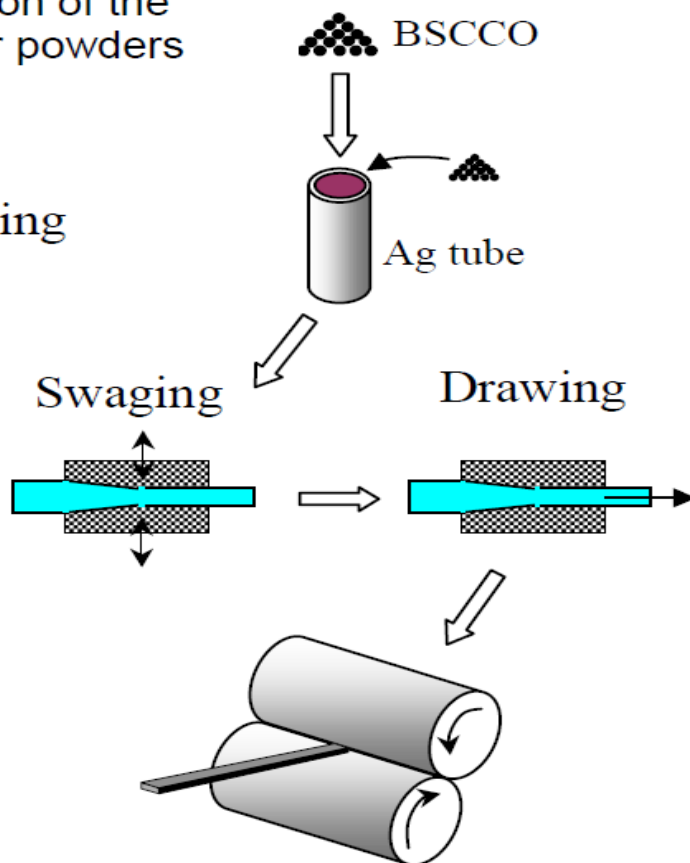


- فرمول عمومی: $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_{n-1}\text{Cu}_n\text{O}_{2n+4+x}$
- در سال ۱۹۸۸ کشف شد.
- اولین ابررسانای دمای بالایی بود که عناصر نادر خاکی (لانتانیدها) نداشت.
- می تواند یک، دو یا سه لایه اکسید مس داشته باشد که با افزایش دمای بحرانی تعداد این لایه ها افزایش می یابد.
- دارای ساختاری با ناهمسانگردی ذاتی است.
- لایه های مضاعف BiO میانی عایق هستند.

BSCCO

Preparation of the
precursor powders

Tube filling



□ روش OPIT یا

Oxide-Powder-In-Tube

برای تولید نوارهای ابررسانا

□ برای افزایش خواص مکانیکی

پودرهای ابررسانا، آنها را داخل

یک لوله می ریزند.

□ جنس لوله عموماً نقره است

□ چرا که خواص مکانیکی و نفوذ

اکسیژن مطلوب دارد.

BSCCO

نورد



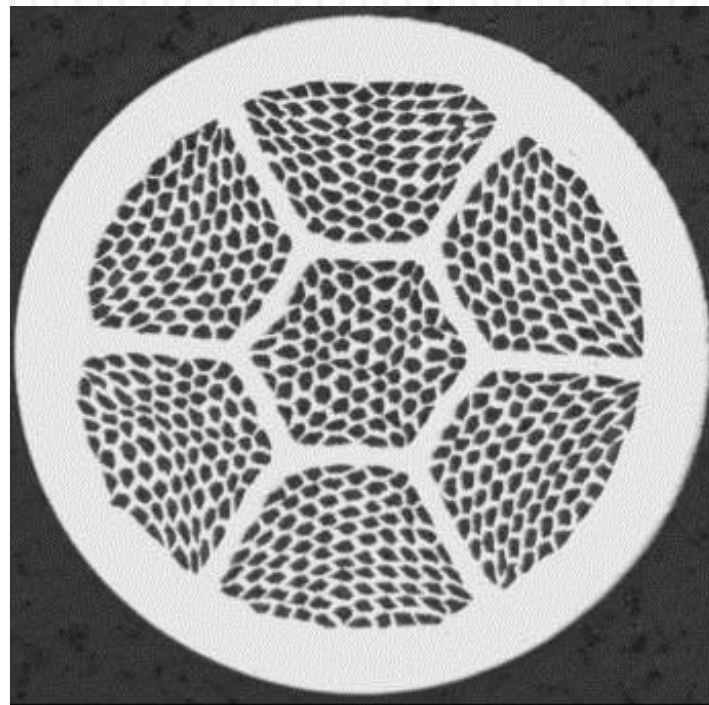
استحکام ساختار
همراستا شدن دانه ها



کاهش زاویه دانه ها



افزایش چگالی جریان بحرانی

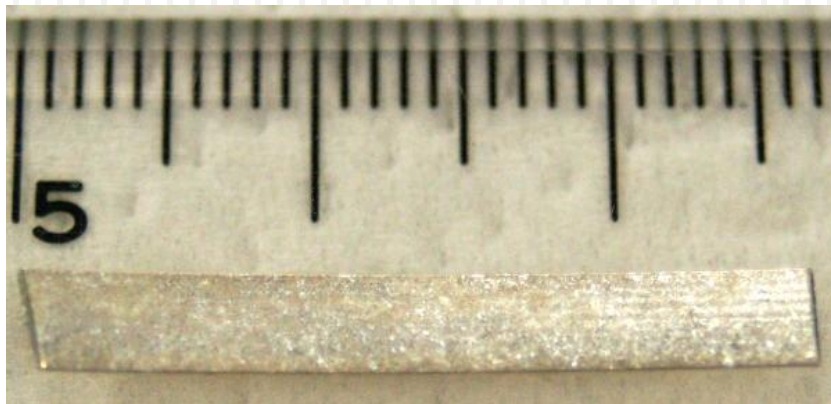


www.iran-mavad.com

مرجع دانشجویان و مهندسين مواد

BSCCO

- عرض نوارها ۲ تا ۴ و ضخامت آنها ۰/۲ تا ۰/۴ میلی متر است.
- نوارها می توانند یک یا چند هسته ابررسانا داشته باشند.
- این روش تجاری است و کابل‌های با طول بیش از یک کیلومتر با آن ساخته می شود.
- در ژاپن (Sumitomo) و آمریکا (ASC) کابل‌های ابررسانا از این گروه مواد در سطح وسیع ساخته می شود.
- کابل‌های ساخته شده از BSCCO را نسل اول (1G) می نامند.



BSCCO

□ می توان با جایگزین کردن بیسموت با تالیم و جیوه به ابررساناهای با دمای گذار بالاتر رسید.

