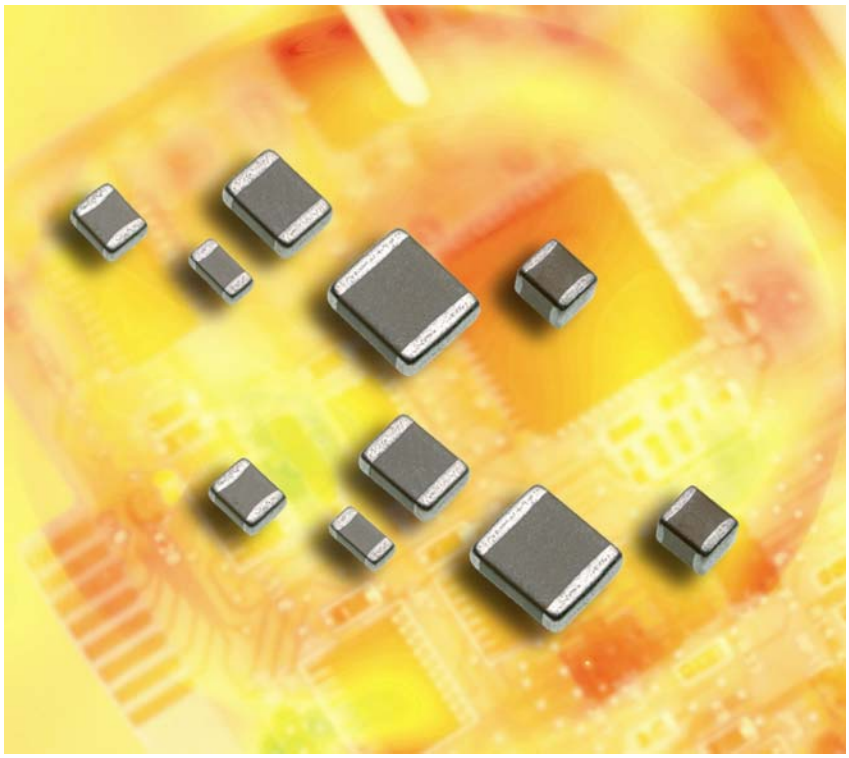
Contrôle de la polarisation (DC Bias) des condensateurs céramiques piézoélectriques/Ferroélectriques forte valeur.

Auteurs: Andrew Skelly, Product Manager et Mark D. Waugh, Senior Product Manager – Capacitor Product Marketing, Murata Electronics, N.A., Inc.

Les ingénieurs de conception électronique ont toujours à surmonter des défis. Un défi que tous connaissent, c'est de choisir les valeurs de capacité correcte des composants. Cependant, la variation de capacité en fonction de la tension appliquée, un phénomène également connu sous le nom de polarisation CC, complique la sélection du condensateur le mieux adapté. En raison de leurs qualités uniques, les condensateurs céramique offrent de nombreuses fonctions importantes, mais leur aptitude de polarisation spontanée peut faire diminuer la capacité des condensateurs céramique multicouche (MLCC). Les progrès récents dans la technologie des matériaux ont conduit à une atténuation de cet effet avec la céramique à base de titanate de baryum (BaTiO3).

Bénéfices de la céramique



Les composants en céramiques, indépendamment du fabricant, ont été à la pointe de la miniaturisation. Les matériaux céramiques ont été habilement développés pour diminuer la taille du condensateur et permettre aux condensateurs céramique multicouches(MLCC) à dominer le paysage. Leur très faible impédance couplée avec

une capacité volumétrique assez élevé en font souvent le choix logique par rapport aux condensateurs électrolytiques (aussi bien avec des électrolytes solides que liquides).

Les céramiques sont aussi très demandées en raison de leur effet piézoélectrique, qui permet la production d'électricité (lorsque les cristaux de céramique sont soumis à des contraintes mécaniques), ainsi que leur effet ferroélectrique. Les céramiques ferroélectriques offrent des constantes piézoélectriques beaucoup plus élevé que les autres matériaux naturels. En outre, la fabrication génère une polarisation spontanée directe ou inverse.

Ferroélectricity et Polarisation spontanée

Découvert en 1921, la ferroélectricité a commencé à jouer un rôle beaucoup plus important dans les applications électroniques dans les années 1950 après l'utilisation accrue de BaTiO3. Ce matériau ferroélectrique fait partie de la structure octaédrique à l'oxygène réparti en coin, mais les matériaux ferroélectriques peuvent également être regroupés en trois autres catégories, les polymères organiques, les polymères composites céramique et les composés contenant des radicaux hydrogène lié.

