



扫二维码 看科学报



扫二维码 看科学网

主办:中国科学院 中国工程院 国家自然科学基金委员会 中国科学技术协会

总第 8228 期 2023 年 3 月 23 日 星期四 今日 4 版

科学网 www.sciencecn.net

新浪微博 <http://weibo.com/kexuebao>

魔方“转”出新材料

■本报记者 张楠

对于魔方,不仅数学家情有独钟,现在还成了材料学家的灵感之源。

中国科学院宁波材料技术与工程研究所(简称宁波材料所)研究员黄庆团队,通过“化学剪刀”辅助的化学插层策略,为精确调控 MAX 相和 MXene 材料的原子构筑提供了新路径,丰富了目标物质的元素组成和微观结构。相关研究近日发表于《科学》。

而这一成果,来自曾被认为“失败”了的实验。

玩转“魔方”的人

魔方是近年来颇为流行的益智玩具。如果把每个方块都标识为一种元素,那么 MAX 相三元材料刚好可以由并列的 3 个方块组成,恰好就像一个 3 阶魔方。

MAX 相指一类具有六方晶体结构的非范德华层状材料,其中 M 主要为过渡族金属,主要为 III A 和 IV A 主族元素,X 为碳、氮或硼。

由于兼具金属材料和陶瓷材料的特性,MAX 相材料作为一种优异的结构材料在高铁电弓、高温加热元件、涡轮机叶片、高温隔热罩、耐磨涂层等领域应用领域展现出广阔前景。

在抽掉 A 位原子层后,MAX 相材料衍生为一种新型的、二维的碳氮化物材料 MXene,具有与石墨烯相似的原子排列方式。其在光电器件、电化学储能、电磁屏蔽、表面催化、分离膜等领域有极大应用潜力。

黄庆曾经在组织专业论坛时,给来自全球的参会者发了特制小礼物“MAX 相魔方”,任由每个人发挥创造力。“没准谁就打开思路取得新突破了呢。”

黄庆就是那个打开思路的“谁”。他喜欢玩魔方,玩着玩着,从魔方的结构找到灵感,提出了“MAX 相魔方”的概念和研究方法,通过扭转“魔方”的方式,可以创制出更多常规合成路径无法实现的新型 MAX 相和 MXene 材料。

二维? 三维? “化学剪刀”来互逆

“魔方”上元素不断变换组合给了材料研究无穷的想象力。为了让这些想象成为现实,

黄庆团队提出了以“化学剪刀”辅助的 MAX 相和 MXene 的结构编辑策略。

这种策略需要首先转动“魔方”的中间方块——利用路易斯酸盐和还原性金属作为“化学剪刀”,打开 MAX 相或 MXene 的层间,然后将特定“方块”放入“魔方”中间——引入金属原子、阴离子等不同的客体插层物质,来进行层间插层。

“我们可以想象‘魔方’在扭转过程中,元素或色块不断离开原有位置,这代表着刻蚀的过程;新元素、新色块重新组合成 3 阶‘魔方’代表着同晶置换反应过程。”黄庆告诉《中国科学报》。

通过结构编辑的方法,研究人员一方面可以得到一系列 A 位元素含有铝、镓等传统元素或者铋、锑、铁、铂等非传统元素的 MAX 相材料。而非传统 A 位元素,如磁性元素和贵金属等的引入,则有望将 MAX 相材料的研究从高温结构领域拓展到功能应用领域,比如磁性、光电、催化、超导等。

另一方面,通过制备端基为卤素、硫属和氮族元素的 MXene 材料,有望促进 MXene 在催化、储能、电磁屏蔽等领域的应用。

《科学》审稿人认为,“化学剪刀”方法实现了“不同 MAX 阶段和 MXene 之间的相互转化,是 MXene 的突破”。

黄庆解释说:“以往的研究只是从三维的 MAX 相向二维的 MXene 转化,这次实现了二维向三维转化,为非范德华和范德华层状材料的原子构筑提供了新思路。”