□ خانواده BSCCO

□ Bi-2201 با فرمول شیمیایی $(n=1) \text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CuO}_{6+x}$

□ Bi-2212 با فرمول شیمیایی $(n=2) \text{BiSr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+x}$

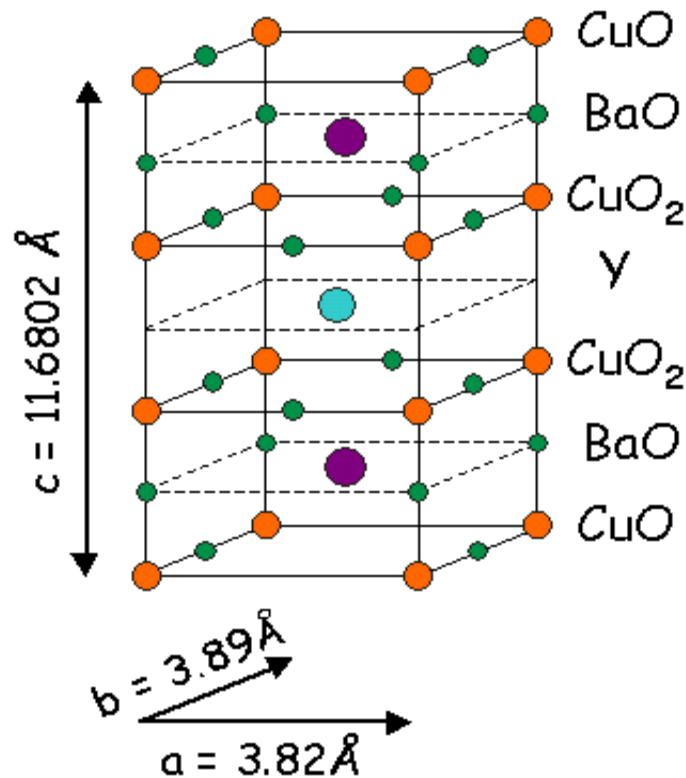
□ Bi-2223 با فرمول شیمیایی $(n=3) \text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{10+x}$

□ TBCCO با فرمول عمومی $\text{Tl}_2\text{Ba}_2\text{Ca}_{n-1}\text{Cu}_n\text{O}_{2n+4+x}$

□ HBCCO با فرمول عمومی $\text{HgBa}_2\text{Ca}_{n-1}\text{Cu}_n\text{O}_{2n+2+x}$

- پودر به کار رفته در فرآیند OPIT برای ساخت نوارهای ابررسانا عموماً Bi-2223 است.
- با استفاده از Bi-2212 می توان نوارها و سیم های بلند ابررسانا تولید کرد.
- به علت داشتن میدان بحرانی بالا، از Bi-2212 می توان در کاربردهای نیازمند جریان یا میدان بالا در دمای زیر ۲۰ کلوین استفاده کرد.

YBCO



□ فرمول عمومی آن عبارتست از: $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$

□ کشف آن یک سال بعد از LSCO بود.

□ اولین ماده ای بود که مرز ۷۷ کلوین (نقطه

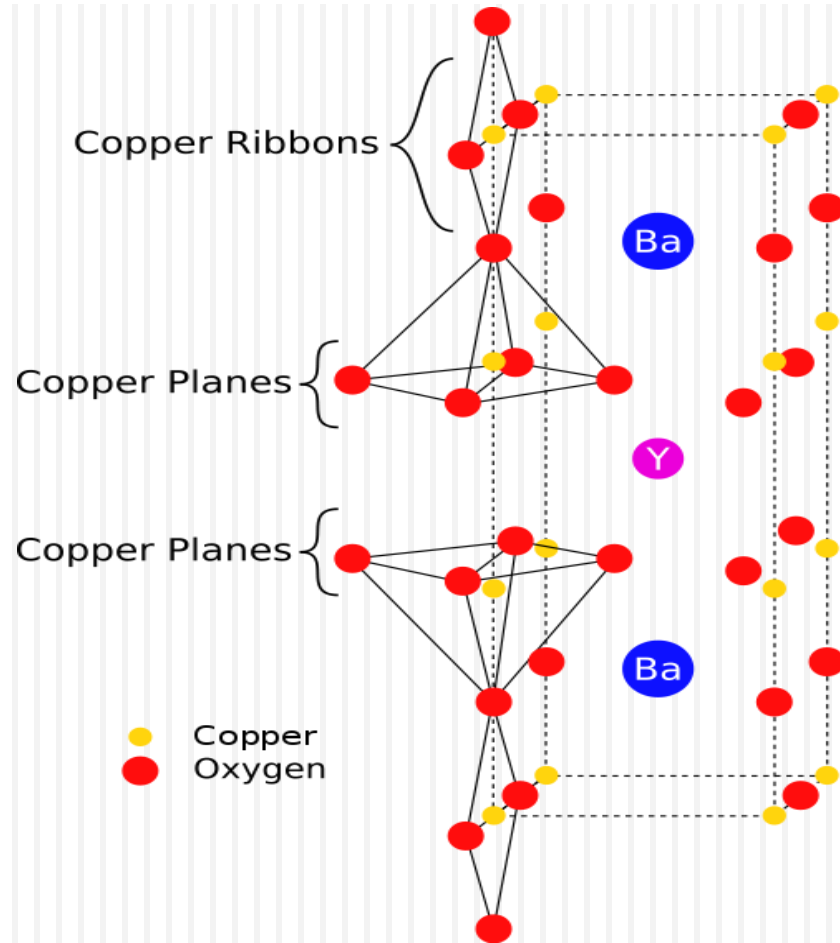
جوش هیدروژن) را رد کرد.

□ حداکثر دمای به دست آمده آن ۹۳ کلوین

می باشد.

□ به این ساختار Y123 نیز می گویند.

YBCO



□ ساختار YBCO نسبت به BSCCO همسانگردتر (ایزوتروپ) است.

□ لایه مخزن بار بر خلاف BSCCO عایق نیست

□ دو نوع سطح اکسید مس داریم:

■ لایه مربعی (Square Layer)

■ لایه زنجیری (Chain Layer)

- قابلیت شکل پذیری آن کم بوده و عمدتاً به صورت پوشش به کار می رود.
- لایه نازکی در حد چند میکرون روی یک ماده انعطاف پذیر نشانده می شود.

□ این روش های لایه نشانی عبارتند از:

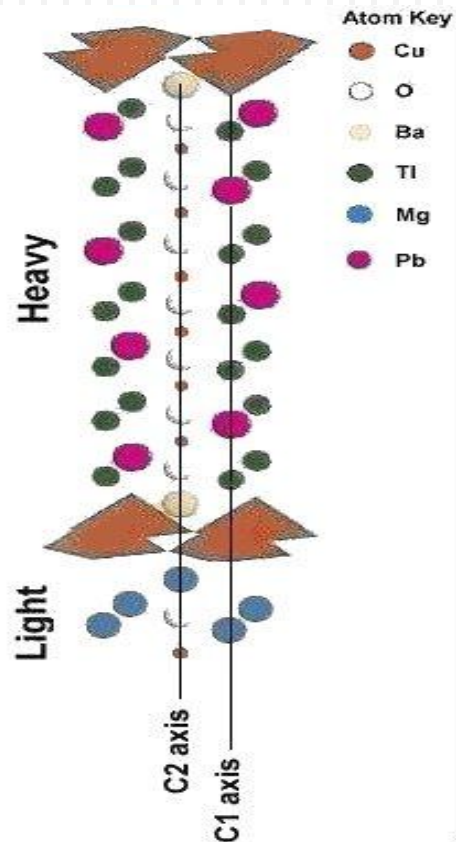
- (Ion Beam Assisted Deposition) IBAD
- (Rolling Assisted Textured Substrate) RABiTS
- (Inclined Substrate Deposition) ISD

- این ماده برای رساناها و کابل‌های نسل دوم مناسب است و تحقیقات پیرامون ساخت این کابل‌ها ادامه دارد.
- می‌تواند چگالی جریان بالایی را حمل کند.
- بالای ۱۰۰۰۰ آمپر به ازای هر میلی متر مربع در دمای ۷۷ کلوین
- این ماده به مرور جایگزین Bi-2223 می‌شود.