Même dans la configuration octaédrique, le $BaTiO_3$ es considéré comme faisant partie de la famille des pérovskites (voir figure1). Plus spécifiquement, le $BaTiO_3$ est idéal pour la réalisation de condensateurs céramique multicouches(MLCC) du fait de leur constant diélectrique dans une large gamme de température. Par exemple, une céramique en $BaTiO_3$ de structure pérovskite, peut avoir une constante diélectrique de7000, comparée à une constante de 20à 70 pour les autres céramiques en dioxyde de titane (TiO_2). Des valeurs de 15000 sont même possibles au delà d'une gamme de température étroite, à comparer à 10 pour les céramiques communes et les matériaux polymères.

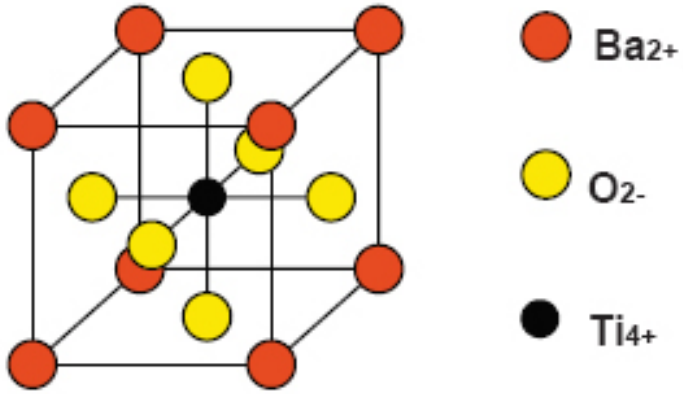


Figure 1: Crystalline structure of $BaTiO_3$ type ceramics

La structure pérovskite est cubique à des températures supérieures au point de Curie (environ 130 ° Celsius - appelée aussi température de transition pour la céramique ferroélectrique). Lorsque la température est inférieure au point de Curie, l'un des axes (axe C) s'étend et l'autre se rétrécit légèrement jusqu'à devenir quadratique (voir Figure 2). Dans ce cas, lorsque l'ion Ti^{4+} se place dans l'axe du centre du cristal, la polarisation se produit. En d'autres termes, la polarisation est causée par une asymétrie de la structure cristalline, existant dès le départ sans sue soient appliqués un champ électrique ou des pressions extérieures. Ce type de polarisation est nommé polarisation spontanée.

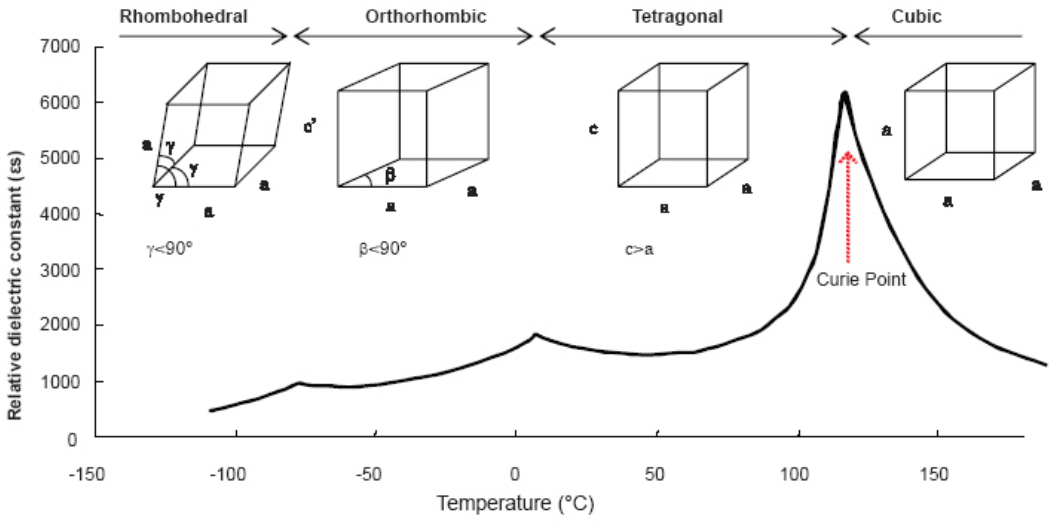


Figure 2: Change in crystalline structure and relative dielectric constant on temperature change (pure $BaTiO_3$)

Les céramiques de type BaTiO3 sont une agrégation de micro cristaux ayant un diamètre

submicronique comme le montre la Figure 3. Ces micro cristaux sont appelés grains, et leurs structures cristallines sont bien alignées. Ces grains sont divisés en de nombreux domaines orientés de façon aléatoire à des températures inférieures au point de Curie. Dans chaque domaine, il ya une direction commune des cristaux, également connu sous le nom de polarisation spontanée.