在“失败”中坚守

“看来‘魔方’玩得好,MAX 相才能做得好。”谈及一直关注的 MAX 相研究,中国科学院院士柴之芳笑言,“不过,科研人员能够独辟蹊径,开辟二维 MXene 向三维 MAX 相转换的路径,归根到底还是多年科研积累赋予的灵感。”



MAX 相魔方。宁波材料所供图

2010 年,黄庆回国没多久,柴之芳就邀请这位“新人”作会议报告。直到 2019 年,黄庆才发表 MAX 相的原创性成果。黄庆从未想过放弃,柴之芳也始终给予他学术上的支持和帮助。

研究能否取得成果,有时靠运气,但坚持一定没有收获。

“在做置换实验的时候,由于 MAX 相结构没有发生变化,它的衍射峰不会有太大变化,很难观察到表征的改变。我们认为实验没有成功。”黄庆很庆幸,“在后续工作中,偶然的情况下我们进行元素分析,才发现 A 位的元素已经置换掉了。”

“今年全国两会期间,代表委员热议加强基础研究。”柴之芳同样呼吁,要为基础研究提供更大的支持和更宽松的环境,以及更多元化的评价机制,以帮助科研人员沉浸于长周期研究,实现重大原始创新。

“这把‘剪刀’挺魔幻,但目前还是阶段性成果。”柴之芳有更多的期待,“‘剪刀’能否磨得再光亮一点?‘剪’出的材料性能是否稳定、更丰富?是否可以通过材料基因工程技术让‘剪刀’具有认知功能,让它‘活’起来?”

他希望,未来能有更多的材料涌现出来。

相关论文信息:

<https://doi.org/10.1126/science.add5901>

“研究能否取得成果,有时靠运气,但坚持一定没有收获。”

“在做置换实验的时候,由于 MAX 相结构没有发生变化,它的衍射峰不会有太大变化,很难观察到表征的改变。我们认为实验没有成功。”黄庆很庆幸,“在后续工作中,偶然的情况下我们进行元素分析,才发现 A 位的元素已经置换掉了。”

“今年全国两会期间,代表委员热议加强基础研究。”柴之芳同样呼吁,要为基础研究提供更大的支持和更宽松的环境,以及更多元化的评价机制,以帮助科研人员沉浸于长周期研究,实现重大原始创新。

“这把‘剪刀’挺魔幻,但目前还是阶段性成果。”柴之芳有更多的期待,“‘剪刀’能否磨得再光亮一点?‘剪’出的材料性能是否稳定、更丰富?是否可以通过材料基因工程技术让‘剪刀’具有认知功能,让它‘活’起来?”

他希望,未来能有更多的材料涌现出来。

相关论文信息:

<https://doi.org/10.1126/science.add5901>

“研究能否取得成果,有时靠运气,但坚持一定没有收获。”

“在做置换实验的时候,由于 MAX 相结构没有发生变化,它的衍射峰不会有太大变化,很难观察到表征的改变。我们认为实验没有成功。”黄庆很庆幸,“在后续工作中,偶然的情况下我们进行元素分析,才发现 A 位的元素已经置换掉了。”

“今年全国两会期间,代表委员热议加强基础研究。”柴之芳同样呼吁,要为基础研究提供更大的支持和更宽松的环境,以及更多元化的评价机制,以帮助科研人员沉浸于长周期研究,实现重大原始创新。

“这把‘剪刀’挺魔幻,但目前还是阶段性成果。”柴之芳有更多的期待,“‘剪刀’能否磨得再光亮一点?‘剪’出的材料性能是否稳定、更丰富?是否可以通过材料基因工程技术让‘剪刀’具有认知功能,让它‘活’起来?”