Cuprate Superconductors

Halogen Family	Bi Family	(a)	(b)	(c)																									
Pb Family	1L Ti Family																												
La Family	2L Family																												
YBCO Family	Hg Family																												
(1)	(a-1)			(c-1)																									
	<table><tr><td>$\text{Ca}_{2-x}\text{Na}_x\text{CuO}_2\text{Cl}_2$</td><td>$T_c$</td></tr><tr><td>26</td><td></td></tr><tr><td>$\text{Pb}_2\text{Sr}_{2-x}\text{La}_x\text{Cu}_2\text{O}_z$</td><td>33</td></tr><tr><td>$\text{La}_{2-x}\text{M}_x\text{CuO}_4$</td><td>39</td></tr><tr><td>$\text{Bi}_2\text{Sr}_{1-x}\text{Ln}_x\text{CuO}_{5+\delta}$</td><td>38</td></tr><tr><td>$\text{TiBa}_{1-x}\text{La}_{1-x}\text{CuO}_5$</td><td>45</td></tr></table>	$\text{Ca}_{2-x}\text{Na}_x\text{CuO}_2\text{Cl}_2$	T_c	26		$\text{Pb}_2\text{Sr}_{2-x}\text{La}_x\text{Cu}_2\text{O}_z$	33	$\text{La}_{2-x}\text{M}_x\text{CuO}_4$	39	$\text{Bi}_2\text{Sr}_{1-x}\text{Ln}_x\text{CuO}_{5+\delta}$	38	$\text{TiBa}_{1-x}\text{La}_{1-x}\text{CuO}_5$	45		<table><tr><td>$\text{Sr}_2\text{CuO}_2\text{F}_{2+x}$</td><td>$T_c$</td></tr><tr><td>46</td><td></td></tr><tr><td>$\text{La}_2\text{CuO}_{4+\delta}$</td><td>45</td></tr><tr><td>$\text{Ti}_2\text{Ba}_2\text{CuO}_{6+\delta}$</td><td>93</td></tr><tr><td>$\text{HgBa}_2\text{CuO}_{4+\delta}$</td><td>98</td></tr></table>	$\text{Sr}_2\text{CuO}_2\text{F}_{2+x}$	T_c	46		$\text{La}_2\text{CuO}_{4+\delta}$	45	$\text{Ti}_2\text{Ba}_2\text{CuO}_{6+\delta}$	93	$\text{HgBa}_2\text{CuO}_{4+\delta}$	98				
$\text{Ca}_{2-x}\text{Na}_x\text{CuO}_2\text{Cl}_2$	T_c																												
26																													
$\text{Pb}_2\text{Sr}_{2-x}\text{La}_x\text{Cu}_2\text{O}_z$	33																												
$\text{La}_{2-x}\text{M}_x\text{CuO}_4$	39																												
$\text{Bi}_2\text{Sr}_{1-x}\text{Ln}_x\text{CuO}_{5+\delta}$	38																												
$\text{TiBa}_{1-x}\text{La}_{1-x}\text{CuO}_5$	45																												
$\text{Sr}_2\text{CuO}_2\text{F}_{2+x}$	T_c																												
46																													
$\text{La}_2\text{CuO}_{4+\delta}$	45																												
$\text{Ti}_2\text{Ba}_2\text{CuO}_{6+\delta}$	93																												
$\text{HgBa}_2\text{CuO}_{4+\delta}$	98																												
(2)	(a-2)	(b-2)	(c-2)																										
	<table><tr><td>$\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CaCu}_2\text{O}_8$</td><td>$T_c$</td></tr><tr><td>60</td><td></td></tr><tr><td>$(\text{La}_{1-x}\text{Ca}_x)(\text{Ba}_{1.75-x}\text{La}_{0.25+x})\text{Cu}_3\text{O}_7$</td><td>80</td></tr><tr><td>$\text{Bi}_{2+x}\text{Sr}_{2-x}\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$</td><td>90</td></tr></table>	$\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CaCu}_2\text{O}_8$	T_c	60		$(\text{La}_{1-x}\text{Ca}_x)(\text{Ba}_{1.75-x}\text{La}_{0.25+x})\text{Cu}_3\text{O}_7$	80	$\text{Bi}_{2+x}\text{Sr}_{2-x}\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$	90	<table><tr><td>$\text{Pb}_2\text{Sr}_2\text{Y}_{1-x}\text{Ca}_x\text{Cu}_3\text{O}_{8+\delta}$</td><td>$T_c$</td></tr><tr><td>80</td><td></td></tr><tr><td>$\text{Y}_{1-x}\text{Ca}_x\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$</td><td>90</td></tr><tr><td>$\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_{1-x}\text{Y}_x\text{Cu}_3\text{O}_{9+\delta}$</td><td>96</td></tr></table>	$\text{Pb}_2\text{Sr}_2\text{Y}_{1-x}\text{Ca}_x\text{Cu}_3\text{O}_{8+\delta}$	T_c	80		$\text{Y}_{1-x}\text{Ca}_x\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$	90	$\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_{1-x}\text{Y}_x\text{Cu}_3\text{O}_{9+\delta}$	96	<table><tr><td>$\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$</td><td>$T_c$</td></tr><tr><td>93</td><td></td></tr><tr><td>$\text{TiBa}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{7+\delta}$</td><td>110</td></tr><tr><td>$\text{Ti}_2\text{Ba}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$</td><td>110</td></tr><tr><td>$\text{HgBa}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{6+\delta}$</td><td>120</td></tr></table>	$\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$	T_c	93		$\text{TiBa}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{7+\delta}$	110	$\text{Ti}_2\text{Ba}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$	110	$\text{HgBa}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{6+\delta}$	120
$\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CaCu}_2\text{O}_8$	T_c																												
60																													
$(\text{La}_{1-x}\text{Ca}_x)(\text{Ba}_{1.75-x}\text{La}_{0.25+x})\text{Cu}_3\text{O}_7$	80																												
$\text{Bi}_{2+x}\text{Sr}_{2-x}\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$	90																												
$\text{Pb}_2\text{Sr}_2\text{Y}_{1-x}\text{Ca}_x\text{Cu}_3\text{O}_{8+\delta}$	T_c																												
80																													
$\text{Y}_{1-x}\text{Ca}_x\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$	90																												
$\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_{1-x}\text{Y}_x\text{Cu}_3\text{O}_{9+\delta}$	96																												
$\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$	T_c																												
93																													
$\text{TiBa}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{7+\delta}$	110																												
$\text{Ti}_2\text{Ba}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$	110																												
$\text{HgBa}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{6+\delta}$	120																												
(3)	(a-3)	(b-3)	(c-3)																										
	<table><tr><td>$\text{Bi}_{2+x}\text{Sr}_{2-x}\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{10+\delta}$</td><td>$T_c$</td></tr><tr><td>110</td><td></td></tr><tr><td>$\text{TiBa}_{2-x}\text{Ca}_x\text{Cu}_3\text{O}_{9+\delta}$</td><td>123</td></tr></table>	$\text{Bi}_{2+x}\text{Sr}_{2-x}\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{10+\delta}$	T_c	110		$\text{TiBa}_{2-x}\text{Ca}_x\text{Cu}_3\text{O}_{9+\delta}$	123	<table><tr><td>$\text{TiBa}_2\text{Ca}_{2-x}\text{Cu}_3\text{O}_{9+\delta}$</td><td>$T_c$</td></tr><tr><td>131</td><td></td></tr></table>	$\text{TiBa}_2\text{Ca}_{2-x}\text{Cu}_3\text{O}_{9+\delta}$	T_c	131		<table><tr><td>$\text{TiBa}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{9+\delta}$</td><td>$T_c$</td></tr><tr><td>133</td><td></td></tr><tr><td>$\text{Ti}_2\text{Ba}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{10+\delta}$</td><td>125</td></tr><tr><td>$\text{HgBa}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{10+\delta}$</td><td>135</td></tr></table>	$\text{TiBa}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{9+\delta}$	T_c	133		$\text{Ti}_2\text{Ba}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{10+\delta}$	125	$\text{HgBa}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{10+\delta}$	135								
$\text{Bi}_{2+x}\text{Sr}_{2-x}\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{10+\delta}$	T_c																												
110																													
$\text{TiBa}_{2-x}\text{Ca}_x\text{Cu}_3\text{O}_{9+\delta}$	123																												
$\text{TiBa}_2\text{Ca}_{2-x}\text{Cu}_3\text{O}_{9+\delta}$	T_c																												
131																													
$\text{TiBa}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{9+\delta}$	T_c																												
133																													
$\text{Ti}_2\text{Ba}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{10+\delta}$	125																												
$\text{HgBa}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{10+\delta}$	135																												