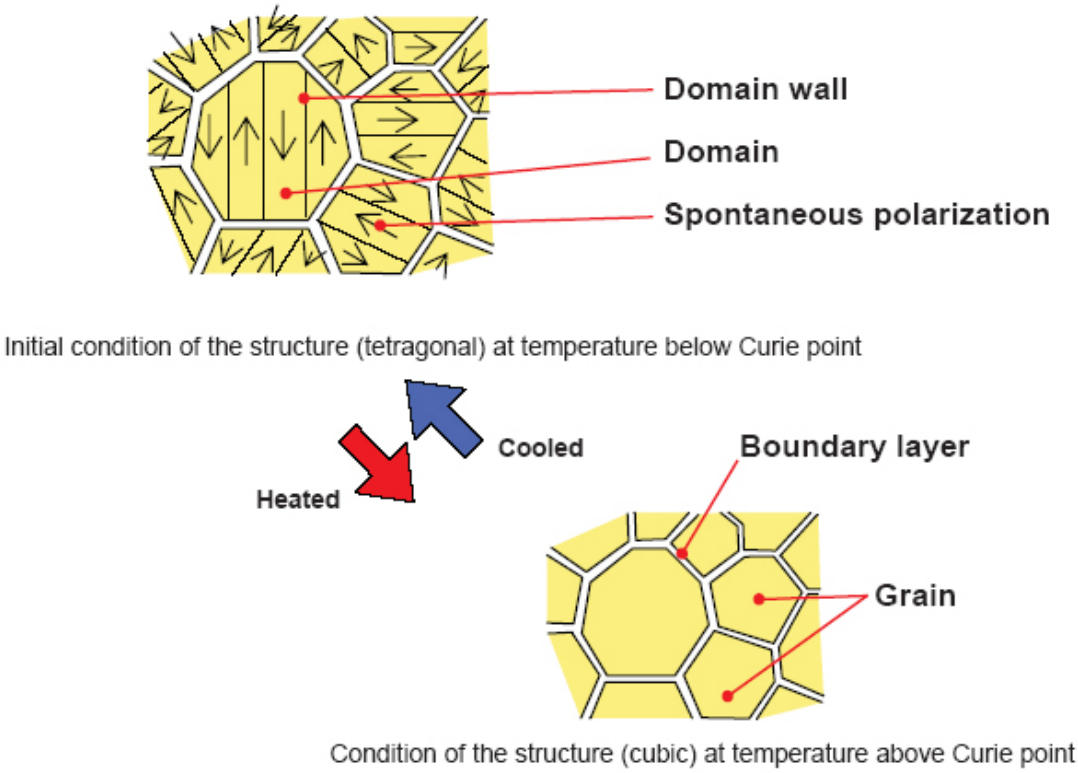


Figure 3: Micro structure of $BaTiO_3$ type ceramics

Lorsque les céramiques de type BaTiO3 sont chauffées au-dessus du point de Curie, la structure cristalline change de structure cubique a tétragonale. Parallèlement à cela, la polarisation spontanée dans les domaines disparaît. Lorsqu'il est refroidi en dessous du point de Curie, le phénomène s'inverse. En même temps, les grains sont soumis a un stress du à la distorsion de la structure. À ce stade, plusieurs petits domaines sont générés dans les grains, et la polarisation spontanée de chaque domaine peut être facilement inversée avec un faible champ électrique. Comme la constante diélectrique relative correspond à l'inversion de la polarisation spontanée par unité de volume, elle est mesurée comme étant la capacité la plus élevée.

Caractéristique de polarisation (DC Bias)

Le défi à relever consiste à contrôler la polarisation spontanée. Lorsque la polarisation spontanée inversée n'est soumise à aucune contrainte de tension (pas de tension continue appliquée), les MLCCs ont une valeur de capacité élevée. Toutefois, si une polarisation externe est appliquée la polarisation spontanée s'en trouve affectée, et le retour à la polarisation spontanée est beaucoup plus difficile. En conséquence, la capacité est

inférieure à la capacité avant l'application de la polarisation. C'est pourquoi la capacité diminue lorsque le biais des DC est appliqué, d'où le terme caractéristique de polarisation DC.