他希望,未来能有更多的材料涌现出来。

相关论文信息:

<https://doi.org/10.1126/science.add5901>

“研究能否取得成果,有时靠运气,但坚持一定没有收获。”

“在做置换实验的时候,由于 MAX 相结构没有发生变化,它的衍射峰不会有太大变化,很难观察到表征的改变。我们认为实验没有成功。”黄庆很庆幸,“在后续工作中,偶然的情况下我们进行元素分析,才发现 A 位的元素已经置换掉了。”

“今年全国两会期间,代表委员热议加强基础研究。”柴之芳同样呼吁,要为基础研究提供更大的支持和更宽松的环境,以及更多元化的评价机制,以帮助科研人员沉浸于长周期研究,实现重大原始创新。

“这把‘剪刀’挺魔幻,但目前还是阶段性成果。”柴之芳有更多的期待,“‘剪刀’能否磨得再光亮一点?‘剪’出的材料性能是否稳定、更丰富?是否可以通过材料基因工程技术让‘剪刀’具有认知功能,让它‘活’起来?”

他希望,未来能有更多的材料涌现出来。

相关论文信息:

<https://doi.org/10.1126/science.add5901>

“研究能否取得成果,有时靠运气,但坚持一定没有收获。”

“在做置换实验的时候,由于 MAX 相结构没有发生变化,它的衍射峰不会有太大变化,很难观察到表征的改变。我们认为实验没有成功。”黄庆很庆幸,“在后续工作中,偶然的情况下我们进行元素分析,才发现 A 位的元素已经置换掉了。”

“今年全国两会期间,代表委员热议加强基础研究。”柴之芳同样呼吁,要为基础研究提供更大的支持和更宽松的环境,以及更多元化的评价机制,以帮助科研人员沉浸于长周期研究,实现重大原始创新。

“这把‘剪刀’挺魔幻,但目前还是阶段性成果。”柴之芳有更多的期待,“‘剪刀’能否磨得再光亮一点?‘剪’出的材料性能是否稳定、更丰富?是否可以通过材料基因工程技术让‘剪刀’具有认知功能,让它‘活’起来?”

他希望,未来能有更多的材料涌现出来。

相关论文信息:

<https://doi.org/10.1126/science.add5901>

“研究能否取得成果,有时靠运气,但坚持一定没有收获。”

“在做置换实验的时候,由于 MAX 相结构没有发生变化,它的衍射峰不会有太大变化,很难观察到表征的改变。我们认为实验没有成功。”黄庆很庆幸,“在后续工作中,偶然的情况下我们进行元素分析,才发现 A 位的元素已经置换掉了。”

“今年全国两会期间,代表委员热议加强基础研究。”柴之芳同样呼吁,要为基础研究提供更大的支持和更宽松的环境,以及更多元化的评价机制,以帮助科研人员沉浸于长周期研究,实现重大原始创新。

“这把‘剪刀’挺魔幻,但目前还是阶段性成果。”柴之芳有更多的期待,“‘剪刀’能否磨得再光亮一点?‘剪’出的材料性能是否稳定、更丰富?是否可以通过材料基因工程技术让‘剪刀’具有认知功能,让它‘活’起来?”

他希望,未来能有更多的材料涌现出来。

相关论文信息:

<https://doi.org/10.1126/science.add5901>

“研究能否取得成果,有时靠运气,但坚持一定没有收获。”

“在做置换实验的时候,由于 MAX 相结构没有发生变化,它的衍射峰不会有太大变化,很难观察到表征的改变。我们认为实验没有成功。”黄庆很庆幸,“在后续工作中,偶然的情况下我们进行元素分析,才发现 A 位的元素已经置换掉了。”

“今年全国两会期间,代表委员热议加强基础研究。”柴之芳同样呼吁,要为基础研究提供更大的支持和更宽松的环境,以及更多元化的评价机制,以帮助科研人员沉浸于长周期研究,实现重大原始创新。

“这把‘剪刀’挺魔幻,但目前还是阶段性成果。”柴之芳有更多的期待,“‘剪刀’能否磨得再光亮一点?‘剪’出的材料性能是否稳定、更丰富?是否可以通过材料基因工程技术让‘剪刀’具有认知功能,让它‘活’起来?”