The Latest Developments

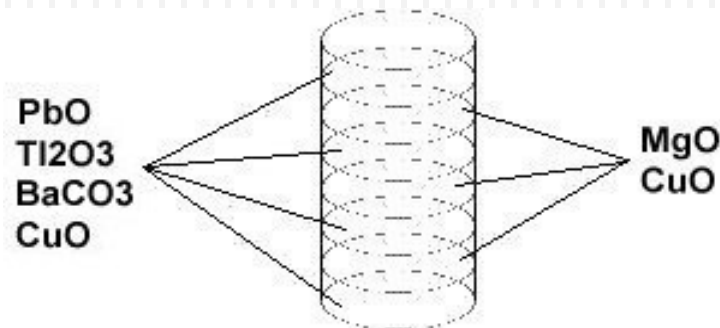


□ ابرسانی دمای محیط

□ این ابرسانا دارای دمای گذار ۲۸ سلسیوس (۸۳ فارنهایت، ۳۰۱ کلوین) است.

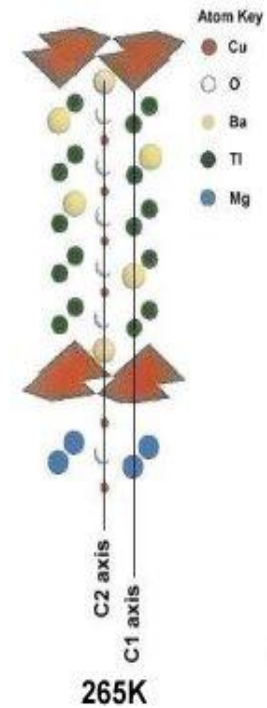
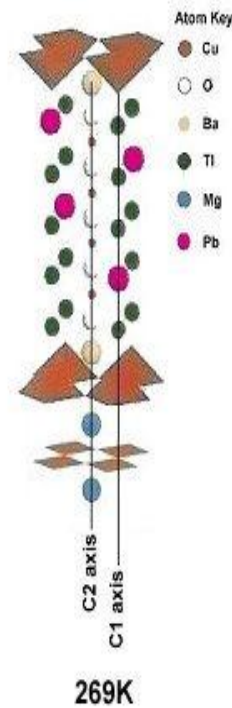
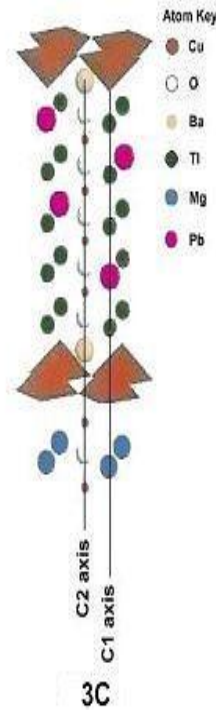
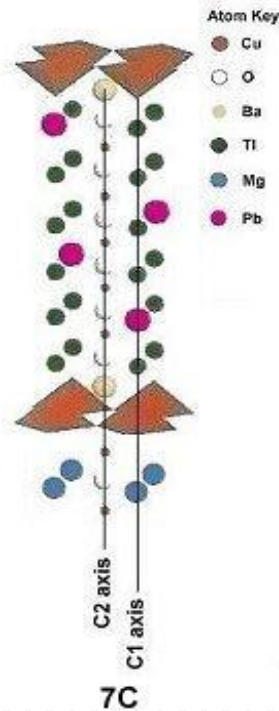
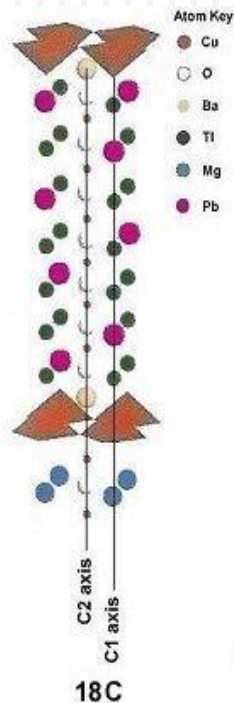
□ گذار به ابرسانایی در فشار و دمای محیط صورت می گیرد.

□ این ابرسانا در ۶ دسامبر ۲۰۱۱ کشف شده است.