Plus encore que la polarisation spontanée, ce phénomène unique de polarisation continue dans les céramiques ferroélectriques MLCC est peu connu et est souvent une surprise pour les ingénieurs de conception qui sont habitués à l'utilisation de condensateurs tantale ou électrolytiques. Les condensateurs électrolytiques ne sont pas ferroélectrique et ont une très faible constante diélectrique. Leur capacité est liée d'une très grande surface des électrodes et à l'épaisseur nanométrique couches diélectriques. Leur capacité n'est pas affectée par la tension appliquée.

La figure 4 indique les types de caractéristiques de température en fonction de la tension continue appliquée aux MLCCs à température normale. La courbe en rouge correspond au comportement d'un condensateur compensé en température (caractéristiques C0G, U2j, etc) dont la céramique est para électrique, et où la capacité ne varie pas en raison de la tension appliquée. Inversement, la capacité des condensateurs de constante diélectrique élevée, céramique à base de $BaTiO_3$ (caractéristique X7R X5R, etc) baisse lorsqu'une tension continue est appliquée.

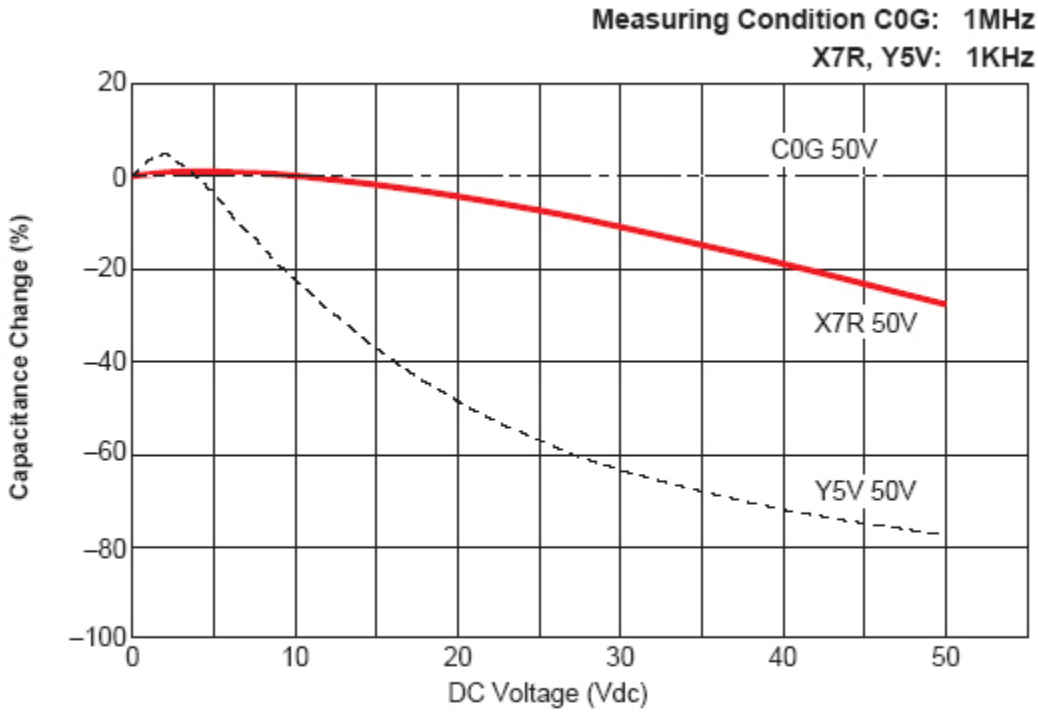


Figure 4: Capacitance - DC Voltage Characteristics

Technologie céramique avancée

C'est donc là le défi à relever. Comment réduire les effets de la tension de polarisation DC sur capacité? Heureusement, Murata a développé de nouveaux matériaux céramique de type BaTiO3 permettant un meilleur de contrôle de cet effet. Il s'agit essentiellement de l'adaptation des cristaux à base de BaTiO3 pour atténuer l'effet de l'inversion de polarisation. L'effet de polarisation continue cependant est souvent accompagné d'une faible capacité initiale. L'expertise de Murata a permit de développer avec succès un matériau qui empêche la chute de la capacité de polarisation au minimum.

Une meilleure éducation et la diffusion d'informations sur les caractéristiques de polarisation CC ont conduit à augmenter la recherche. Les propriétés des céramiques sont continuellement améliorées au niveau moléculaire et font l'objet de recherches constantes. Les condensateurs céramique MLCC en tirent profit et des composants innovants apparaissent régulièrement sur le marché, avec des dimension toujours plus petites et des performances accrues.