他希望,未来能有更多的材料涌现出来。

相关论文信息:

<https://doi.org/10.1126/science.add5901>

“研究能否取得成果,有时靠运气,但坚持一定没有收获。”

“在做置换实验的时候,由于 MAX 相结构没有发生变化,它的衍射峰不会有太大变化,很难观察到表征的改变。我们认为实验没有成功。”黄庆很庆幸,“在后续工作中,偶然的情况下我们进行元素分析,才发现 A 位的元素已经置换掉了。”

“今年全国两会期间,代表委员热议加强基础研究。”柴之芳同样呼吁,要为基础研究提供更大的支持和更宽松的环境,以及更多元化的评价机制,以帮助科研人员沉浸于长周期研究,实现重大原始创新。

“这把‘剪刀’挺魔幻,但目前还是阶段性成果。”柴之芳有更多的期待,“‘剪刀’能否磨得再光亮一点?‘剪’出的材料性能是否稳定、更丰富?是否可以通过材料基因工程技术让‘剪刀’具有认知功能,让它‘活’起来?”

他希望,未来能有更多的材料涌现出来。

相关论文信息:

<https://doi.org/10.1126/science.add5901>

“研究能否取得成果,有时靠运气,但坚持一定没有收获。”

“在做置换实验的时候,由于 MAX 相结构没有发生变化,它的衍射峰不会有太大变化,很难观察到表征的改变。我们认为实验没有成功。”黄庆很庆幸,“在后续工作中,偶然的情况下我们进行元素分析,才发现 A 位的元素已经置换掉了。”

“今年全国两会期间,代表委员热议加强基础研究。”柴之芳同样呼吁,要为基础研究提供更大的支持和更宽松的环境,以及更多元化的评价机制,以帮助科研人员沉浸于长周期研究,实现重大原始创新。

“这把‘剪刀’挺魔幻,但目前还是阶段性成果。”柴之芳有更多的期待,“‘剪刀’能否磨得再光亮一点?‘剪’出的材料性能是否稳定、更丰富?是否可以通过材料基因工程技术让‘剪刀’具有认知功能,让它‘活’起来?”

他希望,未来能有更多的材料涌现出来。

相关论文信息:

<https://doi.org/10.1126/science.add5901>

“研究能否取得成果,有时靠运气,但坚持一定没有收获。”

“在做置换实验的时候,由于 MAX 相结构没有发生变化,它的衍射峰不会有太大变化,很难观察到表征的改变。我们认为实验没有成功。”黄庆很庆幸,“在后续工作中,偶然的情况下我们进行元素分析,才发现 A 位的元素已经置换掉了。”

“今年全国两会期间,代表委员热议加强基础研究。”柴之芳同样呼吁,要为基础研究提供更大的支持和更宽松的环境,以及更多元化的评价机制,以帮助科研人员沉浸于长周期研究,实现重大原始创新。

“这把‘剪刀’挺魔幻,但目前还是阶段性成果。”柴之芳有更多的期待,“‘剪刀’能否磨得再光亮一点?‘剪’出的材料性能是否稳定、更丰富?是否可以通过材料基因工程技术让‘剪刀’具有认知功能,让它‘活’起来?”

他希望,未来能有更多的材料涌现出来。

相关论文信息:

<https://doi.org/10.1126/science.add5901>

“研究能否取得成果,有时靠运气,但坚持一定没有收获。”

“在做置换实验的时候,由于 MAX 相结构没有发生变化,它的衍射峰不会有太大变化,很难观察到表征的改变。我们认为实验没有成功。”黄庆很庆幸,“在后续工作中,偶然的情况下我们进行元素分析,才发现 A 位的元素已经置换掉了。”

“今年全国两会期间,代表委员热议加强基础研究。”柴之芳同样呼吁,要为基础研究提供更大的支持和更宽松的环境,以及更多元化的评价机制,以帮助科研人员沉浸于长周期研究,实现重大原始创新。

“这把‘剪刀’挺魔幻,但目前还是阶段性成果。”柴之芳有更多的期待,“‘剪刀’能否磨得再光亮一点?‘剪’出的材料性能是否稳定、更丰富?是否可以通过材料基因工程技术让‘剪刀’具有认知功能,让它‘活’起来?”

他希望,未来能有更多的材料涌现出来。