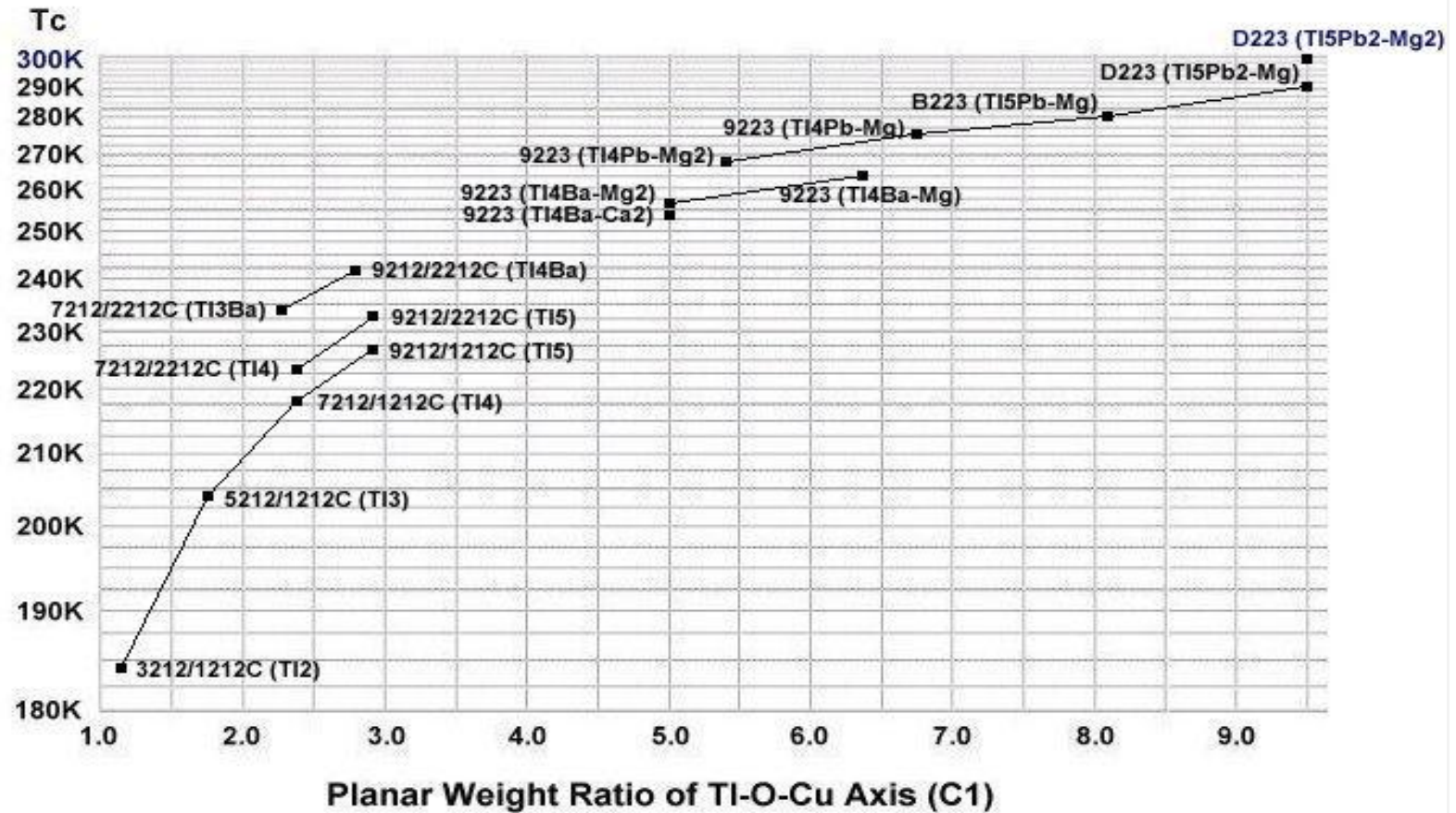


The Latest Developments

□ ابررسانای جدید به دنبال این ابررساناها کشف شد.



The Latest Developments



Applications



مجله تایم - ۱۱ می ۱۹۸۷



دیوید آدامز - مجموعه کمیک دیلبرت

www.iran-mavad.com

مرجع دانشجویان و مهندسين مواد

Applications

□ برای کاربردی شدن ابررساناها چه ویژگی هایی مطلوب است؟

□ ابررسانایی در بالای دمای محیط

□ موادی که در هر میدانی ابررسانا باقی بمانند.

□ ابررساناهای با قابلیت حمل چگالی بالای جریان ← قابلیت ساخت مغناطیس های قوی تر

□ قابلیت ساخت از موادی ارزان، شکل پذیر، مقاوم و فراوان

Applications

□ از ابررساناها چه انتظاری داریم؟

□ چگالی جریان 1000A/mm^2 در مقابل 10A/mm^2 - 1 مس

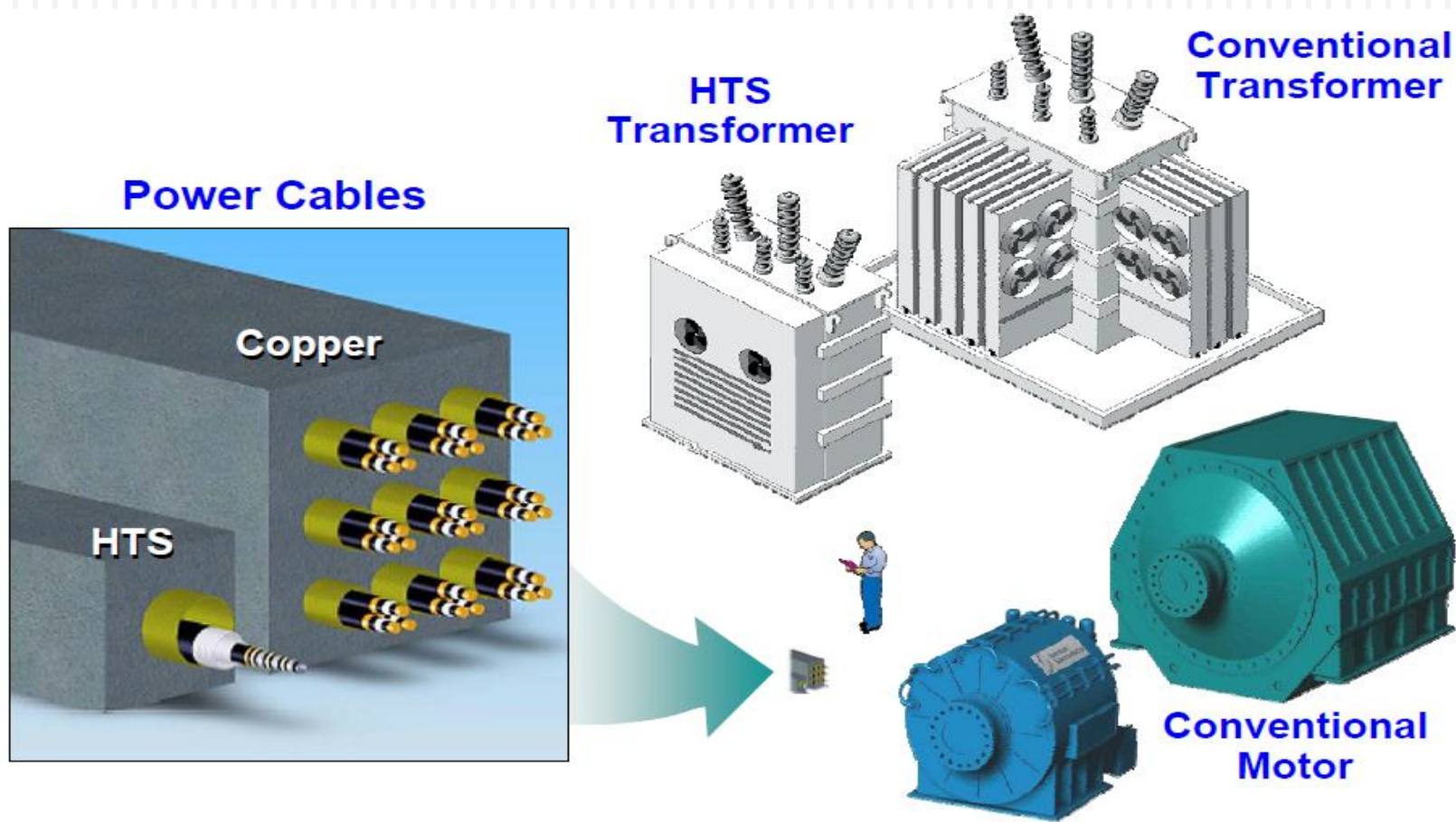
□ بتوانیم از آنها سیم بسازیم.

□ بتوانیم دمای ابررسانایی آنها را تأمین کنیم. این کار عملاً به سه روش صورت می گیرد:

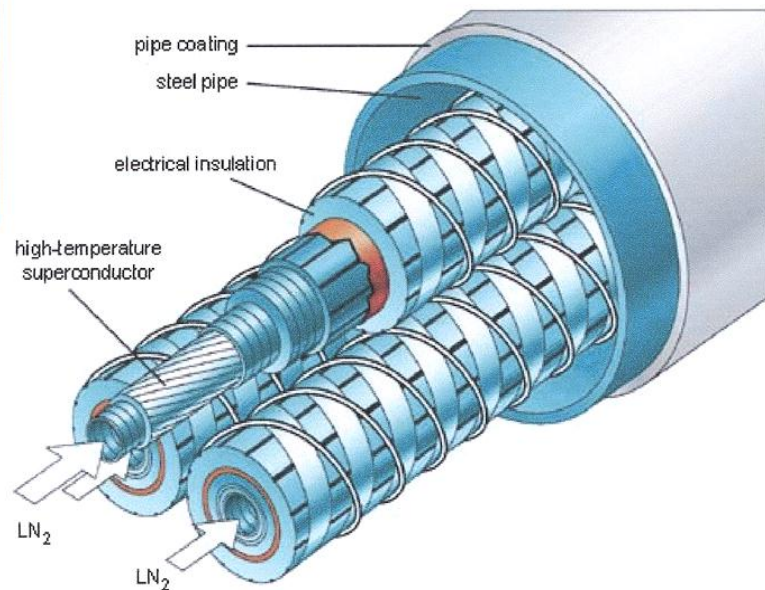
- مایعات در حال جوش که متداولترین راه است.
- فریز که مطلوب ترین روش است.
- بالا آوردن دمای بحرانی ابررساناها تا دمای محیط

□ از نظر اقتصادی جذاب باشند.

Applications



Applications



The cross-section of a three-core HTS cable showing the liquid-nitrogen (LN₂) ducts along the core of each cable, and the spirally wound high-temperature superconductor tapes.



Applications

Cable System	AC		DC HTS
	Conventional	HTS	
Capacity (MVA)	1500	1500	1500
Voltage (kVrms)	275	66	130
Current (kA/phase)	1	3.3	12
Loss (kW/km)	740	200	20
Loss cost reduction (\$/km/year)	--	473,000	630,000
CO ₂ reduction (ton-C/km/year)	--	568	757
CO ₂ dealing – 30 years (\$/km @ \$100/ton-C)	--	1.7 M	2.3 M

مقایسه صرفه جویی در مصرف انرژی و تولید گاز کربنیک

Applications

□ مزایای استفاده از کابل‌های ابررسانا

□ افزایش ضریب اطمینان و امنیت شبکه با فراهم کردن اتصالات با ظرفیت و قدرت بالا

□ اشغال حداقل فضا: این کابل‌های می توانند به آسانی در نواحی متراکم شهری نصب شوند.

□ طراحی با امپدانس کم کنترل دینامیک جریان متناوب را ممکن می سازد که به معنی کاهش تراکم شبکه است.

□ بعد از نصب آثار کمی از خود به جای می گذارد.



Applications



کابلهای Bi-2223 که در شهر آلبانی ایالت نیویورک به کار رفته است.

www.iran-mavad.com

مرجع دانشجویان و مهندسين مواد

Applications



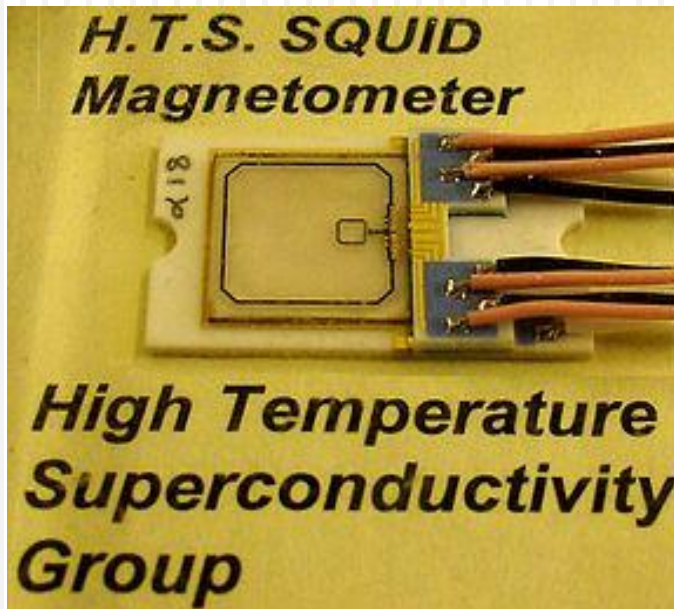
روتور کشتی با توان ۳۷ مگاوات که از ابررسانای دمای بالای (Bi-2223) ساخته شده است.

www.iran-mavad.com

مرجع دانشجویان و مهندسين مواد

Applications

SQUID □



□ دقیقترین دستگاه اندازه گیری شار مغناطیس است.

□ بر مبنای اثر جوزفسون کار می کند.

□ در گذشته از نیویوم خالص یا آلیاژی از سرب و طلا یا ایندیوم ساخته می شد که به هلیوم مایع نیاز داشت.

□ امروزه از ابررساناهای دمای بالا به

ویژه YBCO استفاده می شود، حساسیت آن به اندازه نسل قبلی نیست، اما برای بسیاری از کاربردها مفید است.

ابررسانا پایه آهن

iron-based superconductors

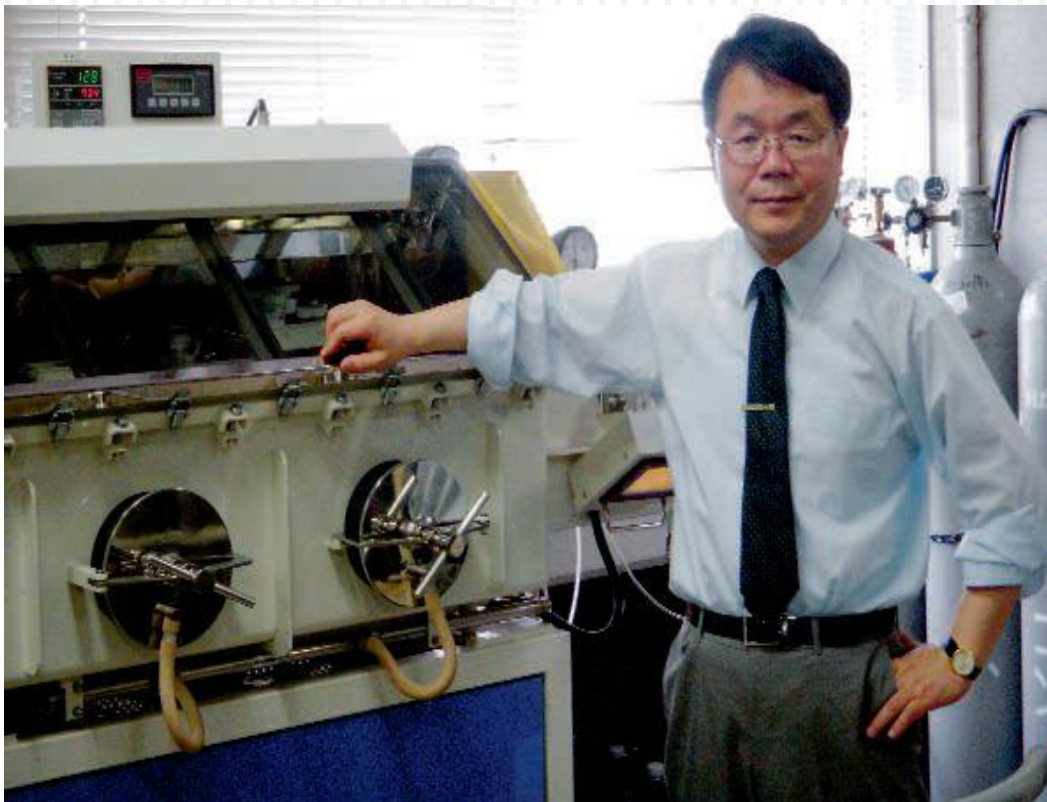
□ در سال ۲۰۰۸ Hideo Hosono محقق ژاپنی اولین ابررسانای پایه آهن را کشف کرد.

□ این ابررسانا

$\text{LaO}_{1-x}\text{F}_x\text{FeAs}$ با دمای بحرانی ۲۶ کلوین بود.

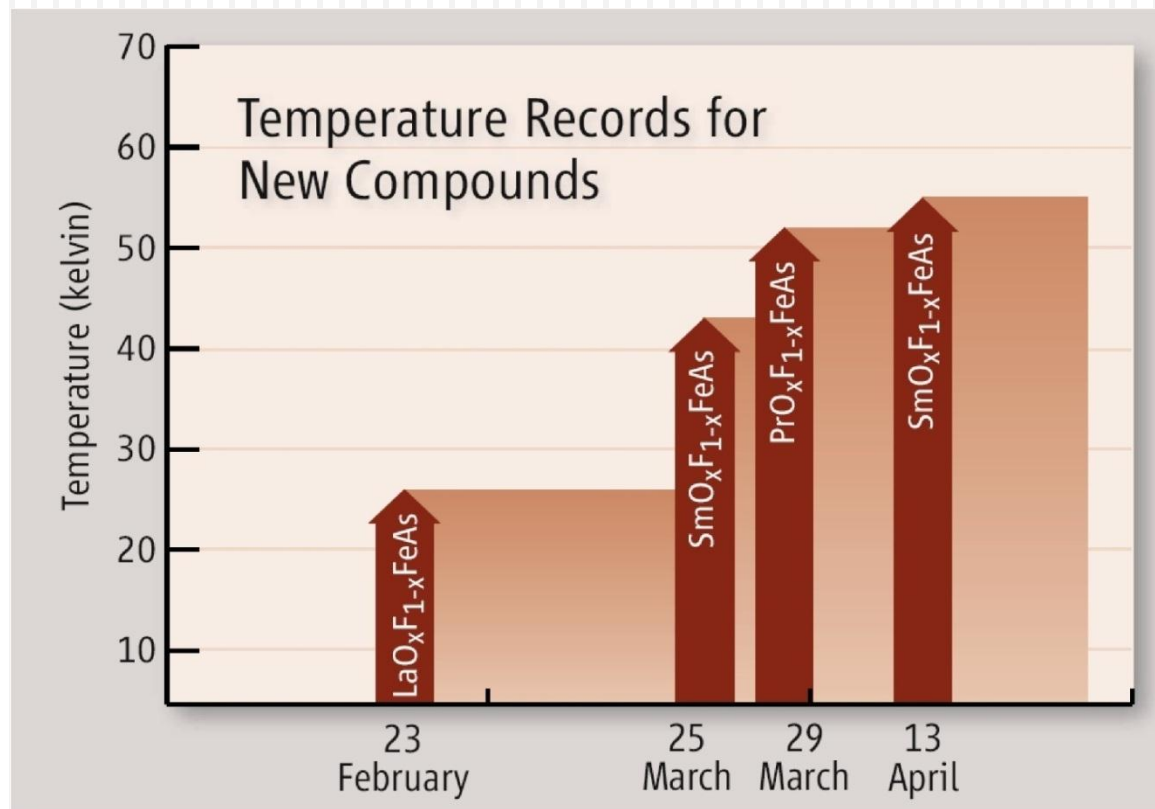
□ تحقیقات بعدی منجر به

کشف ابررساناهای بیشتر از این نوع به ویژه توسط چینی ها گردید.



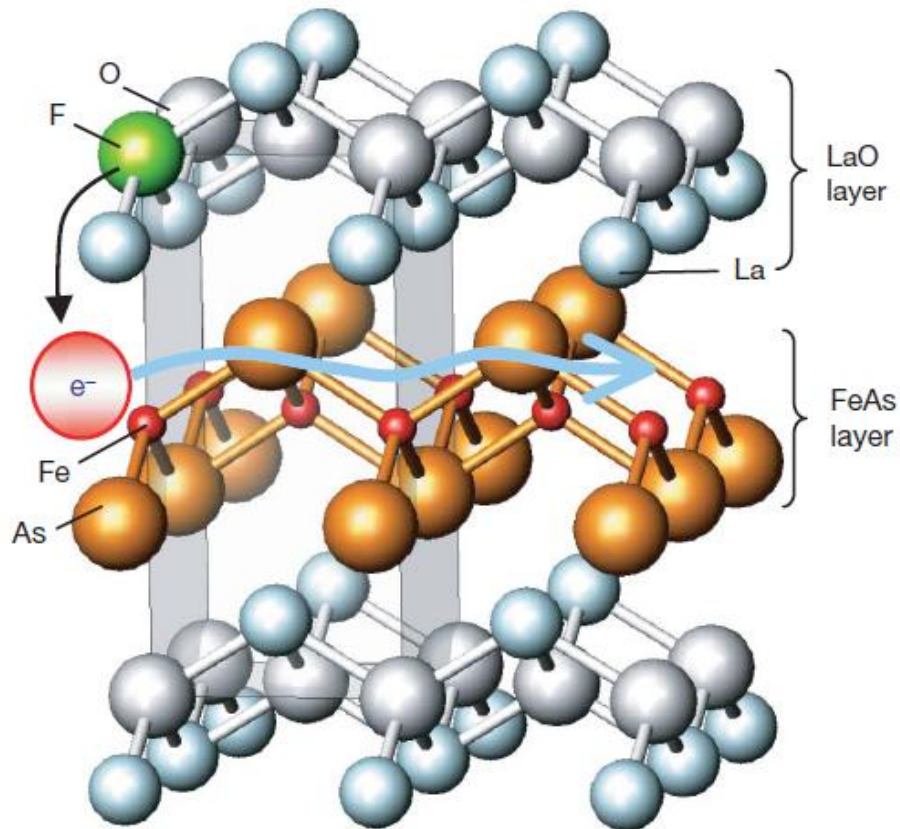
iron-based superconductors

□ با جایگزینی لانتانیم با سایر لانتانیدها، دمای گذار به ۵۵ کلوین رسید.

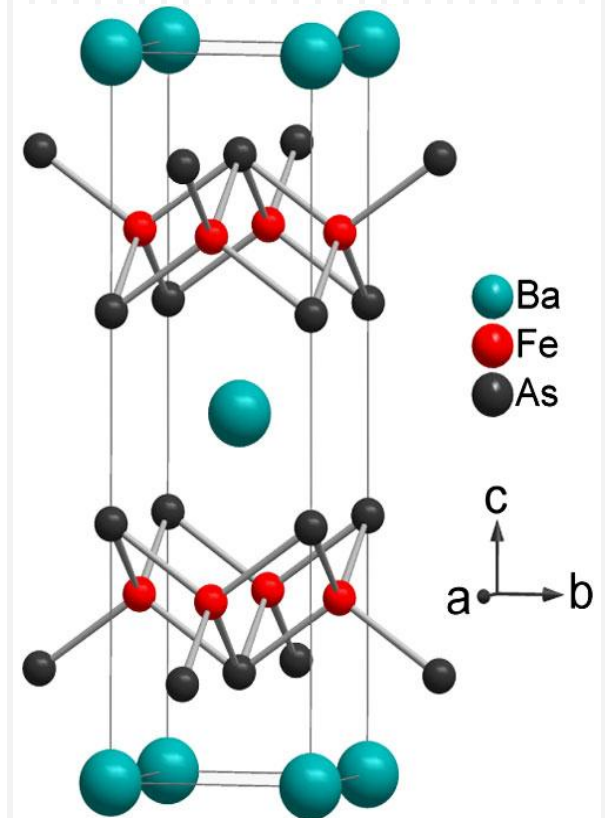


iron-based superconductors

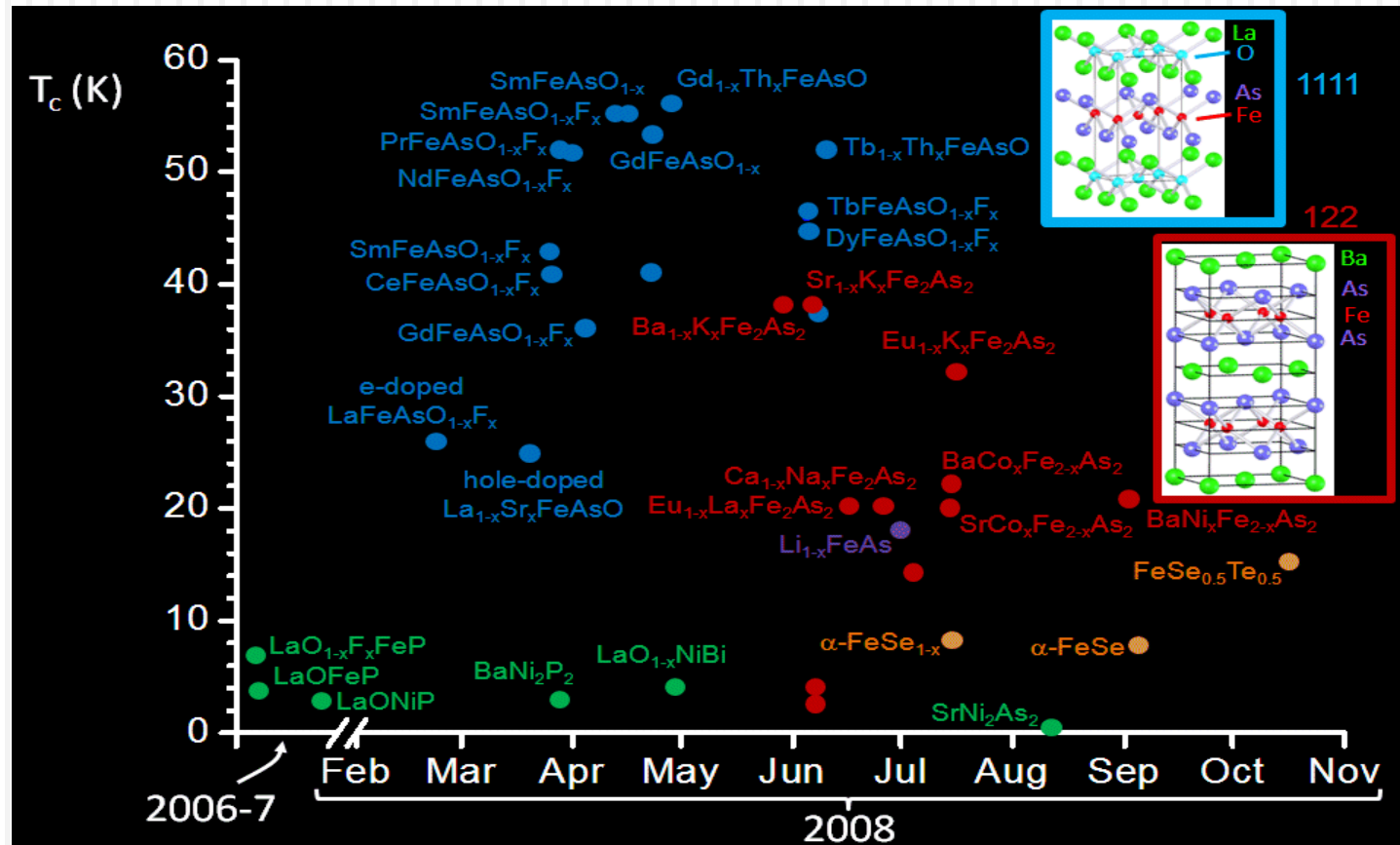
$\text{LaOFeAs}(1111)$

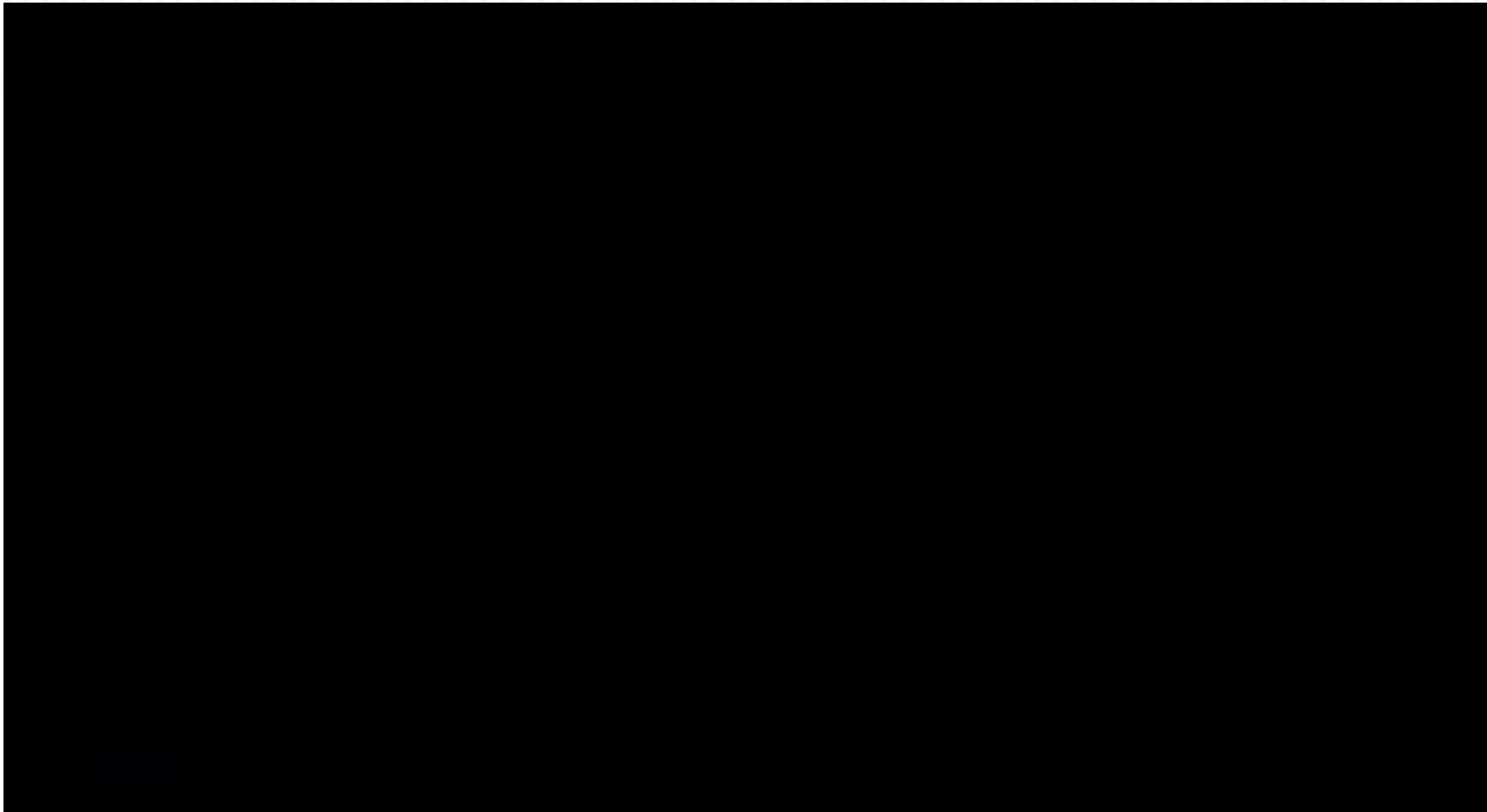


$\text{BaFe}_2\text{As}_2(122)$



iron-based superconductors





www.iran-mavad.com

مرجع دانشجویان و مهندسين مواد



www.iran-mavad.com

مرجع دانشجویان و مهندسين مواد

Thank You

www.iran-mavad.com

مرجع دانشجویان و مهندسين مواد

